

**PENILAIAN PERUBAHAN KESEHATAN HUTAN MANGROVE  
SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA DI PESISIR TIMUR  
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

**(TESIS)**

**Oleh**

**FERDY ARDIANSYAH  
NPM 1924151002**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

## **ABSTRAK**

### **PENILAIAN PERUBAHAN KESEHATAN HUTAN MANGROVE SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA DI PESISIR TIMUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

**Oleh**

**FERDY ARDIANSYAH**

Hutan mangrove merupakan ekosistem hutan yang menjadi salah satu pertahanan terbaik untuk menjaga kawasan pesisir, sehingga hutan mangrove menjadi penting dalam menjaga ekosistem pantai dan laut. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis perubahan nilai indikator ekologis kesehatan hutan (vitalitas, biodiversitas dan kualitas tapak) serta menganalisis perubahan nilai kesehatan hutan mangrove sebagai upaya mitigasi bencana di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur. Penilaian kesehatan hutan dilakukan dengan teknik *Forest Health Monitoring* (FHM) yang dilakukan di Taman Nasional Way Kambas (TNWK), Margasari, dan Pasir Sakti. Data primer antara lain dengan memperhitungkan perubahan nilai kerusakan pohon tingkat klaster plot (*Cluster Level Index-CLI*), kondisi tajuk dengan memperhitungkan nilai visual tajuk (*Visual Crown Rating-VCR*), biodiversitas, dan kualitas tapak dengan memperhitungkan nilai Kapasitas Tukar Kation (KTK), selanjutnya dianalisis untuk menentukan perubahan nilai kesehatan hutan (NKH).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa perubahan NKH mangrove bernilai negatif, yaitu (-0,18). Nilai ini menggambarkan bahwa kondisi hutan mangrove di pesisir timur, Kabupaten Lampung Timur menjadi semakin buruk dalam kurun waktu dua tahun. Kesimpulan penelitian ini adalah parameter kerusakan pohon mengalami perubahan sebesar (0,11) yang menggambarkan bahwa bertambah rusaknya pohon di hutan mangrove. Parameter kondisi tajuk memburuk dengan nilai (-0,12). Perubahan pada indikator kualitas tapak adalah (1,16) yang menggambarkan bahwa nilai KTK cenderung naik. Pada indikator biodiversitas adalah nihil. Perubahan NKH mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur sebesar (-0,18), sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi kesehatan hutan mangrove semakin buruk. Oleh sebab itu, sebagai salah satu upaya mitigasi bencana

Ferdy Ardiansyah  
maka diperlukan langkah strategis untuk memulihkan kondisi kesehatan hutan dengan cara melakukan rehabilitasi hutan mangrove.

Kata kunci: hutan mangrove, kesehatan hutan, mitigasi bencana, perubahan kesehatan hutan, Lampung Timur

## **ABSTRACT**

### **CHANGES ASSESSMENT OF MANGROVE FOREST HEALTH AS A DISASTER MITIGATION EFFORT IN THE EAST COASTAL, EAST LAMPUNG REGENCY**

**By**

**FERDY ARDIANSYAH**

*Mangrove forest is a ecosystem that is one of the best defenses to protect coastal areas, so that mangrove forests play an important role in maintaining coastal and marine ecosystems. This study aims to analyze changes the value of ecological indicators of mangrove forest health (vitality, biodiversity, and site quality) and to analyze changes in the health value of mangrove forests as an effort to mitigate disasters on the east coast of East Lampung Regency. Forest health assessment was carried out using the Forest Health Monitoring (FHM) technique in Way Kambas National Park (WKNP), Margasari, and Pasir Sakti. Primary data, among others, by taking into account changes in the value of tree damage at the cluster level plot (Cluster Level Index-CLI), canopy conditions by taking into account the visual crown rating (VCR), biodiversity, and site quality by taking into account the value of Cation Exchange Capacity (CEC), then analyzed to determine changes in Forest Health Value (FHV). The results showed that changes in mangrove NKH tend to be negative, namely (-0.18). This value illustrates that the condition of mangrove forests on the East coast, East Lampung Regency has become worse in the past two years. Therefore, it is necessary to take strategic steps to restore the health condition of mangrove forests as one of the disaster mitigation efforts on the east coast of East Lampung Regency. The conclusion of this study is that the parameter of tree damage has changed with a value of (0.11) which illustrates that tree damage in mangrove forests tends to increase. The header condition parameter changes with a value of (-0.12) which illustrates that the canopy condition tends to get worse. The change in the site quality indicator is (1.16) which illustrates that the CEC value tends to increase. The biodiversity indicator is nil . The change in mangrove NKH on the east coast of East Lampung Regency is (-0.18), so it can be said that the health condition of mangrove forests on the east coast of East Lampung Regency is getting worse. Therefore, as one of the disaster mitigation efforts, strategic steps are needed to restore forest health conditions by rehabilitating mangrove forests.*

