

**ANALISIS KERAPATAN VEGETASI MANGROVE  
DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI, LAMPUNG TIMUR**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FARHAN FATUR ROHMAN  
1914221016**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### ANALISIS KERAPATAN VEGETASI MANGROVE DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI, LAMPUNG TIMUR

Oleh

**Farhan Fatur Rohman**

Ekosistem mangrove di Desa Margasari dan Sriminosari Kecamatan Labuhan Maringgai mengalami perubahan kerapatan dari waktu ke waktu. Pemantauan perubahan luas tutupan, jenis dan kerapatan mangrove dapat diukur menggunakan teknologi penginderaan jauh melalui estimasi vegetasi mangrove secara spasial dan temporal. Tujuan penelitian ini adalah untuk membandingkan kerapatan mangrove *in situ* dengan citra satelit menggunakan nilai indeks vegetasi NDVI (*normalized difference vegetation index*), analisis perubahan luas ekosistem mangrove serta memetakan mangrove perjenis. Metode yang digunakan untuk membandingkan kerapatan mangrove menggunakan indeks vegetasi NDVI pada citra Sentinel-2 2018, 2020, 2023. Hasilnya kemudian divalidasi menggunakan data lapangan. Analisis data pada penelitian ini menggunakan RMSE (*roots mean square error*). Hasil dari uji RMSE menunjukkan bahwa terdapat kesalahan nilai antara indeks vegetasi dengan kerapatan mangrove di lapangan sebesar 0,20 yang masuk dalam kategori toleran untuk digunakan datanya. Distribusi spasial kerapatan mangrove menunjukkan perubahan yang signifikan. Perubahan luas ekosistem mangrove yang terjadi pada tahun 2018-2023 terjadi perubahan total luas sebesar 192.11 ha. Terjadi penurunan pada kerapatan mangrove sedang menjadi 117.08 ha pada tahun 2020. Mangrove dengan kerapatan padat meningkat menjadi 475.78 ha di tahun 2023.

Kata kunci: *Hemispherical photography*, kerapatan mangrove, penginderaan jauh, Sentinel-2, vegetasi mangrove.

## **ABSTRACT**

### **ANALYSIS OF MANGROVE VEGETATION DENSITY IN LABUHAN MARINGGAI DISTRICT, EAST LAMPUNG**

**By**

**Farhan Fatur Rohman**

The mangrove ecosystem, Margasari, and Sriminosari Villages in Labuhan Maringgai District undergoes seasonal change in mangrove density. Remote sensing technology can be used to monitor changes in mangrove density by estimating the spatial and temporal distribution of mangrove vegetation. The goal of this study was to determine changes in the area of mangrove ecosystems with satellite imagery using the NDVI (normalized difference vegetation index), analyze vegetation index value, and mapping mangrove species. The method used to compare mangrove density used the NDVI vegetation index on Sentinel-2 images in 2018, 2020, and 2023. In situ data was taken to validate the results. In this study, data was analyzed using RMSE (roots mean error square). The results of the RMSE showed that there is an error in the value between the vegetation index and mangrove density in the field of 0.20, which was in the tolerant category for data use. The spatial distribution of mangrove density showed significant changes. Changed in the area of the mangrove ecosystem produced in 2018-2023 were changed in the total area of 192.11 ha. And there was a decrease in medium mangrove density to 117.08 ha in 2020. Mangrove dense density increases to 439.93 ha in 2023.

**Keywords:** *Hemispherical photography, mangrove density, remote sensing Sentinel-2, mangrove vegetation*

**ANALISIS KERAPATAN VEGETASI MANGROVE  
DI KECAMATAN LABUHAN MARINGGAI, LAMPUNG TIMUR**

**Oleh**

**Farhan Fatur Rohman**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Program Studi Ilmu Kelautan  
Jurusan Perikanan dan Kelautan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul : **ANALISIS KERAPATAN VEGETASI  
MANGROVE DI KECAMATAN LABUHAN  
MARINGGAI LAMPUNG TIMUR**

Nama Mahasiswa : **Farhan Fatur Rohman**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914221016**

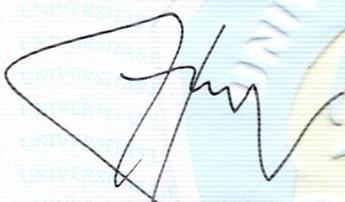
Program Studi : **Ilmu Kelautan**

Jurusan : **Perikanan dan Kelautan**

Fakultas : **Pertanian**

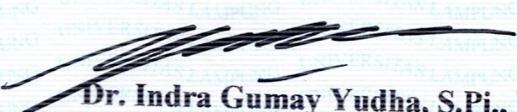
**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

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

  
**Anna Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.**  
NIP. 199001202019031011

**2. Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan**

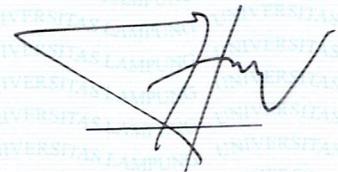
  
**Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si.**  
NIP. 197008151999031001

## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

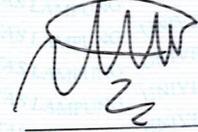
Ketua

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



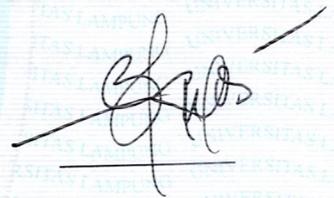
Sekretaris

: **Anma Hari Kusuma, S.I.K., M.Si.**



Anggota

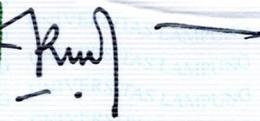
: **Eko Efendi, S.T., M.Si.**



### 2. Dekan Fakultas Pertanian



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



Tanggal lulus ujian skripsi : 1 November 2023

## PERNYATAAN KEASLIAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Farhan Fatur Rohman

NPM : 1914221016

Judul Skripsi : Analisis Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kecamatan  
Labuhan Maringgai, Lampung Timur.

Menyatakan bahwa skripsi yang saya tulis ini merupakan murni karya saya sendiri berdasarkan pengetahuan, pengalaman dan data yang saya peroleh dari hasil penelitian yang saya lakukan. Selain itu, semua yang tertulis di dalam skripsi sudah sesuai dengan panduan penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Demikian pernyataan ini saya buat, apabila di kemudian hari terbukti terdapat kecurangan dalam karya ini, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 20 Maret 2024



Farhan Fatur Rohman

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Kotagajah, pada tanggal 14 Januari 2001, sebagai anak kedua dari dua bersaudara, dari pasangan Ayah Suparno dan Ibu Rondiyah. Penulis menempuh pendidikan formal di Sekolah Dasar Negeri 4 Mesuji Timur (2007-2011), Sekolah Dasar Negeri 2 Kotagajah (2011-2013), Sekolah Menengah Pertama Negeri 2 Kotagajah (2013-2016) dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Kotagajah (2016-2019), Penulis menempuh pendidikan di perguruan tinggi sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Kelautan, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah menjadi asisten praktikum Pemetaan dan SIG Kelautan dan aktif pada organisasi Himpunan Mahasiswa Perikanan dan Kelautan (Himapik) Universitas Lampung sebagai anggota pada periode 2020-2021. Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Hadimulyo, Kecamatan Way Serdang, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung pada bulan Januari-Februari 2022. Penulis juga mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di Dinas Perikanan Tulang Bawang pada tahun 2022.

## **PERSEMBAHAN**

Bismillahirrahmanirrahim

Alhamdulillah atas segala berkat, rahmat, kemudahan serta izin yang Allah SWT berikan kepadaku dalam penyelesaian skripsi ini. Kupersembahkan karya ini kepada kedua orang tuaku dengan penuh rasa cinta.

Terima kasih untuk orang tuaku, Ayah Suparno dan Ibu Rondiyah, yang telah mendoakan, memberikan dukungan yang sangat berharga serta kasih sayang yang tidak akan pernah berakhir, semua yang telah diberikan tidak mungkin dapat kubalas hanya dengan selembar kertas yang tertuliskan kata persembahan.

Teruntuk saudaraku, Brilian Aditya Nabawi, S.Pd., yang sudah berjuang dan memberikan dukungan untuk penulis dan saya bangga dengan keluarga ini.

Terima kasih untuk teman-teman, khususnya untuk kelas Ilmu Kelautan 19, yang sangat saya sayangi, dan umumnya untuk teman semua yang tak dapat saya sebutkan namanya satu per satu, yang selalu memberikan motivasi, dorongan, dan semangat juang untuk penulis.

Terakhir untuk teman dekat yang memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi.

## **MOTO**

"Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya."  
(QS. Al-Baqarah, 2 : 286)

Tidak ada yang salah dari sebuah pilihan, yang salah adalah ketika kamu sudah memilih, tapi kamu menyesalinya. Dan yang bodoh adalah, ketika kamu sudah menyesal tapi tidak mencoba pilihan lain.  
(Dzawin Nur)

Masa depan kadang menakutkan penuh dengan ketidakpastian, lebih mudah jika tak dipikirkan.  
(The Adams)

Hidup bukan untuk saling mendahului bermimpilah sendiri-sendiri, tak ada yang tahu kapan kau mencapai itu, dan percayalah bukan urusanmu untuk menjawab itu.  
(Hindia)

## SANWACANA

Puji syukur senantiasa penulis panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan kemudahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “Analisis Kerapatan Vegetasi Mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur” sesuai dengan waktu yang telah ditentukan. Serta tidak lupa pula shalawat dan salam senantiasa tercurahkan bagi Rasulullah SAW yang telah membawa umat manusia dari zaman kegelapan menuju zaman terang benderang. Dalam penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapat dukungan, bimbingan, serta bantuan dari berbagai pihak. Pada kesempatan kali ini penulis akan menyampaikan ucapan terima kasih sebesar-besarnya kepada :

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Dr. Indra Gumay Yudha, S.Pi., M.Si. selaku Ketua Jurusan Perikanan dan Kelautan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Henky Mayaguezz, S.Pi., M.T. selaku Dosen Pembimbing Ketua yang telah meluangkan waktu, memberi bimbingan, petunjuk, serta arahan kepada penulis.
4. Anma Hari Kusuma., S.I.K., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Sekretaris dan Pembimbing Akademik yang telah meluangkan waktu, memberi bimbingan, petunjuk, serta arahan kepada penulis
5. Eko Efendi, S.T., M.Si. selaku Dosen Pembahas yang telah meluangkan waktu, memberi bimbingan, petunjuk, serta arahan kepada penulis.
6. Ayah, Ibu dan keluarga besar yang selalu mendoakan dan memberi semangat serta dukungan secara penuh.
7. Keluarga besar Ilmu Kelautan 2019 yang sudah memberikan semangat serta dukungan dan doa untuk menyelesaikan skripsi

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan dan penulisan skripsi ini jauh dari kata sempurna. Oleh sebab, itu kritikan serta saran yang bersifat membangun sangat dibutuhkan agar dalam penyusunan serta penulisan proposal skripsi ini menjadi lebih baik lagi. Dengan adanya skripsi ini penulis berharap dapat bermanfaat bagi rekan-rekan mahasiswa lain dan pembaca untuk menambah pengetahuan tentang skripsi ini.