*Keywords: mangrove forest, forest health, disaster mitigation, forest health change, East Lampung*

**PENILAIAN PERUBAHAN KESEHATAN HUTAN MANGROVE  
SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA DI PESISIR TIMUR  
KABUPATEN LAMPUNG TIMUR**

Oleh

**FERDY ARDIANSYAH**

Tesis

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
MASTER KEHUTANAN**

Pada

**Program Studi Magister Kehutanan  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**PROGRAM STUDI MAGISTER KEHUTANAN  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2022**

Judul Tesis : PENILAIAN PERUBAHAN KESEHATAN HUTAN MANGROVE SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA DI PESISIR TIMUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR

Nama Mahasiswa : Ferdy Ardiansyah

Nomor Pokok Mahasiswa : 1924151002

Jurusan : Magister Kehutanan

Fakultas : Pertanian



Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P.  
NIP 196906011998021002

Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si.  
NIP 196912172005011002

2. Ketua Program Studi Magister Kehutanan

Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.  
NIP 197601232006041001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua** : Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si.



**Sekretaris** : Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P.



**Anggota** : Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si.



**Penguji I  
Bukan Pembimbing** : Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si.



**Penguji II  
Bukan Pembimbing** : Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P.

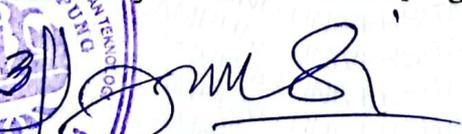


**Prof. Dr. Ir. Irtwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP 196110201986031002



**3. Direktur Pascasarjana Universitas Lampung**

**Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T.**  
NIP 197104151998031005



**Tanggal Lulus Ujian Tesis: 02 September 2022**

## PERNYATAAN

Dengan ini saya menyatakan dengan sebenarnya bahwa:

1. Tesis dengan judul **“PENILAIAN PERUBAHAN KESEHATAN HUTAN MANGROVE SEBAGAI UPAYA MITIGASI BENCANA DI PESISIR TIMUR KABUPATEN LAMPUNG TIMUR”** adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan penjiplakan atas karya penulis lain dengan cara yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik atau yang disebut plagiarisme.
2. Hak intelektual atas karya ini diserahkan sepenuhnya kepada Universitas Lampung.

Atas Pernyataan ini, apabila dikemudian hari ternyata ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung akibat dan sanksi yang diberikan kepada saya. Saya bersedia dan sanggup dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung, 01 Januari 2023

buat pernyataan,



*Ferdy Ardiansyah*  
Ferdy Ardiansyah  
NPM 1924151002

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Rajabasa Lama pada tanggal 15 Oktober 1995 dari pasangan Bapak Subagio (alm) dan Ibu Zubaidah. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara. Pada tahun 2007, penulis menyelesaikan pendidikan sekolah dasarnya di SDN 2 Rajabasa Lama, menyelesaikan pendidikan menengah pertamanya di SMPN 1 Labuhan Ratu pada tahun 2010, dan menyelesaikan pendidikan menengah atas di SMAN 1 Way Jepara pada tahun 2013. Pada tahun 2019 penulis menyelesaikan pendidikan taraf strata satu dan mendapatkan gelar Sarjana Kehutanan (S.Hut)

Pada tahun 2013, penulis pernah terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui program Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) jalur undangan. Selama kuliah, penulis dibiayai oleh Kementerian Riset, Teknologi, dan Pendidikan Tinggi melalui program beasiswa BIDIKMISI selama delapan semester. Penulis juga pernah aktif berorganisasi di Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (HIMASYLVA). Penulis pernah menjadi asisten dosen pada mata kuliah Kesehatan Hutan.

Pada tahun 2019 penulis melanjutkan studi pada taraf strata dua di Program Studi Magister Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis terdaftar sebagai mahasiswa pascasarjana di Program Studi Magister Kehutanan melalui jalur reguler. Selama menjadi mahasiswa pascasarjana penulis aktif di berbagai kegiatan konsultasi di PT Arsindo Karya dalam pekerjaan Rehabilitasi Hutan dan Lahan (RHL) di wilayah kerja Balai Pengelolaan Daerah Aliran Sungai dan

Hutan Lindung (BPDASHL) Way Seputih Way Sekampung sebagai tenaga teknis pengawas dan penilai kegiatan RHL. Pada tahun 2020 sampai dengan 2021 penulis masih aktif sebagai tenaga teknis pengawas dan penilai di PT Arsindo Karya pada pekerjaan RHL di wilayah kerja BPDASHL Sei Jang Duriangkang, Kepulauan Riau.

Pada tahun 2020, penulis membuat paper yang berjudul “*Analysis Of Changes In Health Of Coastal Mangrove Forest On The East Coast Of Lampung*” yang dipresentasikan secara online pada 2<sup>nd</sup> Annual Conference On Health And Food Science Technology yang diselenggarakan oleh PT. Kresna Aditya Nusantara Mediatama dan Relawan Jurnal Indonesia. Paper tersebut dipublikasikan di IOP Conference Series: Earth and Environmental Science.

Sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Master Kehutanan, penulis melanjutkan penelitian “Penilaian Kesehatan Hutan Mangrove Menggunakan Teknik *Forest Health Monitoring* (FHM)” yang dilakukan pada program sarjana dengan judul “Penilaian Perubahan Kesehatan Hutan Mangrove sebagai Upaya Mitigasi Bencana di Pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur.

*Bismillaahirohmaanirrohiim  
Alhamdulillahirobbil'alamiin  
Aku persembahkan karyaku ini kepada ibuku tersayang serta almarhum ayah  
semoga menjadi amal jariyah untuknya*

## SANWACANA

*Bismillaahirrohmaanirrohiim.*

*Alhamdulillahirabbil'alamin*, segala puji dan syukur selalu penulis panjatkan kehadirat Allah SWT yang telah memberikan karunia-Nya, tiada daya dan upaya melainkan atas kehendak Allah SWT sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang berjudul “Penilaian Perubahan Kesehatan Hutan Mangrove Sebagai Upaya Mitigasi Bencana di Pesisir Pantai Timur Kabupaten Lampung Timur”. Tesis ini diajukan sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Master Kehutanan di Universitas Lampung. Tidak lupa sholawat serta salam selalu tersanjung agungkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW.

Atas terselesaikannya tesis ini, penulis menyadari tanpa bantuan, dukungan, bimbingan, dan motivasi dari berbagai pihak penulis tidak akan pernah dapat menyelesaikan tesis ini secara mandiri. Oleh sebab itu, dengan kerendahan hati penulis mengucapkan terimakasih kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian tesis penulis. Ucapan terimakasih penulis sampaikan kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Prof. Dr. Ir. Ahmad Saudi Samosir, S.T., M.T. selaku Direktur Program Pascasarjana Universitas Lampung.
3. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sekaligus sebagai pembahas dan penguji pertama yang telah memberikan saran, arahan, kritik, serta ilmu kepada penulis.

4. Bapak Dr. Rahmat Safe'i, S.Hut., M.Si. selaku Ketua Program Studi Magister Kehutana sekaligus pembimbing pertama yang telah bersedia dan sabar untuk membimbing, memberikan kritik, saran, serta nasihat kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesisnya.
5. Ibu Dr. Melya Riniarti, S.P., M.Si., selaku Pembimbing Akademik penulis selama menjadi mahasiswa di Program Studi Magister Kehutanan yang telah memberikan arahan dan motivasi kepada penulis.
6. Bapak Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P. selaku pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, motivasi serta nasihat kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesisnya.
7. Bapak Dr. Ir. Gunardi Djoko Winarno, M.Si. selaku pembimbing ketiga yang telah memberikan bimbingan, kritik, saran, motivasi serta nasihat kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesisnya.
8. Bapak Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. selaku pembahas dan penguji pertama penulis yang senantiasa memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesisnya.
9. Ibu Prof. Dr. Ir. Christine Wulandari, M.P. selaku pembahas dan penguji pertama penulis yang senantiasa memberikan arahan, kritik dan saran kepada penulis hingga penulis dapat menyelesaikan tesisnya.
10. Uwak Kesuma Wijaya S.Hut yang senantiasa memberikan arahan, ilmu, motivasi, dan bantuan kepada penulis.
11. Kasetuan Pengelolaan Hutan Lindung (KPHL) Gunung Balak, Kecamatan Way Jepara, Lampung Timur, yang telah memberikan izin kepada penulis melakukan penelitian di wilayah kerja KPHL Gunung Balak.
12. Bapak Samsudin selaku ketua kelompok tani Mutiara Hijau I yang telah memberikan tempat tinggal, arahan, dan bantuan selama pengambilan data.
13. Ayah (alm) dan ibu penulis yang telah membesarkan penulis dan mendukung segala hal yang penulis butuhkan dalam hidup penulis.
14. apt. Nafi'ah Ema Suryani, S.Farm. selaku orang spesial penulis yang selalu mendukung, memotivasi, dan mensupport penulis dalam penyelesaian tesis.

15. Teman-teman terdekat penulis yang telah mendukung dan memotivasi penulis dalam penyelesaian tesis.
16. Berbagai pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu-persatu yang telah membantu, mendukung, memotivasi penulis dalam penyelesaian tesis.

Penulis sangat menyadari bahwa dalam penulisan tesis ini jauh dari kata sempurna, oleh sebab itu penulis akan sangat senang bila dapat menerima kritik dan saran yang sifatnya membangun agar tesis ini menjadi lebih baik dan dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung, 16 Juni 2023

**Ferdy Ardiansyah**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	vi
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	ix
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	5
1.3. Manfaat Penelitian.....	5
1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian .....	5
1.5. Kerangka Pemikiran .....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1. Deskripsi Umum Lokasi Penelitian.....	7
2.2. Hutan Mangrove.....	9
2.3. Karakteristik Hutan Mangrove.....	10
2.4. Fungsi dan Manfaat Hutan Mangrove.....	10
2.5. Mitigasi Bencana.....	12
2.6. Kesehatan Hutan .....	12
2.7. <i>Forest Health Monitoring</i> (FHM).....	13
2.8. Penyebab Kerusakan Pohon .....	<b>Error! Bookmark not defined.</b>
2.9. Tipe-tipe Kerusakan pada Pohon .....	17
2.10. Tajuk Pohon .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	20
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	20
3.2. Bahan dan Alat Penelitian .....	21
3.3. Metode.....	21
3.3.1. Penentuan jumlah dan letak klaster-plot FHM hutan mangrove .....	21
3.3.2. Pembuatan klaster-plot FHM hutan mangrove .....	22
3.3.3. Pengumpulan data .....	23
3.3.4. Analisis data .....	29
<b>VI. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	33
4.1. Indikator Vitalitas.....	34
4.1.1. Perubahan kondisi kerusakan pohon .....	34
4.1.2. Perubahan kondisi tajuk .....	39

4.2. Indikator Biodiversitas .....	44
4.3. Indikator Kualitas Tapak .....	45
4.4. Perubahan Nilai Kesehatan Hutan (NKH) .....	47
4.5. Kesehatan Hutan Mangrove Sebagai Upaya Mitigasi Bencana....	50
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>50</b>
5.1. Kesimpulan.....	50
5.2. Saran.....	50
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 1. Kode lokasi kerusakan pohon penyusun hutan mangrove.....	25
Tabel 2. Kode tipe kerusakan pohon penyusun hutan mangrove dan nilai ambang keparahannya .....	25
Tabel 3. Kode dan kelas nilai ambang keparahan .....	26
Tabel 4. Kode dan kelas nilai LCR, Cden, FT, dan DB .....	27
Tabel 5. Nilai pembobotan pada tiap kode lokasi, tipe, dan tingkat keparahan pohon penyusun hutan mangrove .....	30
Tabel 6. Kriteria kondisi tajuk (dikembangkan oleh Putra, 2004) .....	30
Tabel 7. Nilai VCR individu pohon.....	31
Tabel 8. Nilai tertimbang.....	32
Tabel 9. Data hasil analisis kerusakan pohon tingkat klaster plot (Cluster Level Index-CLI) di lokasi (Taman Nasional Way Kambas) TNWK, Margasari, dan Pasir Sakti .....	34
Tabel 10. Data hasil analisis perubahan kondisi tajuk (VCR) di lokasi TNWK, Margasari, dan Pasir Sakti .....	40
Tabel 11. Hasil analisis kondisi perubahan indikator biodiversitas pada tiap lokasi klaster plot.....	45
Tabel 12. Hasil analisis kondisi perubahan kualitas tapak pada tiap lokasi klaster plot. ....	46
Tabel 13. Perubahan nilai pada setiap parameter kesehatan hutan mangrove di pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur .....	47
Tabel 14. Hasil analisis perubahan nilai kesehatan hutan (NKH) pada tiap lokasi klaster plot.....	48
Tabel 15. Data Jenis dan dimensi pohon Klaster Plot 1 TNWK .....	63
Tabel 16. Data jenis dan dimensi pohon mangrove klaster plot 2 TNWK.....	64

Tabel 17.	Data kerusakan pohon di klaster plot 1 TNWK .....	65
Tabel 18.	Data kerusakan pohon di klaster plot 2 TNWK .....	66
Tabel 19.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 TNWK.....	68
Tabel 20.	Data kondisi tajuk di klaster plot 2 TNWK.....	69
Tabel 21.	Data jenis pohon di klaster plot 1 TNWK.....	70
Tabel 22.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 2 TNWK pada pengukuran kedua .....	71
Tabel 23.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 1 TNWK pada pengukuran kedua.....	73
Tabel 24.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 2 TNWK pada pengukuran kedua.....	74
Tabel 25.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 TNWK pada pengukuran kedua.....	75
Tabel 26.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 2 TNWK pada pengukuran kedua.....	76
Tabel 27.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 1 Margasari .....	77
Tabel 28.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 2 Margasari .....	80
Tabel 29.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Margasari .....	82
Tabel 30.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Margasari .....	85
Tabel 31.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Margasari...	87
Tabel 32.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Margasari...	90
Tabel 33.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 1 Desa Margasari pada pengukuran kedua.....	91
Tabel 34.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 2 Desa Margasari pada pengukuran kedua.....	93
Tabel 35.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Margasari pada pengukuran kedua .....	95
Tabel 36.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Margasari pada pengukuran kedua .....	97
Tabel 37.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Margasari pada pengukuran ke-2 .....	100