Bandarlampung, 20 Maret 2024

Penulis,

Farhan Fatur Rohaman

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL</b> .....	x
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xi
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	xiii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	4
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	6
2.1 Mangrove.....	6
2.2 Manfaat Mangrove .....	7
2.3 Zonasi Mangrove.....	7
2.4 Penginderaan Jauh.....	9
2.5 Klasifikasi Terbimbing.....	13
2.6 Indeks Vegetasi NDVI ( <i>Normalized Difference Vegetation Index</i> ).....	13
2.7 Kerapatan Mangrove .....	14
2.8 Citra Sentinel -2.....	16

<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>18</b>
3.1 Waktu dan Tempat Peneltian.....	18
3.2 Alat dan Bahan .....	20
3.3 Jenis dan Sumber Data .....	21
3.4 Prosedur Pengolahan Data.....	21
3.4.1 Pra Pengolahan Citra.....	23
3.4.2 Pengolahan Citra .....	24
3.4.3 Pengambilan Data Lapangan.....	25
3.4.4 Validasi Data Lapangan.....	26
3.5 Analisis Data .....	27
3.5.1 Analisis Perubahan Luasan Mangrove.....	29
3.5.2 RMSE (Roots Means Square Error).....	29
3.5.3 Analisis Nilai Reflektansi Spektral Jenis Mangrove.....	30
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>31</b>
4.1 Perubahan Sebaran Mangrove .....	31
4.2 Sebaran Kerapatan Mangrove .....	35
4.3 Pemetaan Mangrove dengan Nilai Reflektansi .....	42
<b>V. KESIMPULAN.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan.....	49
5.2 Saran .....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>58</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik spektral daun .....	12
2. Estimasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan lensa <i>Fish Eye</i> .....	15
3. Karakteristik Sentinel-2 .....	17
4. Alat dan bahan penelitian .....	20
5. Jumlah titik sampel berdasarkan skala peta .....	25
6. Kriteria kondisi kerapatan mangrove .....	28
7. Kriteria nilai RMSE .....	29
8. Perubahan lusasan manrove .....	32
9. Nilai rentang spektral indeks vegetasi NDVI .....	37
10. Hasil NDVI per tahun di Kecamatan Labuhan Maringgai .....	38
11. Perhitungan kerapatan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai yang diukur secara <i>in situ</i> tahun 2023 .....	41

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pikir penelitian .....	5
2. Zonasi mangrove .....	8
3. Sifat pantulan vegetasi .....	10
4. Kurva pantulan spektral vegetasi hijau .....	11
5. Satelit Sentinel-2 .....	16
6. Lokasi penelitian .....	18
7. Diagram alir penelitian.....	22
8. Kenampakan citra pada daerah penelitian.....	23
9. Pengambilan titik plot untuk data kerapatan di lapangan .....	25
10. Perhitungan persentase kerapatan mangrove.....	27
11. Peta luasan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2018 .....	33
12. Peta luasan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2020 .....	34
13. Peta luasan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2023 .....	34
14. Kondisi mangrove rusak karena abrasi pantai .....	35
15. Kerapatan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2018 .....	38
16. Kerapatan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2020.....	39
17. Kerapatan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2018 .....	39
18. Lokasi stasiun pengukuran kerapatan mangrove secara <i>in situ</i> .....	42
19. Stasiun pengambilan sampel per jenis mangrove.....	43
20. Pola reflektansi dari <i>spectrum</i> mangrove <i>Avicennia</i> sp .....	44
21. Pola reflektansi dari <i>spectrum</i> mangrove <i>Rhizophora</i> sp.....	44
22. Pola reflektansi dari <i>spectrum</i> mangrove <i>Avicennia</i> sp dan <i>Rhizophora</i> sp .....	44
23. Nilai reflektansi <i>band</i> NIR jenis <i>Avicennia</i> sp .....	45
24. Nilai reflektansi <i>band</i> NIR jenis <i>Rhizophora</i> sp.....	45

25. Nilai reflektansi <i>band</i> NIR jenis <i>Avicennia</i> sp dan <i>Rhizophora</i> sp.....	46
26. Peta sebaran mangrove per jenis pada tahun 2023 .....	48

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Perhitungan tutupan mangrove per stasiun di Desa Margasari dan Desa Sriminosari secara <i>in situ</i> .....	58
2. Nilai reflektansi mangrove <i>in situ</i> .....	64
3. Perhitungan RMSE.....	65

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mangrove termasuk dalam kategori tanaman pantai yang tumbuh pada zona intertidal, yang cukup berpengaruh terhadap kesehatan komponen biotik dan abiotik di kawasan pesisir. Ekosistem mangrove merupakan tempat berlangsungnya kehidupan yang merefleksikan hubungan timbal balik antara makhluk hidup dan lingkungan, wilayahnya berada di pesisir dan terpengaruh oleh pasang surut air laut, serta didominasi oleh pohon atau semak khas tumbuhan air payau atau asin (Santoso, 2000).

Bengen (2002) juga mendefinisikan hutan mangrove sebagai suatu komunitas vegetasi pantai tropis yang didominasi oleh berbagai jenis pohon mangrove yang bisa tumbuh dan berkembang di daerah pasang surut pantai yang berlumpur. Mangrove memberikan manfaat yang cukup signifikan pada sektor sosial ekonomi masyarakat pesisir. Sistem ekologi yang terjaga dengan baik juga dapat meningkatkan keanekaragaman dan kelimpahan jenis biota yang memanfaatkan ekosistem mangrove sebagai habitat dan tempat berkembang biak (Bosire *et al.*, 2008). Secara fisik, juga ekosistem mangrove yang baik dapat meningkatkan keamanan wilayah pesisir dari abrasi, badai, dan tsunami. Hal ini dapat meningkatkan peran mangrove dalam memberikan manfaat ekonomi bagi masyarakat sekitar.

Provinsi Lampung merupakan salah satu daerah yang memiliki luasan mangrove seluas 896 km<sup>2</sup> dengan panjang garis pantai 1.105 km. Dari luasan mangrove di Provinsi Lampung, sekitar 81% menutupi garis pantai di Provinsi Lampung

(Darmawan dan Hilmanto, 2014). Salah satu kabupaten di Provinsi Lampung yang memiliki mangrove adalah Kabupaten Lampung Timur.

Kondisi hutan mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur, Lampung masih terpantau baik. Mangrove di desa tersebut telah dimanfaatkan oleh masyarakat sekitarnya sebagai bahan bangunan dan kayu bakar, dengan pengelolaan cukup baik dan tidak merusak ekosistemnya. Untuk mengetahui atau memastikan ekosistem mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai masih dalam kondisi baik, upaya pemantauan perlu dilakukan. Upaya ini dapat dilakukan secara langsung maupun tidak langsung, salah satu cara pemantauan yang dapat dilakukan adalah melalui penggunaan teknologi penginderaan jauh.

Untuk mengamati kerapatan suatu ekosistem mangrove dapat dilakukan dengan cara pengukuran secara langsung *in situ* dan menggunakan bantuan citra satelit dengan memanfaatkan penginderaan jauh (Kresnabayu *et al.*, 2018). Keuntungan dari pengukuran kerapatan mangrove secara (*in situ*) yaitu, data yang dihasilkan lebih akurat, namun metode ini membutuhkan waktu yang cukup lama dan biaya yang besar jika pengamatan pada ekosistem mangrove yang cukup luas (Hirata *et al.*, 2014). Sebagai perbandingannya, pengamatan menggunakan penginderaan jauh membutuhkan waktu lebih singkat dan tidak memakan biaya yang banyak, tetapi akurasi sedikit lebih rendah dibandingkan dengan data lapangan (Kawamuna *et al.*, 2017). Pada umumnya citra satelit yang digunakan untuk pengamatan adalah citra berjenis Sentinel-2.

Letak geografi hutan mangrove yang berada pada daerah peralihan darat dan laut memberikan efek perekaman yang khas jika dibandingkan dengan obyek vegetasi darat lainnya saat diidentifikasi dengan teknologi penginderaan jauh (Faizal dan Amran, 2002). Nilai spektral pada citra satelit dapat diekstraksi menjadi informasi obyek jenis mangrove pada kisaran spektrum tampak dan inframerah dekat (Suwargana, 2008). Mangrove di kawasan sepanjang pantai dan pertambakan dapat terlihat jelas dari citra FCC (*false color composit*). Kombinasi tersebut masing-masing adalah *band* 8,4 dan 2 untuk citra Sentinel-2 paling sering digunakan untuk menilai kepadatan dan kesehatan tanaman, karena tanaman memantulkan

cahaya inframerah dan hijau , dan men-nyerap merah. Untuk memantulkan lebih banyak inframerah daripada hijau, tanah yang tertutup tanaman tampak merah tua.

Pertumbuhan tanaman yang lebih padat berwarna merah tua. Kota dan tanah terbuka berwarna abu-abu atau cokelat, dan air tampak biru atau hitam. Mangrove terlihat dengan warna merah kegelapan pada citra. Warna merah merupakan reflektansi vegetasi yang terlihat jelas pada citra band inframerah, sedangkan kegelapan merupakan reflektansi tanah berair yang terlihat jelas pada citra *band* merah (Suwargana, 2008).

Guna mendukung keberlangsungan pengelolaan hutan mangrove maka dibutuhkan data dan informasi. Data dan informasi dapat diperoleh salah satunya dengan memanfaatkan teknologi penginderaan jauh. Informasi penginderaan jauh mengenai kerapatan vegetasi berguna untuk berbagai kebutuhan, seperti misalnya estimasi ketersediaan biomassa kayu bakar, kerusakan hutan, dan sebagainya (Richards dan Friess, 2016). Oleh karena itu, informasi kerapatan vegetasi dapat dijadikan data serta untuk pendukung studi selanjutnya.

Penelitian ini digunakan sebagai pengkajian tentang perubahan kerapatan ekosistem mangrove menggunakan algoritma indeks vegetasi NDVI. Indeks vegetasi akan diterapkan menggunakan citra Sentinel-2 pada tahun 2018, 2020 dan 2023. Pemilihan tahun yang digunakan sebagai evaluasi perubahan luasan mangrove dan kerapatan yang terjadi pada 5 tahun terakhir, apakah perubahan yang terjadi selama 5 tahun terakhir cukup signifikan. Selain itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui korelasi antara indeks vegetasi dengan data lapangan. Didapatkan indeks vegetasi yang sesuai untuk perhitungan kerapatan ekosistem mangrove. Uji akurasi penting dilakukan pada penelitian ini untuk mengetahui kondisi sebenarnya pada lapangan. Penggunaan pola spektral pada citra Sentinel-2 untuk memetakan mangrove berdasarkan jenisnya.

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukannya penelitian ini adalah :

1. Menganalisis perubahan luasan mangrove di Kecamatan Labuhan Meringgai Kabupaten Lampung Timur.
2. Menguji akurasi kerapatan ekosistem mangrove di lapangan dengan citra..
3. Menganalisis nilai reflektansi jenis mangrove dan memetakannya

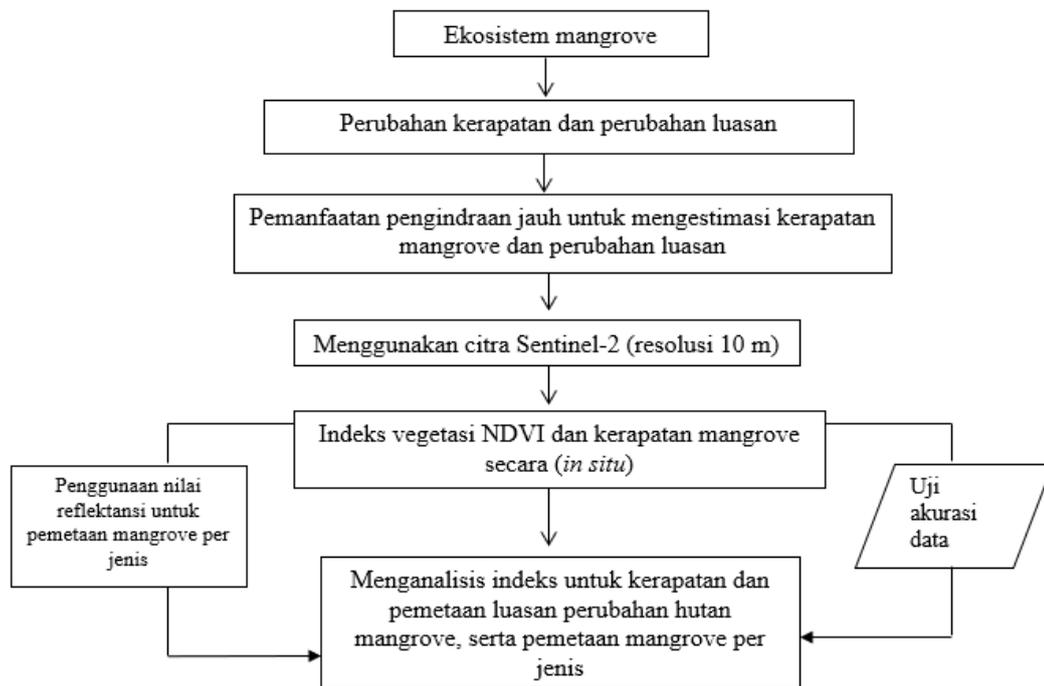
## 1.3 Manfaat Penelitian

- 1 Mengetahui efektivitas penggunaan citra satelit dalam pemetaan luasan dan kerapatan mangrove
- 2 Memberikan informasi terkait kerapatan dan perubahan luasan mangrove guna sebagai bahan penyusunan kebijakan terkait lingkungan serta memberi referensi untuk penelitian selanjutnya.