Tabel 38.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Margasari pada pengukuran kedua .....	101
Tabel 39.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 1 Desa Pasir Sakti pengukuran pertama .....	103
Tabel 40.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pengukuran pertama .....	105
Tabel 41.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Pasir Sakti ada pengukuran pertama.....	108
Tabel 42.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pada pengukuran pertama.....	110
Tabel 43.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Pasir Sakti pada pengukuran pertama.....	113
Tabel 44.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pada pengukuran pertama.....	115
Tabel 45.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 1 Desa Pasir Sakti pengukuran kedua.....	117
Tabel 46.	Data jenis pohon mangrove klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pengukuran kedua.....	119
Tabel 47.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Pasir Sakti pada pengukuran kedua .....	122
Tabel 48.	Data kerusakan pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pada pengukuran kedua .....	124
Tabel 49.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 1 Desa Pasir Sakti pada pengukuran kedua .....	126
Tabel 50.	Data kondisi tajuk pohon mangrove di klaster plot 2 Desa Pasir Sakti pada pengukuran kedua .....	128

## DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran penelitian. ....	8
Gambar 2. Peta lokasi penelitian. ....	20
Gambar 3. Desain bentuk klaster-plot FHM (Mangold, 1997). ....	23
Gambar 4. Lokasi kerusakan pohon penyusun hutan mangrove <i>Avicennia</i> sp dan <i>Rhizophora</i> sp (diadaptasi dari Mangold, 1997).....	24
Gambar 5. Grafik perubahan kondisi kerusakan pohon di lokasi TNWK.....	35
Gambar 6. Grafik perubahan kondisi kerusakan pohon di Desa Margasari ..	36
Gambar 7. Grafik perubahan kondisi kerusakan pohon di Desa Pasir Sakti .	37
Gambar 8. (a). Lubang-lubang yang disebabkan oleh serangga, (b). Resinosis yang disebabkan oleh serangga. ....	39
Gambar 9. Grafik perubahan kondisi tajuk di lokasi TNWK. ....	41
Gambar 10. Grafik perubahan kondisi tajuk di lokasi Desa Margasari. ....	42
Gambar 11. Grafik perubahan kondisi tajuk di lokasi Desa Pasir Sakti. ....	42
Gambar 12. (a). Ulat kantong yang menyerang daun <i>avicennia</i> sp., (b). Kerusakan daun akibat ulat kantong.....	43
Gambar 13. Grafik perubahan nilai kesehatan hutan mangrove. ....	50
Gambar 14. Kerusakan luka terbuka.....	60
Gambar 15. Pengukuran diameter pohon mangrove jenis <i>Rhizophora</i> sp. ....	60
Gambar16. Pengukuran jarak pohon dengan titik pusat plot.....	61

Gambar 17. Pengambilan sampel tanah pada plot ukur tanah .....	61
Gambar 18. Pengukuran lebar tajuk pohon mangrove.....	62
Gambar 19. Kerusakan kanker pada pohon jenis Rizhophora sp.....	62

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Hutan mangrove adalah suatu komunitas tetumbuhan yang memiliki habitat di kawasan pesisir pantai, muara ataupun wilayah estuaria. Hutan mangrove memiliki fungsi sosio-kultural, ekonomis, dan ekologis (Latupapua *et. al.*, 2019; Patang, 2012; Mustika *et. al.*, 2017). Adapun fungsi sosio-kultural yaitu sebagai tempat untuk membangun hubungan sosial antara masyarakat lokal dengan hutan mangrove (Latupapua *et. al.*, 2019). Fungsi ekonomis hutan mangrove yaitu dapat dijadikan lokasi penangkapan ikan, udang, dan kepiting sebagai sumber pendapatan masyarakat dari hasil hutan bukan kayu, industri rumah tangga, penghasil bibit, dan sebagai objek ekowisata (Latupapua *et. al.*, 2019; Fadhila *et. al.*, 2015). Fungsi ekologis hutan mangrove yaitu dapat menjadi habitat dan tempat pemijahan (*spawning ground*) biota laut, perlindungan wilayah pantai dan pesisir, menyerap karbon (Windari, *et. al.*, 2018), mencegah abrasi, mencegah intrusi air laut dan peredam gelombang air laut (Naharuddin, 2020; Umayah *et. al.*, 2016; Mustika *et. al.*, 2017). Oleh sebab itu, peranan hutan mangrove penting untuk mendukung konservasi ekosistem laut dan pembangunan wilayah pesisir (Julaikha, 2017; Susilawati *et. al.*, 2018). Selain itu, hutan mangrove juga dapat menjadi salah satu pertahanan terbaik untuk menjaga kawasan pesisir (Achmad *et. al.*, 2020; Safe'i, 2020). Berdasarkan hal tersebut, hutan mangrove dapat menjadi salah satu faktor penting dalam mitigasi bencana di wilayah pesisir.

Wilayah pesisir merupakan wilayah penting bagi masyarakat yang menggantungkan hidup pada wilayah tersebut. Namun, pada dasarnya wilayah pesisir merupakan wilayah yang cenderung dinamis. Hal ini dikarenakan adanya faktor yang dapat mengganggu dan merusak wilayah tersebut seperti faktor

bencana alam (Waluyo, 2021). Undang-undang Nomor 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana menyebutkan bahwa bencana alam merupakan bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Dengan adanya bencana alam maka dapat mengancam dan mengganggu kehidupan masyarakat yang berada di pesisir. Namun demikian, di wilayah pesisir terdapat benteng alami yang mampu mengurangi dampak dari bencana alam yaitu ekosistem hutan mangrove.

Ekosistem hutan mangrove di wilayah pesisir berperan penting dalam menjaga kestabilannya khususnya dalam mempertahankan wilayah pesisir dari gangguan bencana alam. Indonesia memiliki hutan mangrove yang cukup luas. Data yang dikeluarkan oleh Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan melalui Peta Mangrove Nasional (PMN) bahwa hutan mangrove Indonesia tahun 2021 adalah seluas 3.364.080 Ha. Di Provinsi Lampung memiliki ekosistem hutan mangrove 10.533,676 ha (Ghufran dan Kordi 2012). Akan tetapi, di sisi lain hutan mangrove yang cukup luas ini sedang terancam keberadaannya tidak terkecuali di pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur. Hutan mangrove di pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur saat ini banyak mengalami kerusakan. Kerusakan yang terjadi seringkali disebabkan oleh aktifitas manusia, misalnya konversi areal mangrove sebagai lahan pertanian, pemukiman, dan pertambakan. Padahal, akibat dari aktifitas tersebut masyarakat akan merasakan dampak dari hilangnya keberadaan hutan mangrove (Yuliasamaya *et. al.*, 2014; Umayah *et. al.*, 2016; Mustika, 2017).

Wilayah pesisir yang paling luas di Provinsi Lampung adalah wilayah pesisir timur yaitu seluas 270.000 ha (Amelia *et. al.*, 2020). Wilayah pesisir timur, salah satunya mencakup wilayah pesisir Kabupaten Lampung Timur. Pesisir timur Kabupaten Lampung Timur memiliki hutan mangrove cukup luas yang mencakup wilayah Kecamatan Pasir Sakti, Kecamatan Labuhan Maringgai, dan kawasan Taman Nasional Way Kambas (TNWK). Akan tetapi, wilayah tersebut mengalami perubahan terhadap tutupan hutan mangrove yang cenderung menurun (Yuliasamaya *et. al.*, 2014).

Penurunan luasan tutupan hutan mangrove dapat meningkatkan potensi bencana alam (Hamzah *et. al.*, 2020). Bencana alam yang dapat timbul akibat hutan mangrove yang rusak adalah abrasi, infiltrasi, terpaan angin laut yang kuat, terjangan gelombang air laut, pemanasan global dan perubahan iklim (Harudu *et. al.*, 2021; Hamzah *et. al.*, 2020). Padahal, hutan mangrove di pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur dapat dijadikan sebagai benteng alami dalam mitigasi bencana di wilayah tersebut. Mitigasi bencana berdasarkan definisi dari UU 24 Tahun 2007 adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Oleh sebab itu, maka kerusakan hutan mangrove di pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur perlu ditangani secara cepat dan tepat, terutama pada aspek biofisik agar dapat menjadi salah satu upaya mitigasi bencana di wilayah pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur. Berdasarkan data hasil kajian mitigasi bencana (Hidayati, *et. al.*, 2021) bahwa bencana yang sering terjadi di wilayah pantai timur Kabupaten Lampung Timur adalah angin puting beliung dan banjir.

Adapun salah satu cara untuk penanganan kerusakan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur yang terus terjadi adalah melakukan pemantauan perubahan kesehatan hutan mangrove. Pemantauan perubahan kesehatan hutan mangrove merupakan metode yang digunakan untuk mengetahui kondisi perubahan kesehatan hutan mangrove yang dilakukan secara periodik (Safe'i, 2021). Pemantauan perubahan hutan mangrove ini dapat dilakukan dengan menggunakan teknik Pemantauan Kesehatan Hutan (*Forest Health Monitoring-FHM*). *Forest Health Monitoring* merupakan suatu metode untuk menilai, memantau, dan melaporkan status saat ini, perubahan, dan kecenderungan yang terjadi untuk jangka panjang kondisi kesehatan hutan menggunakan indikator-indikator ekologis yang terukur (Mangold, 1997). Indikator-indikator ekologis yang terukur merupakan indikator yang digunakan yang telah disesuaikan terhadap kondisi ekosistem setempat, yang bersifat dinamis, adaptif, dan menjamin kelestarian sumberdaya hutan (Safe'i, 2015). Indikator-indikator ekologis yang digunakan pada hutan mangrove adalah

vitalitas, kualitas tapak, dan biodiversitas (Apriliyani *et. al.*, 2020; Safei, *et. al.*, 2019).