## 1.4 Kerangka Penelitian

Ditinjau dari fungsinya, ekosistem mangrove memiliki peranan yang cukup penting dari fungsi ekologi, fisik, maupun sosial ekonomi. Peran ekosistem mangrove sendiri sebagai penyeimbang ekosistem di sekitar dan penyedia kebutuhan bagi makhluk hidup yang berasosiasi dengan ekosistem mangrove. Permasalahan yang terjadi di hutan mangrove Kecamatan Labuhan Meringgai mengalami perubahan dari waktu ke waktu, sehingga harus dilakukan pemantauan perubahan yang terjadi pada kerapatan ekosistem mangrove, solusi paling efektif yang dapat dilakukan untuk memantau perubahan kerapatan ekosistem mangrove serta memetakan mangrove berdasarkan jenisnya, yaitu melalui data pola spektral dengan menggunakan teknologi penginderaan jauh. Pada umumnya pemanfaatan teknologi ini sudah banyak dilakukan untuk mempelajari kerapatan ekosistem mangrove, biasanya teknologi ini memanfaatkan citra satelit yang memiliki resolusi spasial yang baik. Citra satelit Sentinel-2 merupakan salah satu citra yang memiliki resolusi spasial yang baik dengan 13 *band* serta resolusi spasial mencapai 10 m.

Transformasi spektral yang diterapkan melalui indeks vegetasi dapat dipakai untuk mengetahui sebaran kerapatan mangrove di suatu daerah. Indeks vegetasi yang bisa digunakan adalah indeks vegetasi NDVI untuk perbandingan kerapatan antara data lapangan dengan dan citra satelit begitu pun dengan penggunaan pola spektral untuk memetakan jenis mangrove berdasarkan kerapatan mangrove yang ada. Kerangka pikir dideskripsikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pikir penelitian

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mangrove

Mangrove merupakan tipe hutan tropik dan subtropik yang memiliki karakter dan ciri khas, yang memiliki persebaran di sepanjang garis pantai ataupun muara sungai yang mengarah ke laut. Keberadaannya dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Menurut Duke (1992) ekosistem mangrove memiliki ciri khas permukaan atau substrat yang terdapat air laut yang dipengaruhi oleh salinitas serta fluktuasi pasang surut air laut.

Mangrove adalah tanaman pepohonan atau komunitas tanaman yang hidup di antara laut dan daratan yang dipengaruhi oleh pasang surut. Sebagai sebuah hutan, mangrove terdiri dari beragam organisme yang juga saling berinteraksi satu sama lainnya. Fungsi fisik dari hutan mangrove diantaranya sebagai pengendali naiknya batas antara permukaan air tanah dengan permukaan air laut ke arah daratan sebagai kawasan penyangga, memacu perluasan lahan dan melindungi garis pantai agar terhindar dari erosi atau abrasi (Winarso dan Purwanto, 2014).

Ekosistem mangrove adalah sebuah lingkungan dengan ciri khusus lantai hutan digenangi oleh air dan laut. Fluktuasi permukaan air tersebut sangat dipengaruhi oleh pasang surut air laut. Ekosistem mangrove ini sebenarnya masuk ke dalam lingkup ekosistem pantai sebab terletak di kawasan perbatasan laut dan juga darat. Hutan mangrove, sebagai sebuah hutan yang tumbuh di wilayah pasang dan surut akan tergenang air di masa pasang dan akan bebas dari genangan air pada saat air surut. Komunitas yang ada di dalam hutan mangrove ini sangat adaptif terhadap kadar garam air laut. Sebagai ekosistem, hutan mangrove memiliki beragam organisme yang saling berinteraksi satu sama lainnya (Bintoro, 2014).

## 2.2 Manfaat Mangrove

Mangrove memiliki peranan penting dalam segi ekologi dan sosial ekonomi. Bengen (2004) menyatakan bahwa hutan mangrove memiliki fungsi dan manfaat, antara lain sebagai peredam gelombang dan angin badai, pelindung dari abrasi, penahan lumpur dan perangkap sedimen, penghasil sejumlah besar detritus dari daun dan pohon mangrove daerah asuhan (*nursery grounds*), daerah mencari makan (*feeding grounds*) dan daerah pemijahan (*spawning grounds*) berbagai jenis ikan, udang, dan biota laut lainnya, penghasil kayu untuk bahan konstruksi, kayu bakar, bahan baku arang, dan bahan baku kertas (*pulp*), pemasok larva ikan, udang, dan biota laut lainnya, dan sebagai tempat pariwisata.

Salah satu fungsi tersebut di antaranya berperan penting dalam menstabilkan garis pantai dan dapat mengurangi dampak bencana alam seperti tsunami (Nurdin *et al.*, 2015). Selain itu, mangrove juga memiliki manfaat yang dapat digunakan sebagai penyerap karbon dan dapat menyuplai makanan untuk organisme lain melalui dekomposisi serasah (Setiawan, 2013).

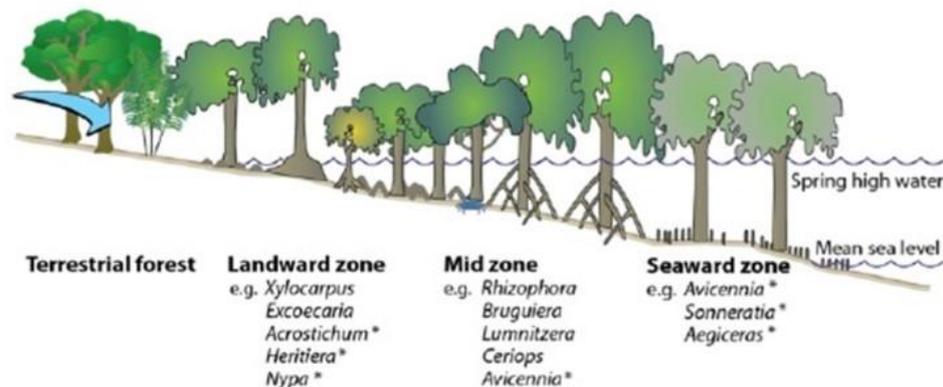
Sumber daya ekosistem mangrove termasuk dalam sumber daya pesisir, merupakan sumber daya yang bersifat alami dan dapat terbaharu (*renewable resources*) yang harus dijaga keutuhan fungsi dan kelestarian, supaya dapat menunjang pembangunan dan dapat dimanfaatkan seoptimal mungkin dengan pengelolaan yang lestari (Saparinto, 2007).

## 2.3 Zonasi Mangrove

Secara umum zonasi hutan mangrove dipengaruhi oleh topografi suatu daerah, tinggi rendahnya pasang surut, substrat, komposisi sedimen dan kadar garam pada air atau tanah. Hutan mangrove secara alami akan membentuk zonasi tertentu. Perbedaan zonasi mangrove disebabkan oleh sifat fisiologi dari mangrove yang berbeda-beda untuk beradaptasi dengan lingkungannya. Faktor yang berpengaruh dalam pembagian zonasi ekosistem mangrove di antaranya kemampuan mangrove dalam merespons salinitas air, pasang surut, dan kondisi tanah. Kondisi tanah

memiliki peranan penting dalam pembentukan zonasi dan persebaran pada ekosistem mangrove. Pembagian mangrove biasanya terjadi karena adanya kompetisi antar spesies mangrove. Semakin banyak jumlah spesies mangrove yang dijumpai maka akan semakin sulit pula bentuk kompetisinya (Sahidin *et al.*, 2018). Menurut Bengen (2002) secara umum ekosistem mangrove terbagi atas beberapa zonasi, yaitu:

1. Daerah yang paling dekat dengan laut dan substrat yang agak berpasir, umumnya ditumbuhi oleh *Avicennia* sp. pada zona ini, *Avicennia* sp, biasanya berasosiasi dengan *Sonneratia* sp. yang dominan tumbuh pada substrat lumpur dalam dan kaya akan bahan organik.
2. Zona tengah berikutnya ditumbuhi oleh mangrove jenis *Rhizophora* sp. Pada zona ini juga biasanya ditemukan mangrove jenis *Bruguiera* sp. dan *Xylocarpus* sp.
3. Zona selanjutnya yaitu zona transisi antara ekosistem mangrove dengan dataran rendah, umumnya ditumbuhi oleh mangrove jenis *Rhizophora apiculata*, *Nypa* sp. dan *Sonneratia* sp. (Bengen, 2002).



Gambar 2. Zonasi mangrove  
Sumber : Dahuri (2003)

Secara umum pembagian jenis mangrove berdasarkan zonasi memiliki fungsi tersendiri karena terdapat beberapa ekosistem mangrove yang tidak dapat beradaptasi dengan baik dengan lingkungan yang berbeda. Pembagian zonasi ini

sesuai dengan kapasitas jenis mangrove yang dapat tumbuh di zonasi tersebut. Pemanfaatan zonasi mangrove dari segi fisik dapat mencegah abrasi dan menjaga kestabilan garis pantai serta hutan mangrove memiliki peranan yang sangat penting terutama bila ditinjau dari segi lingkungannya, baik terhadap lahannya sendiri yaitu penahan erosi pantai (abrasi), bagi kehidupan satwa liar, untuk perkembangan ikan dan biota laut, maupun dari segi pemanfaatannya oleh manusia dan sebagai objek wisata (Purnamawati *et al.*, 2007).

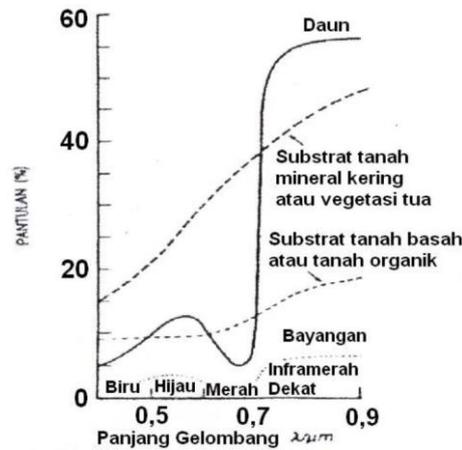
## **2.4 Pengindraan Jauh**

Pengindraan jauh (*remote sensing*) adalah ilmu untuk memperoleh informasi tentang obyek, daerah, atau fenomena melalui analisis data yang diperoleh dengan tanpa adanya kontak langsung dengan obyek, daerah atau fenomena yang dikaji (Lillesand, 1990). Lo dan Purbowaseso (1996) mendefinisikan pengindraan jauh sebagai suatu teknik mengumpulkan informasi mengenai objek dan lingkungan dari jarak jauh tanpa sentuhan fisik. Pengindraan jauh sebagai identifikasi dan pengkajian obyek suatu daerah jauh dengan menggunakan energi elektromagnetik yang dipantulkan atau dipancarkan obyek.

Aplikasi baru dari pengindraan jauh multispektral telah menitikberatkan pada estimasi jumlah dan distribusi vegetasi, estimasi didasarkan pada pantulan dari kanopi vegetasi. Intensitas pantulan bergantung pada panjang gelombang yang digunakan dan tiga komponen vegetasi, yaitu daun, substrat, dan bayangan.

Daun memantulkan energi elektromagnetik lemah pada panjang gelombang biru dan merah, namun memantulkan lebih kuat pada panjang gelombang inframerah dekat (Gambar 3). Daun memiliki karakteristik warna hijau, dan klorofil mengabsorpsi spektrum radiasi merah dan biru serta memantulkan spektrum radiasi hijau. Menurut Susilo (2000) pengindraan jauh untuk vegetasi mangrove didasarkan atas dua sifat penting yaitu bahwa mangrove mempunyai zat hijau daun dan mangrove tumbuh di pesisir. Dua hal ini menjadi pertimbangan penting di dalam mendeteksi mangrove melalui satelit. Sifat optik klorofil sangat khas yaitu bahwa

klorofil menyerap spektrum sinar merah dan memantulkan dengan kuat spektrum inframerah.