Pemantauan perubahan kesehatan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur penting untuk dilakukan dalam rangka mengetahui perubahan terhadap kondisi kesehatan hutan, sejauhmana kesehatan hutan dapat digambarkan dengan angka dan data sehingga dapat memberikan informasi mengenai kesehatan hutan yang sesungguhnya di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur. Perubahan hutan yang signifikan menjadi lebih baik patut dipertahankan apa saja yang telah dilakukan pengelola untuk menjadikan hutan mangrove jauh lebih sehat, bahkan perlu ditingkatkan lagi usaha dalam menjaga kesehatan hutan supaya meningkatkan manfaat, sebagai percontohan bagi pengelola hutan mangrove yang lain atau menjadi tempat wisata dan edukasi yang menarik bagi warga sekitar yang tak kalah penting adalah sebagai mitigasi bencana, perisai atau pelindung yang kuat di daerah pesisir. Hutan dengan tingkat kesehatannya rendah perlu dievaluasi dan dicari akar permasalahan kenapa kesehatan hutan menurun serta perlu dikembangkan solusi yang mampu menyelesaikan masalah yang ada. Bagaimanapun juga perlu diingat bahwa hutan mangrove adalah sistem perlindungan alami yang berada di garda terdepan untuk melindungi daratan dari gerusan ombak air laut dan melindungi kehidupan ekosistem di sekitarnya. Jika hutan mangrove itu rusak maka hilang juga pertahanan dari bencana alam yang mungkin ditimbulkannya. Perubahan kesehatan hutan mangrove yang dilihat dari data menjadi sumber informasi dan acuan oleh manajemen untuk mengambil langkah dalam mengelola hutan mangrove sebagai upaya mitigasi bencana di wilayah pesisir khususnya pesisir timur Kabupaten Lampung Timur.

## 1.2. Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Menganalisis perubahan nilai indikator ekologis kesehatan hutan mangrove (vitalitas, biodiversitas, dan kualitas tapak) di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur.
2. Menganalisis perubahan nilai kesehatan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung sebagai upaya mitigasi bencana.

## 1.3. Manfaat Penelitian

Manfaat penelitian ini adalah guna memberikan referensi keilmuan, data, dan informasi mengenai perubahan kesehatan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur kepada *stakeholder* guna pengambilan keputusan manajemen dalam rangka upaya mitigasi bencana di wilayah pesisir timur Kabupaten Lampung Timur. Penelitian ini juga memberikan manfaat bagi peneliti lain sebagai langkah untuk melanjutkan penelitian terhadap kecenderungan yang terjadi pada kesehatan hutan mangrove di pesisir pantai timur Kabupaten Lampung Timur.

## 1.4. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian

Lokasi penelitian sebagai batasan dari tesis ini adalah kawasan hutan mangrove di pesisir timur yang terletak di Kabupaten Lampung Timur tepatnya berada di 3 (tiga) Kecamatan yaitu Kecamatan Labuhan Maringgai, Kecamatan Pasir Sakti, dan kawasan Taman Nasional Way Kambas. Metode pengukuran menggunakan teknik *Forest Health Monitoring* (FHM). Beberapa teknik FHM menurut Mangold (1997) yaitu:

1. Memantau kesehatan hutan dengan memperhatikan tiga indikator ekologisnya, yaitu biodiversitas, vitalitas dan kualitas tapak.
2. Menggunakan plot ukur berupa klaster-plot *Forest Health Monitoring* (FHM).

3. Penetapan sampel klaster-plot FHM menggunakan metode *purposive sampling* dengan kriteria sampel berdasarkan klasifikasi jenis dan strata tajuk pohon mangrove.