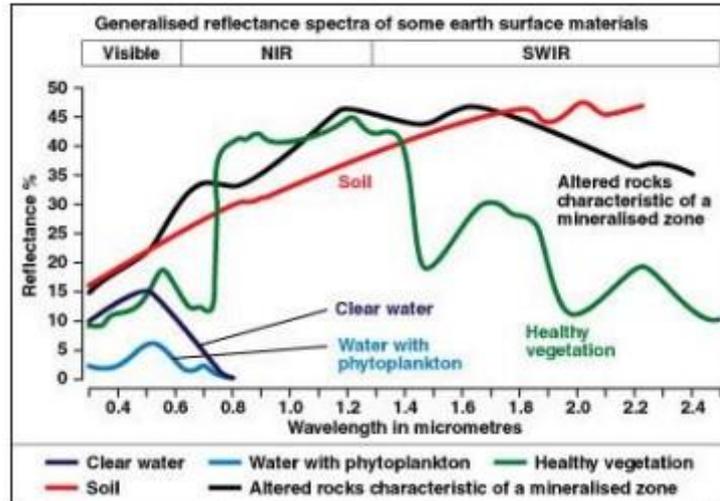


Gambar 3. Sifat pantulan vegetasi

Sumber : Lo dan Purbowaseso (1996)

Klorofil fitoplankton yang berada di air laut dapat dibedakan dari klorofil mangrove karena sifat air yang sangat menyerap spektrum inframerah. Tanah, pasir dan batuan juga memantulkan inframerah tetapi bahan-bahan ini tidak menyerap spektrum sinar merah sehingga tanah dan mangrove secara optik juga dapat dibedakan. Beberapa aspek lingkungan mangrove yang dapat dipelajari dengan menggunakan penginderaan jauh adalah spesies mangrove dan identifikasi zonasi, perubahan tata guna lahan mangrove, keberadaan mangrove dan distribusinya, serta lingkungan fisik mangrove (Hartono, 1994).

Menurut Hoffer (1978) pantulan pada spektral vegetasi sangat dipengaruhi oleh pigmentasi, struktur internal daun dan kandungan uap air, yang ditunjukkan pada kurva pantulan spektrum vegetasi (Gambar 4)



Gambar 4. Kurva pantulan spektrum vegetasi hijau  
Sumber : Hoffer (1978)

Pengaruh dari pigmentasi sangat dominan dengan panjang gelombang tampak antara (0,4-0,7  $\mu\text{m}$ ). Dalam pantulan kurva spektrum vegetasi menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan sangat rendah pada panjang gelombang biru dan merah. Rendah dari nilai pantulan yang dihasilkan pada panjang gelombang ini berhubungan dengan dua pita serapan klorofil pada panjang gelombang 0,45  $\mu\text{m}$  dan 0,65  $\mu\text{m}$ . Klorofil pada daun menyerap sebagian besar panjang gelombang tersebut. Puncak dari pantulan spektrum tampak sebesar 0,54  $\mu\text{m}$  pada gelombang hijau (Hoffer, 1978).

Warna hijau merupakan indikasi banyaknya jumlah klorofil yang terkandung dalam daun yang menyerap banyak energi pada saluran biru dan merah dan akan memantulkan banyak spektrum hijau (Amran, 1999). Tumbuhan mangrove yang sehat memiliki warna daun yang hijau. Selain itu, masih ada pengaruh pigmen lain seperti *carotene*, dan *xanthophyll* yang merupakan pigmen kuning serta *anthocyanin* yang merupakan pigmen merah. Dari ketiga perbedaan pigmen yang menyebabkan perbedaan pantulan spektral vegetasi (Hoffer, 1978).

Pantulan dari spektrum vegetasi pada panjang gelombang infra merah tengah sangat dipengaruhi oleh serapan air. Panjang gelombang infra merah tengah merupakan tingkat serapan vegetasi serta fungsi dari jumlah total air yang terdapat dalam

daun ditentukan oleh persentase kandungan air dan ketebalan daun, sehingga bayangan lapisan daun berpengaruh pada pantulan spektrum vegetasi. Daun yang berwarna hijau banyak memantulkan dan meneruskan spektrum dari infra merah dekat, dengan sedikit menyerap spektrum tersebut. Pemantulan dari spektrum infra merah dekat akan dipantulkan oleh permukaan daun dan terjadi multiplikasi pantulan (Amran, 1999).

Karakteristik spektrum pada vegetasi dipengaruhi oleh karakteristik spektrum dari daun, khususnya pigmen daun dan kandungan air di daun pada wilayah spektrum visibel, inframerah dekat, inframerah tengah. Karakteristik spektral daun disajikan pada (Tabel 1).

Tabel 1. Karakteristik spektral daun

Bagian Spektral ( $\mu\text{m}$ )	Karakteristik Spektral
0,5-0,75 ( <i>visible light</i> )	Bagian serapan pigmen didominasi oleh pigmen-pigmen, klorofil a dan b, karoten, dan santofil

Sumber : Dimiyati (1998)

Pigmen daun menyerap energi elektromagnetik sinar matahari yang mengenai daun, terutama pada spektrum biru ( $0,45 \mu\text{m}$ ) dan merah ( $0,68 \mu\text{m}$ ), sebesar 20 %. Selanjutnya dari energi yang dipantulkan oleh pigmen daun, terutama spektrum hijau ( $0,55 \mu\text{m}$ ) (Dimiyati, 1998). Struktur internal daun juga berpengaruh pada karakteristik struktur daun secara keseluruhan pada wilayah spektrum inframerah dekat. Daun yang memiliki struktur didominasi oleh rongga memberikan reflektansi lebih rendah dibandingkan dengan daun yang memiliki struktur masif, sehingga daun muda yang memiliki struktur lebih masif memantulkan energi infra merah dekat lebih banyak (sekitar 15%) dari daun tua (Dimiyati, 1998).

Selain struktur internal, struktur eksternal (pola susunan daun) juga berpengaruh terhadap karakteristik spektral vegetasi secara menyeluruh. Struktur eksternal juga

dominan pada spektrum inframerah dekat. Susunan daun yang rapat memantulkan energi lebih banyak pada spektrum inframerah tengah (Dimiyati,1998).

## **2.5 Klasifikasi Terbimbing**

Klasifikasi terbimbing adalah klasifikasi yang dilakukan dengan arahan analisis (*supervised*), dimana kriteria pengelompokan kelas ditetapkan berdasarkan penciri kelas (*class signature*) yang diperoleh melalui pembuatan area contoh (*training area*). Menurut Marini (2014), klasifikasi terbimbing merupakan metode yang diperlukan untuk mentransformasikan data citra multispektral ke dalam kelas-kelas unsur spasial dalam bentuk informasi tematis. Pembuatan daerah contoh bertujuan untuk menentukan penciri kelas. Kegiatan tersebut merupakan suatu kegiatan mengidentifikasi (*cluster*) dari sejumlah piksel yang mewakili masing-masing kelas atau kategori yang diinginkan dengan menentukan posisi contoh di lapangan dengan bantuan peta tutupan lahan sebagai referensi untuk setiap kelasnya.

Dengan mengelompokkan piksel menjadi objek dengan karakteristik serupa dan kemudian menganalisis serta mengklasifikasikan objek tersebut berdasarkan sifat spasial dan spektralnya (Kushardono, 2021). Klasifikasi terbimbing merupakan pendekatan yang proses klasifikasinya tidak hanya mempertimbangkan aspek spektral (nilai spektral) namun aspek spasial (karakteristik) dari sebuah objek. Objek tersebut dibentuk melalui proses segmentasi atau proses pengelompokan piksel yang berdekatan dengan kualitas yang sama.

## **2.6 Indeks Vegetasi NDVI (*Normalized Difference Vegetation Index*)**

Indeks vegetasi merupakan indeks pengukuran optik tingkat kehijauan (*greenness*) kanopi vegetasi, sifat komposit dari klorofil daun, luas daun, struktur dan tutupan kanopi vegetasi (Huete *et al.*, 2011). Metode transformasi citra berbasis data spektral yang digunakan untuk pengamatan tumbuhan dan tutupan dimodifikasi untuk pengamatan analisis vegetasi. Indeks vegetasi adalah salah satu parameter yang digunakan untuk menganalisis keadaan vegetasi dari suatu wilayah (Purwanto, 2015).

Pemanfaatan pengindraan jauh juga dapat digunakan untuk merepresentasikan dengan memanfaatkan pantulan gelombang dari *band red* yang diserap oleh klorofil hijau pada daun vegetasi lalu pada gelombang *band nir* memiliki tingkat pantulan yang tinggi terhadap klorofil daun.

Indeks ini dikenal sebagai indeks ‘kehijauan’ vegetasi atau aktivitas fotosintesis vegetasi, dan salah satu indeks vegetasi yang paling sering digunakan dalam pemetaan mangrove. Beberapa penelitian menggambarkan tingkat kerapatan mangrove menggunakan transformasi NDVI (Purwanto *et al.*, 2014). Indeks vegetasi NDVI didasarkan pada pengamatan bahwa permukaan yang berbeda-beda merefleksikan berbagai jenis gelombang cahaya yang berbeda-beda. Komunitas mangrove yang lebih hijau akan menyerap sebagian besar gelombang merah dan biru sinar matahari dan mencerminkan atau memantulkan gelombang inframerah dekat lebih tinggi. Kisaran nilai NDVI adalah antara 0 dan 1. Kelemahan NDVI adalah sensitivitas yang cukup tinggi terhadap efek kecerahan tanah, warna tanah, atmosfer, awan dan bayangan awan, serta bayangan kanopi daun sehingga penerapannya dalam analisis citra satelit membutuhkan kalibrasi.

## **2.7 Kerapatan Mangrove**

Vegetasi mangrove adalah bagian dari keseluruhan tumbuhan, terutama pada bagian pohon, perdu, ataupun liana yang berada di atas permukaan tanah yang menempel pada bagian batang utama. Tajuk merupakan bagian dari penyusun kanopi yang bertautan dan dapat membentuk kesinambungan sehingga menjadi atap hutan (BIG, 2014). Kerapatan vegetasi mangrove adalah parameter terpenting yang dapat diketahui dari data citra satelit yang digunakan untuk mengetahui penentuan tingkatan kekritisitas vegetasi mangrove (Departemen Kehutanan, 2005). Kerapatan vegetasi mangrove dapat menggunakan nilai indeks vegetasi EVI dengan ditentukannya nilai rentang yang sama dengan indeks vegetasi NDVI. Kerapatan vegetasi tersebut nantinya dapat menghasilkan beberapa kategori pada nilai kerapatan vegetasi mangrove.

Nilai kerapatan vegetasi mangrove tersebut antara lain:

1. Kerapatan vegetasi mangrove padat ( $0,44 \leq \text{NDVI} \leq 1,00$ )
2. Kerapatan vegetasi mangrove sedang ( $0,33 \leq \text{NDVI} \leq 0,42$ )
3. Kerapatan vegetasi mangrove jarang ( $-1,0 \leq \text{NDVI} \leq 0,32$ )

Menurut Badan Informasi Geospasial (2014), estimasi kerapatan vegetasi mangrove dapat dilakukan dengan cara mengambil foto secara vertikal dengan menggunakan tambahan lensa *Fish Eye*. Estimasi kerapatan mangrove dengan menggunakan tambahan lensa *Fish Eye* dapat dilihat pada (Tabel 2).

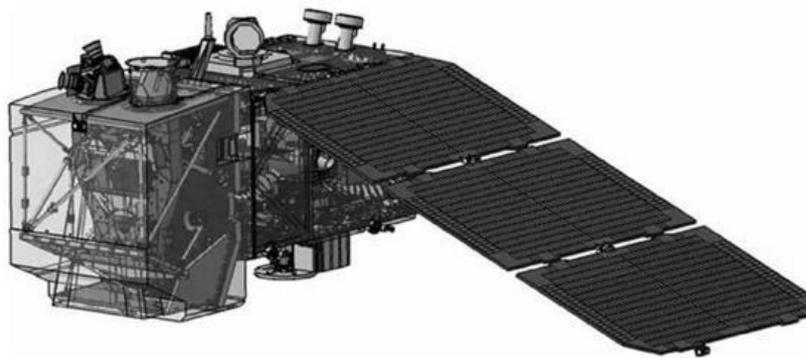
Tabel 2. Estimasi kerapatan vegetasi mangrove menggunakan lensa *Fish Eye*

Kerapatan	Persentase	Contoh Foto
Kerapatan vegetasi mangrove padat	>70%	
Kerapatan vegetasi mangrove sedang	50%-70%	
Kerapatan vegetasi mangrove jarang	<50%	

Sumber : BIG (2014)

## 2.8 `Citra Sentinel-2

Sentinel-2 merupakan salah satu citra satelit penginderaan jauh yang dibuat atas kerja sama The European Commission dengan European Space Agency di program Global Monitoring for Environment and Security (GMES). Pemantauan kondisi permukaan bumi menggunakan citra satelit Sentinel-2, sehingga didapatkan informasi terkait dengan kondisi bumi serta digunakan untuk keamanan dan pemantauan lingkungan. Program Global Monitoring for Environment and Security merupakan inisiatif dari European Commission yang dibuat untuk membuktikan kemampuan dan kapasitas Eropa dalam menyediakan dan penggunaan informasi pemantauan operasional pada aplikasi lingkungan dan keamanan (Drusch *et al.*, 2012). Peluncuran satelit Sentinel-2 direncanakan pada akhir tahun 2013, namun terlaksana pada 23 Juni 2015 untuk Sentinel-2A dan 7 Maret 2017 untuk Sentinel-2B. Peluncuran satelit Sentinel-2A dilakukan oleh Roket Vega dari Kourou, Guyana Prancis, selanjutnya satelit Sentinel-2B diluncurkan oleh roket dari Plesetsk, Rusia (European Space Agency, 2021) . Sentinel-2 didesain secara khusus mempelajari dan memantau interaksi dan proses di bumi menyiapkan strategi dalam menghadapi tantangan perubahan global yang sedang terjadi serta tujuan pengembangan masyarakat (*societal development goals*). Satelit Sentinel-2 dapat dilihat pada Gambar 6.



Gambar 5. Satelit Sentinel-2 (Astrium GmbH)  
Sumber: European Space Agency (2012)

Karakteristik Sentinel-2 memiliki 13 kanal dengan panjang resolusi spasial yang bervariasi dari 10, 20 dan 60 m. Dengan 4 band memiliki resolusi spasial 10 m, 6 band memiliki resolusi spasial 20 m, dan 3 band memiliki resolusi spasial 60 m dengan cakupan area 290 km<sup>2</sup>. Sentinel-2 memiliki beberapa tujuan di antaranya menyajikan data yang digunakan untuk kepentingan monitoring lahan dan data dasar untuk penggunaan beragam aplikasi seperti pertanian, perhutanan, monitoring lingkungan, perencanaan perkotaan, deteksi perubahan tutupan lahan, penggunaan lahan, dan pemetaan risiko bencana (European Space Agency, 2012). Karakteristik nya dapat dilihat pada (Tabel 3).

Tabel 3. Karakteristik Sentinel-2

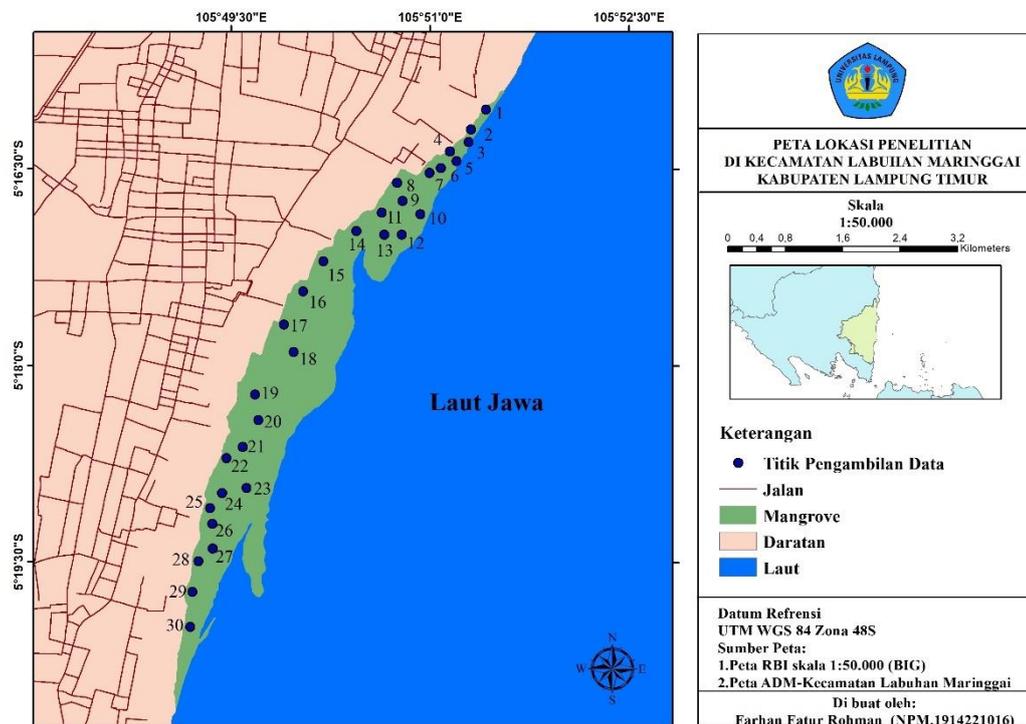
Band Sentinel-2	Panjang Gelombang (nm)	Resolusi (m)
Band 1 - <i>Coastal aerosol</i>	0,443	60
Band 2 - <i>Blue</i>	0,49	10
Band 3 - <i>Green</i>	0,56	10
Band 4 - <i>Red</i>	0,665	10
Band 5 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,705	20
Band 6 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,74	20
Band 7 - <i>Vegetation Red Edge</i>	0,783	20
Band 8 – <i>NIR</i>	0,842	10
Band 8A – <i>Vegetation Red Edge</i>	0,863	20
Band 9 – <i>Water Vapour</i>	0,945	60
Band 10 – <i>SWIR- Cirrus</i>	0,1375	60
Band 11 – <i>SWIR</i>	1,61	20
Band 12 – <i>SWIR</i>	2,19	20

Sumber : European Space Agency (2012)

### III. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilakukan pada bulan April-Mei 2023 dengan lokasi di Desa Margasari dan Sriminosari, Kecamatan Labuhan Maringgai. Lalu penggunaan data citra satelit yang digunakan adalah 5 Maret 2023. Kegiatan pengolahan data dilaksanakan di Laboratorium Oseanografi, Jurusan Perikanan dan Kelautan, Fakultas Perikanan, Universitas Lampung. Peta lokasi penelitian terdapat pada (Gambar 6).



Gambar 6. Lokasi penelitian

Jumlah titik pengambilan data lapangan berdasarkan keterwakilan untuk luas lokas penelitian berdasarkan objek jumlah sampel yang harus diambil porpor-sional terhadap luasan mangrove. Perbandingan jumlah titik sampel minimal yang harus diambil dengan skala pada peta. Jika menggunakan peta dengan skala 1: 50.000 maka digunakan tiga kelas kerapatan dengan minimal jumlah plot sebanyak 20 plot. Jumlah sampel plot kerapatan tajuk minimal adalah 60% dari total sampel minimal (Badan Informasi Geospasial, 2014).

Penentuan titik pengambilan data lapangan berdasarkan keterwakilan lokasi penelitian, penentuan titik secara *stratified random sampling* data juga berdasarkan kerapatan tajuk mangrove di lapangan. Pemilihan titik sampel untuk keterwakilan mangrove harus diperhatikan. Hal ini karena mangrove memiliki karakteristik yang bervariasi, seperti jenis mangrove, kerapatan mangrove, dan kondisi lingkungan. Jika titik sampel tidak dipilih dengan tepat, maka data yang diperoleh tidak akan representatif.

Ada beberapa faktor yang perlu diperhatikan dalam pemilihan titik sampel untuk keterwakilan mangrove, yaitu:

1. Luas area mangrove

Jika area mangrove luas, maka jumlah titik sampel juga harus lebih banyak. Hal ini karena semakin luas area mangrove, maka semakin bervariasi karakteristik mangrove di dalamnya.

2. Keragaman mangrove dan Kondisi Lingkungan

Jika mangrove di suatu area memiliki keragaman yang tinggi, maka jumlah titik sampel juga harus lebih banyak. Hal ini karena semakin beragam mangrove di suatu area, maka semakin banyak jenis mangrove yang perlu diwakili.

Kecamatan Labuhan Maringgai merupakan salah satu kecamatan yang berada di Kabupaten Lampung Timur. Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki ekosistem mangrove yang cukup luas yang mencakup dua desa, yaitu Desa Margasari dan Desa Sriminosari.

Kecamatan Labuhan Maringgai merupakan dataran dengan luas wilayah 142,65 km<sup>2</sup>. Berdasarkan posisi geografisnya, Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki batas-batas: utara - Hutan Way Kambas, selatan - Kecamatan Pasir Sakti, timur - Laut Jawa, barat - Kecamatan Braja Sebah, Mataram Baru, Bandar Sribhawono, Melinting, Gunung Pelindung (BPS Kabupaten Lampung Timur, 2020)

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4. Alat dan bahan penelitian

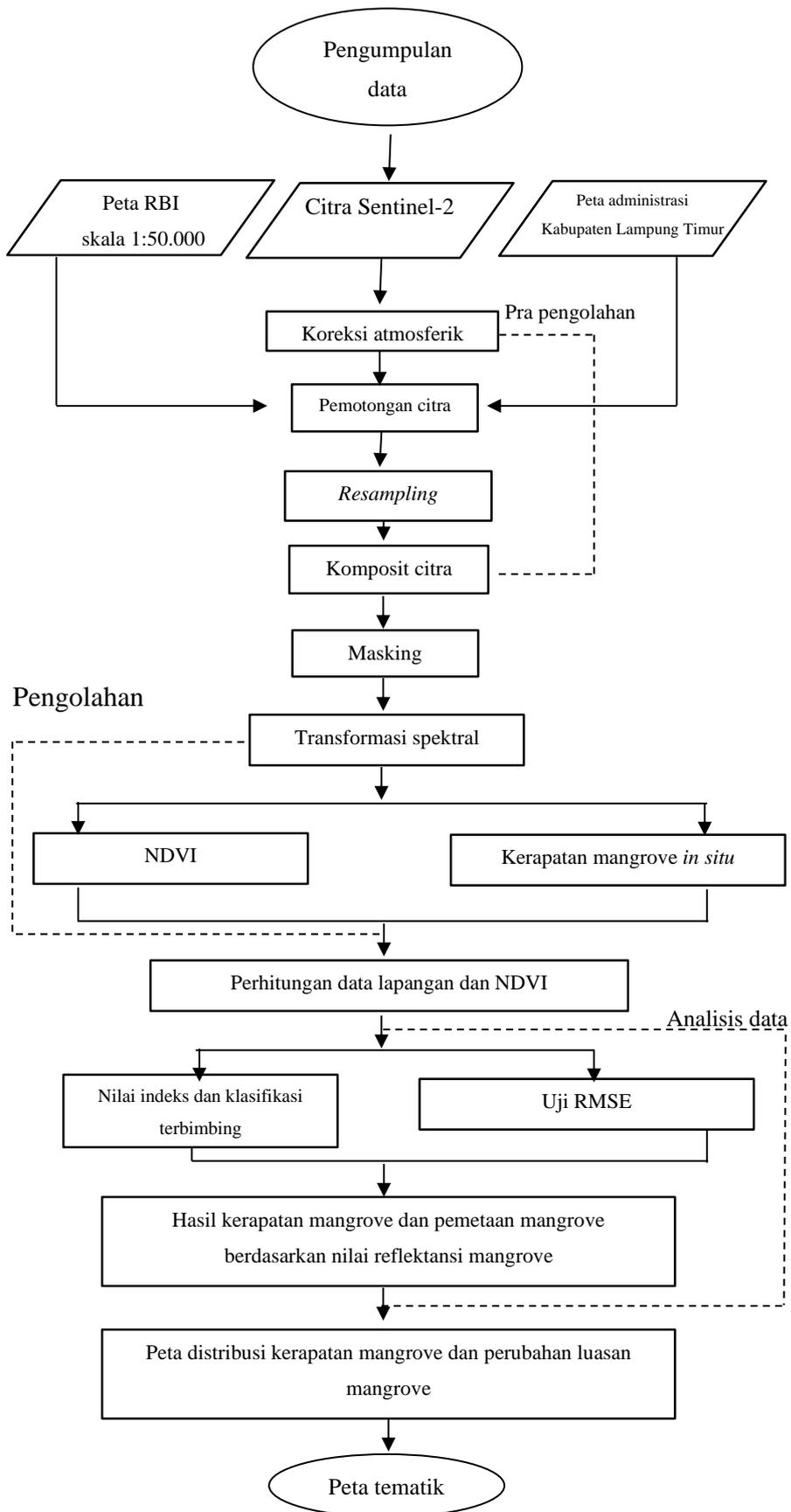
No	Alat dan bahan	Kegunaan
1	Laptop asus A407UA	Pengolahan data.
2	GPS ( <i>global positioning system</i> )	Menentukan posisi koordinat pada saat pengambilan sampel.
3	Roll meter	Mengukur jarak sampling di lapangan.
4	Kamera <i>handphone</i> 12 MP	Mengambil sampel foto di lapangan.
5	<i>Fish eye</i>	Tambahan lensa yang digunakan untuk mengambil sampel foto di lapangan.
6	Alat tulis	Mencatat data di lapangan.
7	QGIS 3.16	Mengolah data indeks vegetasi.
8	Image J	Mengolah data persentase kerapatan.
9	ArGIS 10.3	Klasifikasi peta distribusi spasial.
10	SPSS Statistics 22	Perhitungan data.
11	Microsoft Word 2016	Pembuatan laporan.
12	Citra Sentinel-2	Data sekunder yang didapatkan dari USGS (United States Geological Survey).
13	Peta rupa bumi skala 1 : 50.000	Data sekunder yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
14	Peta administrasi Lampung Timur	Data sekunder yang didapatkan dari Badan Informasi Geospasial (BIG).
15	Indeks vegetasi NDVI	Indeks yang digunakan untuk perbandingan uji akurasi indeks vegetasi
16	Kawasan mangrove	Pengambilan sampel di lapangan.
17	SNAP	Menentukan pola reflektansi piksel.

### 3.3 Jenis dan Sumber data

Data yang digunakan saat penelitian meliputi data primer dan data sekunder, data sekunder yang digunakan menggunakan citra Sentinel-2 pada tahun 2018, 2020 dan 2023. Dengan *path* dan *row* 123 dan 63 yang berasal dari United States Geological Survey (USGS), dan Peta Rupa Bumi Indonesia Kabupaten Lampung Timur. Selanjutnya data primer didapatkan dari pengambilan data lapangan dengan cara verifikasi *in situ* serta melakukan pengambilan titik koordinat dan foto kerapatan mangrove dengan metode *hemispherical photography*.

### 3.4 Prosedur Pengolahan Data

Pengolahan data dilakukan terhadap data citra Sentinel-2 pada vegetasi mangrove di Kecamatan Labuhan Maringgai tahun 2018, 2020, dan 2023. Selanjutnya pengolahan data citra dan peta RBI dilakukan pada *software* QGIS 3.10, tahapan dalam pengolahan citra terdiri atas koreksi atmosferik, pemotongan citra, dan *resampling* citra. Setelah *resampling* citra langkah selanjutnya adalah komposit citra, *masking*, dan transformasi spektral untuk mendapatkan peta tematik hasil indeks vegetasi NDVI. Penjabaran dalam pengolahan data dapat dilihat pada diagram alir Gambar 7.



Gambar 7. Diagram alir penelitian

### 3.4.1 Pra Pengolahan Citra

Pra pengolahan citra dilakukan pada tahap awal pemrosesan, citra satelit Sentinel-2 yang digunakan dengan level 1C, dengan akuisisi data pada tanggal 5 Maret 2023. Tahapan yang dilakukan menggunakan *software* QGIS dengan meliputi koreksi atmosferik, pemotongan citra, dan *resampling* citra. Metode dalam koreksi atmosferik menggunakan *dark object subtraction* (DOS1). Metode ini digunakan untuk memperjelas ketampakan pada citra untuk mempermudah dalam mengenali objek yang diamati. Pada penelitian ini tidak dilakukan koreksi geometrik dan koreksi radiometrik karena citra Sentinel-2 level 1C telah terkoreksi secara geometrik dan radiometrik (European Space Agency, 2015). Selanjutnya dilakukan proses pemotongan citra dengan tujuan untuk memperkecil ukuran citra menjadi seluas daerah yang akan diteliti, sehingga mempercepat proses pengolahan pada *software*. Hasil pemotongan citra pada daerah penelitian di tahun 2023 dapat dilihat pada Gambar 8. Tahapan terakhir yaitu *resampling* dengan menggunakan metode *nearest neighbor* yang digunakan untuk merubah resolusi spasial dari band *red-edge* yang memiliki resolusi spasial 20 m diubah menjadi 10 m. Perubahan resolusi tersebut selanjutnya digunakan pada proses transformasi spektral sehingga seluruh *band* yang digunakan memiliki resolusi 10 m.



Gambar 8. Ketampakan citra pada daerah penelitian

### 3.4.2 Pengolahan Citra

Citra Sentinel-2 yang sudah terkoreksi kemudian diolah melalui tahap pengolahan citra. Tahap pengolahan tersebut meliputi komposit citra, *masking*, dan transformasi spektral. Pengolahan komposit citra menggunakan kombinasi RGB 432 (*true color*), sehingga objek yang ditampilkan sebagaimana warna aslinya dan dilanjutkan dengan pengolahan *masking*. *Masking* merupakan proses pemisahan antara daerah kajian dengan wilayah yang tidak termasuk pengamatan. Nilai piksel wilayah yang bukan daerah penelitian diubah menjadi 0 dengan menggunakan tambahan *shapefile* peta sebaran mangrove. Tahap terakhir dari pengolahan citra adalah transformasi spektral dengan menggunakan *tool raster calculator* pada *software* QGIS 3.10. Transformasi spektral dari indeks vegetasi NDVI dan klasifikasi terbimbang serta telah disesuaikan dengan band Sentinel-2A dapat dilihat pada persamaan (1)

$$\text{NDVI} = \frac{(\text{NIR}-\text{Red})}{(\text{NIR}+\text{Red})} \quad (1)$$

Keterangan :

NIR : band 8 citra Sentinel-2

Red : band 4 citra Sentinel-2 (Aji dan Prasetyo, 2017)

### 3.4.3 Pengambilan Data Lapangan

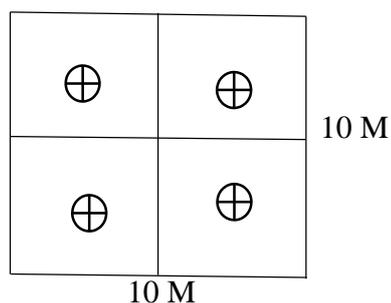
Pengambilan sampel secara *in situ* dilakukan menggunakan metode *stratified random sampling* dengan menghitung luasan setiap area kawasan mangrove untuk melakukan *sampling*, hal ini dilakukan dari arah daratan menuju daerah lautan dengan mempertimbangkan keterjangkauan lokasi di lapangan (Badan Informasi Geospasial, 2014). Pada penelitian ini digunakan plot dengan ukuran 10 x 10 m<sup>2</sup> yang dibagi menjadi 4 sub plot dimana setiap plot digunakan untuk pengambilan data kerapatan mangrove. Jumlah titik sampel minimal yang harus diambil secara *in situ* berdasarkan pedoman teknis geospasial mangrove (Badan Informasi Geospasial, 2014) dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5. Jumlah titik sampel berdasarkan skala peta

Skala	Minimal plot	Total sampel minimal
1 : 25.000	30	50
1 : 50.000	20	30
1 : 250.000	10	20

Sumber : Badan Informasi Geospasial (2014)

Pengambilan data sampel di kawasan mangrove dengan total sampel sebanyak 30 plot, dengan jumlah foto yang dihasilkan dari seluruh plot sebanyak 120 foto. Dengan pembagian untuk mengestimasi indeks vegetasi sebanyak 15 plot dan 15 plot digunakan untuk uji ketelitian (Alam *et al.*, 2020) Skala peta yang digunakan adalah 1:50.000 pada peta rupa bumi Indonesia. Pengambilan foto dengan menggunakan plot dibagi dalam 4 subplot, setiap 1 plot memiliki jumlah foto sebanyak 4 buah. Pengambilan data dengan plot dapat di lihat pada (Gambar 9).



Gambar 9. Pengambilan titik plot untuk data kerapatan di lapangan

Pengambilan data kerapatan mangrove diukur dengan menggunakan metode *hemispherical photography*, yaitu pengambilan foto secara vertikal dengan sudut pengambilan foto  $180^{\circ}$  mengarah ke langit menggunakan kamera *handphone* dengan tambahan lensa *Fish Eye* untuk sudut pandang lensa yang lebih luas. Pengambilan foto berada pada titik di sekitar pusat kuadran plot dan di antara satu pohon dengan pohon lainnya serta dihindarkan pada pengambilan foto saat kondisi cahaya lebih terang (siang) maupun cahaya minim (senja) sehingga dapat mempengaruhi hasil tutupan pada foto. Posisi kamera diusahakan sejajar dengan

tinggi dada peneliti pada saat pengambilan foto (Dharmawan dan Pramudji, 2014).

Setelah mendapatkan foto, langkah selanjutnya adalah pengolahan data foto untuk mengestimasi kerapatan mangrove dengan menggunakan *software* Image J, dengan mengubah foto menjadi *image 8 bit* dengan *pixel* maksimal 255 (P255). *Pixel* maksimal artinya untuk menggambarkan tutupan mangrove. Analisis ini digunakan untuk memisahkan piksel langit dan piksel tutupan vegetasi, sehingga persentase jumlah piksel tutupan vegetasi mangrove dapat dihitung dalam analisis gambar biner (Chianucci *et al.*, 2014). Menurut Dharmawan dan Pradmuji (2014) perhitungan persentase kerapatan mangrove dapat dilihat pada persamaan (2).

$$\text{Persentase kerapatan mangrove} = \frac{P_{255} \times 100\%}{\sum P} \quad (2)$$

Keterangan :

P255 : piksel menggambarkan tutupan mangrove

$\sum P$  : jumlah seluruh piksel

Nilai kerapatan yang didapatkan dari setiap 1 plot akan dijumlahkan dan dihitung menjadi satu sehingga akan didapatkan nilai persentase kerapatan mangrove dari masing- masing plot.

#### 3.4.4 Validasi Data Lapangan

Validasi data lapangan dapat menggunakan metode *stratified random sampling*. Badan Informasi dan Geospasial (2014) menyatakan bahwa metode ini merupakan teknik sampling dengan memisahkan populasi ke dalam kelompok yang tidak tumpang tindih atau biasa disebut subpopulasi (*strata*). Pembagian *strata* dapat dilakukan sampling dengan secara acak (*random sampling*). Dharmawan dan Pramuji (2014) menyatakan bahwa persentase tutupan mangrove dihitung menggunakan metode *hemispherical photography* dengan menggunakan tambahan lensa *Fish Eye* dengan sudut pandang 180° pada satu titik pengambilan foto di lapangan. Teknik tersebut mudah digunakan dan menghasilkan data yang lebih

akurat namun data tersebut masih cukup baru dipakai pada hutan mangrove di Indonesia. Teknis pelaksanaan validasi data lapangan sebagai berikut:

1. Setiap plot berukuran  $10 \times 10 \text{ m}^2$  yang dibagi menjadi 4 kuadran plot yang berukuran  $5 \times 5 \text{ m}^2$
2. Titik pengambilan foto ditempatkan pada sekitar pusat plot kecil dan berada di antara satu pohon dengan pohon lainnya serta dihindarkan pemotretan tepat di samping batang satu pohon
3. Posisi kamera disejajarkan dengan tinggi dada peneliti saat pemotretan foto serta tegak lurus menghadap langit



(a)

(b)

Gambar 10. Perhitungan persentase kerapatan mangrove  
 Keterangan: (a) Ilustrasi metode *hemispherical photography* untuk mengukur tutupan mangrove, (b) hasil pemotretan dengan lensa *fish eye* secara vertikal  
 Sumber: Dharmawan dan Pramudji (2014)

### 3.5 Analisis Data

Dalam analisis data yang digunakan dalam penelitian menggunakan regresi linier sederhana yang didapatkan dari indeks vegetasi sehingga menghasilkan nilai estimasi indeks vegetasi, lalu data persentase kerapatan mangrove didapatkan dari pengolahan data lapangan yang didapatkan hasil sebagai persentase data kerapatan mangrove. Dari hasil analisis keduanya digunakan untuk mengetahui hubungan antara nilai estimasi indeks vegetasi dengan persentase kerapatan mangrove di lapangan sehingga didapatkan indeks terbaik dengan persentase yang menyerupai data lapangan. Hasil indeks tersebut digunakan untuk melakukan klasifikasi

pemetaan pada distribusi spasial kerapatan mangrove dengan kriteria kondisi kerapatan mangrove berdasarkan Keputusan Menteri Lingkungan Hidup No.201 tahun 2004 yang tertera pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria kondisi kerapatan mangrove

Kriteria	Penutupan/Kerapatan	
Baik	Padat	>75%
	Sedang	75% - 50%
Rusak	Jarang	<50%

Sumber : KLHK, (2004)

Analisis data yang digunakan pada penelitian ini adalah menggunakan RMSE

### 3.5.1 Analisis Perubahan Luasan Mangrove

Analisis perubahan yang dilakukan menggunakan metode klasifikasi terbimbing. Klasifikasi terbimbing pada citra satelit adalah pendekatan yang kuat untuk mengidentifikasi dan memetakan tutupan lahan mangrove dengan memanfaatkan kekuatan algoritma pembelajaran mesin untuk mengenali pola-pola dalam data citra. Selanjutnya dilakukan penentuan area di citra yang mewakili berbagai jenis tutupan lahan mangrove. Sampel piksel dipilih secara acak dari area tersebut dan dikumpulkan data guna mengidentifikasi mangrove pada citra tersebut. Setiap sampel diidentifikasi dan diklasifikasi sebagai mangrove atau kategori lainnya. Selanjutnya dilakukan klasifikasi terbimbing pada lokasi citra yang merupakan bagian mangrove berdasarkan *training sampel* yang telah diambil dil apangan.

Sampel-sampel tersebut dipastikan dapat mewakili berbagai kondisi dan variasi dalam tutupan lahan mangrove. Model kasifikasi tersebut diterapkan pada citra satelit penuh untuk menghasilkan peta klasifikasi tutupan lahan mangrove. Perubahan luasan mangrove melalui data *time series* dari data perubahan luas mangrove ini dapat digunakan sebagai bahan evaluasi untuk kesehatan mangrove kedepannya. Penggunaan rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\Delta L = L_t - L_o$$

$\Delta L$  = Perubahan Luas

$L_t$  = Luas akhir

$L_o$  = Luas awal

### 3.5.1 RMSE ( *Root Means Square Error* )

RMSE (*root mean square error*) digunakan untuk mengetahui seberapa besar *error* yang terjadi pada hasil perhitungan model jika dibandingkan dengan nilai aktual. Semakin kecil nilai RMSE, maka semakin kecil pula kesalahan yang terjadi pada penggunaan model. Nilai RMSE yang rendah menunjukkan bahwa nilai yang dihasilkan suatu model perkiraan mendekati nilai aslinya. Sebaliknya, jika nilai RMSE semakin besar, maka keakuratan nilai yang dihasilkan semakin tidak akurat (Herwanto *et al.*, 2019). Perhitungan RMSE menggunakan persamaan sebagai berikut:

$$RMSE = \sqrt{\frac{\sum(\frac{E-O}{O})^2}{n}} \times 100\%$$

Keterangan :

E = Dugaan akhir

O = Dugaan awal

n = Jumlah sampel

Menurut Chai dan Draxler (2014), model dengan tingkat kesalahan yang semakin kecil maka model tersebut semakin akurat. Kriteria nilai RMSE terdapat pada Tabel 7.

Tabel 7. Kriteria nilai RMSE

RMSE (%)	Tingkat Kesalahan
0-29,9	Kecil
30-59,9	Sedang
60-89,9	Besar
$\geq 90$	Sangat besar

Analisis RMSE digunakan untuk menguji akurasi antara nilai kerapatan NDVI dengan nilai kerapatan mangrove di lapangan. Nilai aktual kerapatan mangrove dapat diukur langsung *in situ* dengan melakukan survei lapangan. Ini bisa mencakup pengukuran jumlah pohon per unit area, diameter batang, tinggi pohon, atau parameter lain yang relevan. Nilai NDVI (nilai prediksi) NDVI dapat dihitung menggunakan data citra satelit atau *drone* yang merekam spektrum cahaya tampak dan inframerah. Persamaan NDVI umumnya adalah  $(NIR - Red) / (NIR + Red)$ , di mana NIR adalah reflektansi inframerah dekat dan Red adalah reflektansi cahaya merah. Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga 1, dengan nilai yang lebih tinggi menunjukkan kepadatan vegetasi yang lebih tinggi.

Setelah data citra dan data (*in situ*) selanjutnya diuji akurasi nilai dari citra dengan nilai yang didapatkan secara *in situ*. Uji yang dilakukan adalah uji RMSE (*roots means square error*), untuk mengetahui tingkat kesalahan antara data citra dan data *in situ*. Untuk mengetahui tingkat ketelitian pemetaan pada saat klasifikasi maka harus dilakukan uji akurasi. Metode yang dipakai adalah membandingkan titik sampel kerapatan yang didapat dari survei lapangan dengan citra yang sudah terklasi-fikasi. RMSE menghitung perbedaan nilai dari prediksi sebuah model sebagai estimasi atas nilai yang diobservasi. RMSE menggambarkan jauh dekatnya nilai-nilai hasil pengamatan terhadap nilai yang sebenarnya.

### **3.5.3 Analisis Nilai Reflektansi Spektal Jenis Mangrove**

Analisis nilai reflektansi didapatkan dari data citra satelit Sentinel-2 yang nilainya berdasarkan koordinat di lapangan dan jenis mangrove pada titik koordinat tersebut. Nilai reflektansi kemudian digunakan sebagai bahan untuk melakukan analisis jenis mangrove serta memetakan jenis mangrove berdasarkan nilai reflektansi spektral yang dihasilkan. Setelah data nilai reflektansi didapatkan selanjutnya mangrove dipetakan berdasarkan jenisnya dari nilai reflektansi.

Berdasarkan nilai reflektansi dari citra yang diukur, proses ini dapat membantu dalam menciptakan peta jenis mangrove yang lebih rinci dan berkelanjutan di

seluruh wilayah. Setelah interpolasi, selanjutnya mangrove dipetakan per jenis menggunakan sistem klasifikasi terbimbing *nearest neighbor*. Pemanfaatan metode ini menitikberatkan pada nilai piksel terdekat dimana akan dikelompokkan sehingganya akan sama dengan piksel terdekat saat mengambil sampel.

Persebaran mangrove dipetakan menggunakan metode klasifikasi terbimbing atau menggunakan metode *nearest neighbor*. Pendekatan yang proses klasifikasinya tidak hanya mempertimbangkan aspek spektral namun aspek spasial objek. Objek dibentuk melalui proses segmentasi yang merupakan proses pengelompokan piksel berdekatan dengan kualitas yang sama (kesamaan spektral). Secara umum proses klasifikasi dengan metode *nearest neighbor* melalui dua tahapan utama, yaitu segmentasi citra dan klasifikasi tiap segmen (Wibowo dan Suharyadi, 2012).

Dengan menggunakan metode klasifikasi terbimbing proses pemetaan mangrove per jenis ini mengandalkan atas kesamaan piksel ataupun kesamaan pola reflektansi menggunakan klasifikasi terbimbing *nearest neighbor*. Klasifikasi ini mengandalkan kesamaan, piksel terdekat yang memiliki kesamaan baik karakteristik maupun karakter spasial dari piksel tersebut. Penggunaan pola reflektansi yang digunakan untuk memetakan mangrove berdasarkan jenis dapat dianalisis pada *software* SNAP dengan penggunaan nilai *spectrum* yang dipantulkan pada citra dapat dianalisis lebih jauh untuk mengetahui persebaran mangrove di Desa Margasari dan Sriminosari.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang telah diuraikan sebelumnya, maka dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:.

1. Luas mangrove antara tahun 2018-2023 mengalami peningkatan, tetapi pada beberapa lokasi mengalami penurunan kerapatan.
2. Kesalahan data citra dan data *in situ* termasuk kecil (20 %.), sehingga data citra dapat digunakan untuk mengestimasi data secara *in situ*.
3. Citra Sentinel-2 untuk mangrove *Avicennia* memiliki reflektansi tertinggi 0,373 % pada panjang gelombang 0,874  $\mu\text{m}$  atau NIR (*band 8*).

### 5.2 Saran

1. Sebaiknya dilakukan dengan citra resolusi spasial, spektral, dan temporal yang tinggi sehingga dalam proses menentukan luas dapat dilakukan secara maksimal.
2. Perlunya penerapan alternatif algoritma seperti EVI dan SAVI dalam penentuan deteksi kerapatan mangrove untuk citra Sentinel-2.
3. Penelitian dapat dikembangkan dengan menyertakan pengaruh sedimentasi atau pasang surut terhadap perkembangan vegetasi mangrove.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Agung, T.C., Arief, D., Dian, I., dan Agus, S. 2022. Pendugaan karbon stok di atas permukaan tanah pada hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. *Journal Hutan Tropis*. 3(10) : 268-276.
- Aji, B. J. P. S., dan Prasetyo, Y. 2017. Analisis tingkat produksi padi dan perhitungan logistik pangan berdasarkan metode EVI (*Enhanced vegetation index*) dan NDVI (*Normalized difference vegetation index*) menggunakan citra Sentinel-2 tahun 2016 (studi kasus Kabupaten Klaten, Jawa Tengah). *Jurnal Geodesi Undip*. 6(4): 263-273.
- Alam, M. I. F., Nuarsa, I. W., dan Puspitha, N. L. P. R. 2020. Uji akurasi beberapa indeks vegetasi dalam mengestimasi kerapatan hutan mangrove dengan citra Sentinel-2A di Taman Nasional Bali Barat. *Journal of Marine Research and Technology*. 3(2): 59-67.
- Amran, M. A. 1999. *Karakteristik Pantulan Spektral Tumbuhan Mangrove pada Citra Digital Landsat TM Studi Kasus di Kawasan Hutan Mangrove Kabupaten Luwu, Sulawesi Selatan*. (Skripsi). Universitas Gajah Mada. Yogyakarta.
- Badan Informasi Geospasial. 2014. *Pedoman Teknis Pengumpulan dan Pengolahan Data Geospasial Mangrove Nomor 3 Tahun 2014*. Badan Informasi Geospasial. Cibinong. 53 hlm.
- Badan Pusat Statistik Kabupaten Lampung Timur. 2020. *Kecamatan Labuhan Maringgai Dalam Angka*. ISBN: 978-602-411-185-4. 7 hlm.
- Bengen, D.G. 2004. *Sinopsis Ekosistem dan Sumber Daya Alam dan Laut serta Prinsip Pengelolaan*. Pusat Kajian Sumber Daya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hal.
- Bengen, D.G. 2002. *Ekosistem dan Sumberdaya Alam Pesisir dan Laut serta Prinsip Pengelolaannya*. Pusat Kajian Sumberdaya Pesisir dan Lautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hal.

- Bintoro, A. 2014. Inventarisasi jenis tumbuhan obat di hutan mangrove Desa Margasari Kecamatan Labuhan Maringgai Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(1): 67–76.
- Bosire, J. O., Dahdouh-Guebas, F., Walton, M., Crona, B. I., Lewis Iii, R. R., Field, C., Kairo, J. G., and Koedam, N. 2008. Functionality of restored mangroves: a review. *Aquatic Botany*. 89(2): 251–259.
- Chai, T., and Draxler, R. R. (2014). Root mean square error (RMSE) or mean absolute error (MAE) Arguments against avoiding RMSE in the literature. *Geoscientific Model Development*, 7(3): 1247– 1250.
- Chianucci F, Chiavetta U, and Cutini A. 2014. The estimation of canopy attributes from digital cover photography by two different image analysis methods. *iForest*. 7: 255-259.
- Dahuri, R. 2003. *Keanekaragaman Hayati Laut Aset Pembangunan Berkelanjutan Indonesia*. Gramedia Pustaka Utama. Jakarta. 412 hal.
- Darmawan, A., dan Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(3): 111–124.
- Dharmawan, I. W. E., dan Pradmuji. 2014. *Panduan Monitoring Status Kesehatan Komunitas Mangrove*. COREMAP CTI LIPI. Jakarta. 46 hlm.
- Departemen Kehutanan. 2005. *Pedoman Inventarisasi dan Identifikasi Lahan Kritis Mangrove*. Direktorat Jendral Rehabilitasi Lahan dan Perhutanan Sosial: Jakarta. 1-14 hlm.
- Drusch, M., U. D. Bello, S. Carlier, O. Colin, V. Fernandez, F. Gascon, B. Hoersch, C. Isola, P. Laberinti, P. Martimort, A. Meygret, F. Spoto, O. Sy, F. Marchese dan P. Bargellini. 2012. Sentinel-2: ESA's optical high resolution mission for GMES operational services. *Remote Sensing of Environment*. 120 (2012): 25–36.
- Dimiyati, R. D., dan Dimiyati, M. 1998. Remote Sensing dan Sistem Informasi Geografis. *Fakultas Teknik Universitas Muhammadiyah Jakarta*. Jakarta.
- Duke, N. C. 1992. Mangrove floristics and biogeography. *Tropical Mangrove Ecosystems*. 41. 63–100.
- European Space Agency. 2021. Sentinel online. Diakses melalui web pada 14 November 2022, pukul 20.00 WIB. <http://sentinel.esa.int> 1 hlm.
- European Space Agency. 2012. *ESA's Optical High-Resolution Mission for GMES Operational Services*. ESA Communication. Noordwijk. 80 hlm.

- European Space Agency. 2015. *Sentinel-2 User Handbook (Issue 1 Rev 2)*. ESA Standart Document. Paris. 64 hlm.
- European Space Agency. 2021. Sentinel-2 . Diakses melalui web pada tanggal 20 November 2022, pukul 21.30 WIB <https://earth.esa.int/web/guest/mission/esa-operationaleo-missions/sentinel-2.html>. 1 hlm.
- ESRI. 2021. Band arithmetic function-ArcGIS Pro. Diakses melalui web pada 20 November 21.40 WIB. <https://pro.arcgis.com/en/pro-app/latest/help/analysis/raster-functions/band-arithmetic-function.htm> 1 hlm.
- Faizal, A., dan Amran, M. A. 2002. Model transformasi indeks vegetasi yang efektif untuk prediksi kerapatan mangrove *Rhizophora mucronata*. *Indonesian J of Geography* 114(064).
- Haris, A., Fauzi, A., dan Indri, M. S. 2018. Growth rate of rhizophora apicuata propagus in two sylvofishery ponds in Tanjung Rejo Village Percut Sei Tuan District. *Journal Of Sylva Indonesia (JSI)*. 2 (01): 20-27.
- Hartono, H. 1994. The use of SPOT image for mangrove inventory in Cimanuk delta West Java, Indonesia. *Indonesian J of Geography*. 26 (68): 11–26.
- Herwanto, H. W., Widiyaningtyas, T., dan Indriana, P. 2019. Penerapan algoritme linear regression untuk prediksi hasil panen tanaman padi. *Jurnal Nasional Teknik Elektro Dan Teknologi Informasi*. 8(4): 364–370.
- Hirata, Y., Tabuchi, R., Patanaponpaiboon, P., Pongparn, S., Yoneda, R., and Fujioka, Y. 2014. Estimation of aboveground biomass in mangrove forests using high resolution satellite data. *Journal of Forest Research*. 19(1): 34-41.
- Hoffer, R. M. 1978. Biological and physical considerations in applying computer-aided analysis techniques to remote sensor data. *Remote Sensing The Quantitative Approach*. 227–289.
- Huete, A., Didan, K., Van Leeuwen, W., Miura, T., and Glenn, E. 2011. MODIS vegetation indices. *Land Remote Sensing and Global Environmental Change: NASA's Earth Observing System and the Science of ASTER and MODIS*. 579–602.
- Indriatmoko, M. J., dan Pranowo, W. 2019. *Karakteristik dan Indeks Kerentanan Mangrove di Pesisir Kecamatan Muara Gembong*. Amafrad Press. Jakarta. 93-109 hal.

- Kawamuna A, Suprayogi A, dan Wijaya A. P. 2017. Analisis kesehatan hutan mangrove berdasarkan metode klasifikasi NDVI pada citra Sentinel-2 (Studi kasus: Teluk Tapang Kabupaten Banyuwangi). *Jurnal Geodesi Undip*. 6(1), 277-284.
- Kementerian Negara dan Lingkungan Hidup. 2004. Kriteria Buku Kerusakan Mangrove. *Dalam: Keputusan Kantor Menteri Lingkungan Hidup no. 201 tahun 2004, tentang Kriteria Baku dan Pedoman Penentuan Kerusakan Mangrove*. Jakarta. 10 hlm.
- Kresnabayu, I. M. P., Putra, I. D. N. N., dan Suteja, Y. 2018. Kerapatan hutan mangrove berbasis data penginderaan jauh di estuari Perancak Kabupaten Jembrana Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 4(1): 31-37.
- Kushardono, D. 2021. Application of LAPAN A3 satellite data for the identification of paddy fields using Object Based Image Analysis (OBIA). *International Journal of Remote Sensing and Earth Sciences*. 18(1): 33–42.
- Kusumaningrum, T. E., dan Sukojo, B. M. 2013. Analisa kesehatan mangrove berdasarkan nilai normalized difference vegetation index menggunakan citra ALOS AVNIR-2. *Geoid*. 9(2): 142–149.
- Lilik Norvi Purhartanto, 2019. Kajian transformasi indeks vegetasi citra satelit Sentinel-2 untuk estimasi produksi daun kayu putih menggunakan Linear spectral mixtrue analysis. *Jurnal Nasional Teknologi Terapan*. 3(1): 47-70.
- Lillesand, T. M. And Kiefer. 1990. *Penginderaan Jauh dan Interpretasi Citra*. Alih Bahasa Dulbahri, P., Suharsono, Hartono, Suharyadi. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 725 hal.
- Lo, C. P., dan Purbowaseso, B. 1996. *Pengindraan jauh terapan*. Penerbit Universitas Indonesia. Jakarta. 354 hal.
- Marini, Y. 2014. Perbandingan metode klasifikasi supervised maximum likelihood dengan klasifikasi berbasis objek untuk Inventarisasi lahan tambak di Kabupaten Maros. *Prosiding Seminar Nasional Pengindraan Jauh 2014*. 21 April 2014. Bogor. Indonesia. Bogor. Hal 505-516.
- Mairing, J. P. 2019. *Statistika Pendidikan; konsep dan penerapannya menggunakan minitab dan microsoft excel*. Penerbit Andi. Yogyakarta. 362 hal.
- Misbahul, D.P., Elis, I., dan Muhammad, Z. 2022. Sebaran sedimen dasar perairan dan pola arus laut di muara Sungai Loji Pekalongan. *Indonesia Journal of Oceanography (IJOCE)*. 04 (03): 22 – 32.
- Muhsoni, F. F. 2009. Pemetaan kerapatan mangrove di Kepulauan Kangean menggunakan algoritma NDVI. *Jurnal Ilmu Kelautan Universitas Trunojoyo*. 10: 23-31.

- Nurdin, N., Akbar, M., and Patittingi, F. 2015. Dynamic of mangrove cover change with anthropogenic factors on small island, Spermonde Archipelago. *Remote Sensing of the Ocean, Sea Ice, Coastal Waters, and Large Water Regions 2015*. 9638: 161–171.
- Prameswari, A. A. S. R., Hariyanto, T., dan Sidik, F. 2015. Analisis indeks vegetasi mangrove menggunakan citra satelit ALOS AVNIR-2 (Studi kasus Estuari Perancak, Bali). *Geoid*. 11(1): 40–45.
- Pratama, I. G. M. Y., Karang, I. W. G. A., dan Suteja, Y. 2019. Distribusi spasial kerapatan mangrove menggunakan citra Sentinel-2A di Tahura Ngurah Rai Bali. *Journal of Marine and Aquatic Sciences*. 5(2): 192.
- Purnamawati, P., Dewantoro, E., Sadri, S., dan Vatria, B. 2007. Manfaat hutan mangrove pada ekosistem pesisir (studi kasus Di Kalimantan Barat). *Media Akuakultur*. 2(1): 156–160.
- Purwanto, A. 2015. Pemanfaatan citra Landsat 8 untuk identifikasi normalized difference vegetation index (NDVI) di Kecamatan Silat Hilir Kabupaten Kapuas Hulu. *Edukasi Jurnal Pendidikan*. 13(1): 27–36.
- Richards, D. R., and Friess, D. A. 2016. Rates and drivers of mangrove deforestation in Southeast Asia, 2000–2012. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 113(2): 344–349.
- Risma, Y. 2021. *Komposisi Jenis dan Kerapatan Mangrove dikawasan Hutan Mangrove Desa Sriminosari Kecamatan Labuhan Maringgai Kabupaten Lampung Timur*. (Skripsi). Fakultas Tarbiyah dan Keguruan. Universitas Islam Negeri Raden Intan Lampung. Lampung. 65 hal.
- Sahidin, A., Zahidah, Z., Hamdani, H., Riyantini, I., dan Sewiko, R. 2018. The biodiversity of gastropods in Karapyak Rocky Shores, Pangandaran Region, West Java Province, Indonesia. *Omni-Akuatika*. 14(2): 79–85.
- Santoso, N. 2000. Pola pengawasan ekosistem mangrove. Makalah Disampaikan Pada Lokakarya Nasional Pengembangan Sistem Pengawasan Ekosistem Laut Tahun 2000. Jakarta. Indonesia.
- Saparinto, C. 2007. *Pendayagunaan Ekosistem Mangrove*. Dahara Prize. Semarang. 233 hal.
- Sari, Y. P., Salampessy, M. L., dan Lidiawati, I. 2018. Persepsi masyarakat pesisir dalam pengelolaan ekosistem hutan mangrove di Muara Gembong Bekasi Jawa Barat. *Perennial*. 14(2): 78–85.

- Setiawan, H. 2013. Status ekologi hutan mangrove pada berbagai tingkat ketebalan. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 2(2): 104–120.
- Susilo, S. B. 2000. *Penginderaan Jauh Terapan*. Fakultas Perikanan Dan Ilmu Kelautan. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 78 hal.
- Suwargana, N. 2008. Analisis perubahan hutan mangrove menggunakan data penginderaan jauh di Pantai Bahagia, Muara Gembong, Bekasi. *Jurnal Penginderaan Jauh*. 5(1): 64–74.
- Udianto, M. 2017. *Penilaian Ekonomi Hutan Mangrove Muara Sekampung (Register 15) Sebagai Sumberdaya Pesisir Kecamatan Pasir Sakti, Kabupaten Lampung Timur*. (Tesis). Universitas Lampung. 101 hlm.
- Utari, Dwi Retno. 2017. Pengembangan atraksi wisata berdasarkan penilaian dan preferensi wisatawan di kawasan mangrove Karangsong, Kabupaten Indramayu. *Jurnal Manajemen Resort Dan Leisure*. 14(2): 83–99.
- Wibowo, T. S., dan Suharyadi, R. S. 2012. Aplikasi object-based image analysis (OBIA) untuk deteksi perubahan penggunaan lahan menggunakan Citra Alos AVNIR-2. *Jurnal Bumi Indonesia*. 1(3).
- Winarso G, Purwanto AD. 2014. Pendekatan baru indeks kerusakan mangrove menggunakan data penginderaan jauh. deteksi parameter geobiofisik dan diseminasi penginderaan jauh. *Prosiding Seminar Nasional Pengindraan Jauh 2014*. 21 April 2014. Bogor. Indonesia. Bogor. Hal 368-379.
- Wiwik, K., I Made, Y., dan Ni Nyoman, R. 2022. Pengenalan pola reflektansi spektral di teluk benoa sebagai indikator perubahan kerapatan mangrove berbasis citra Landsat 8. *Bulletin Fisika*. 23(1):51-59.
- Yuliansamaya., Darmawan, A. dan Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(3):111-124.