### **1.5. Kerangka Pemikiran**

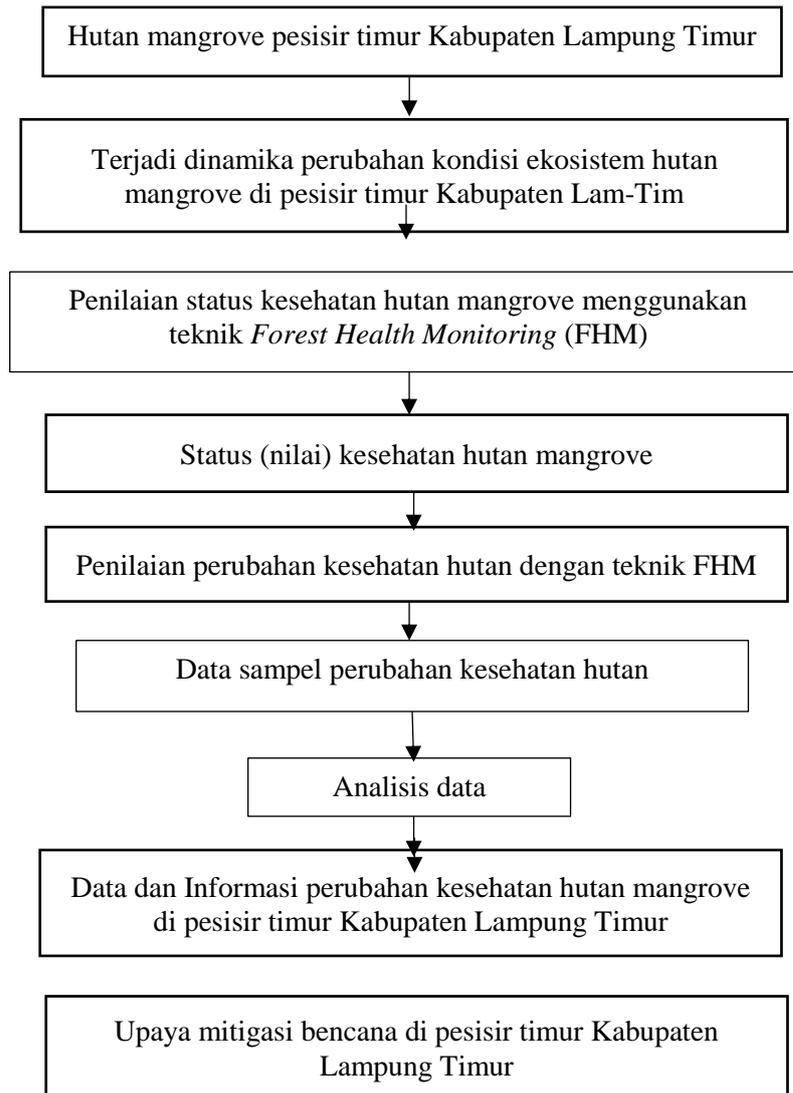
Salah satu manfaat dari hutan mangrove ialah sebagai faktor upaya mitigasi bencana. Bencana alami terhadap ekosistem akibat hutan mangrove yang rusak akan sangat dirasakan oleh makhluk hidup yang berada di wilayah pesisir atau sekitar ekosistem hutan mangrove. Bencana alam akibat hutan mangrove yang rusak dapat terjadi di wilayah pesisir manapun tidak terkecuali di wilayah pesisir timur Kabupaten Lampung Timur yang mencakup pesisir Kecamatan Pasir Sakti, Labuhan Maringgai, dan kawasan TNWK. Kehadiran mangrove yang sehat karena dijaga dan dikelola dengan baik secara tidak langsung meminimalisir kekhawatiran masyarakat terhadap dampak bencana alam, seperti badai, stunami, gelombang dan perubahan iklim. Oleh sebab itu untuk dapat mencegah atau dalam rangka mitigasi bencana alami akibat kerusakan hutan mangrove maka, perlu dilakukan analisis perubahan kesehatan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur.

Penelitian ini dilakukan guna menganalisis perubahan terhadap nilai indikator ekologis kesehatan hutan mangrove (vitalitas, biodiversitas, dan kualitas tapak) di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur serta menganalisis perubahan nilai kesehatan hutan mangrove sebagai upaya mitigasi bencana di pesisir timur Kabupaten Lampung. Dalam penelitian ini teknik yang digunakan adalah teknik pemantauan kesehatan hutan (*Forest Health Monitoring-FHM*).

Perubahan terhadap nilai indikator ekologis dan nilai kesehatan hutan mangrove merupakan nilai perubahan kondisi yang terjadi selama rentang waktu tertentu. Adapun data yang akan dikumpulkan adalah data pengukuran indikator vitalitas (kondisi tajuk dan kerusakan pohon), biodiversitas/keanekaragaman jenis pohon mangrove dan kualitas tapak hutan mangrove (Apriliyani, 2020; Safe'i, 2020; Safei, *et. al.*, 2019).

Penelitian Penilaian Perubahan Kesehatan Hutan Mangrove sebagai Upaya Mitigasi Bencana di Pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur merupakan penelitian lanjutan dari penelitian “Penilaian Status Kesehatan Hutan Mangrove Menggunakan Teknik FHM”. Penelitian tersebut merupakan penelitian untuk mengetahui status kesehatan hutan mangrove. Selain itu, terdapat penelitian-penelitian serupa di lokasi yang sama, sehingga dapat mendukung penelitian Penilaian Perubahan Kesehatan Hutan Mangrove sebagai Upaya Mitigasi Bencana di Pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur.

Data dan informasi perubahan kondisi kesehatan hutan mangrove di pantai timur Kabupaten Lampung Timur dapat digunakan sebagai acuan atau dasar pengambilan keputusan manajemen serta rekomendasi dalam rangka upaya mitigasi bencana akibat rusaknya hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur. Peneliti dan/atau akademisi dapat melanjutkan dan mengembangkan penelitian ini dalam rangka mengetahui kecenderungan terhadap perubahan kondisi kesehatan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur. Harapan kepada siapapun setelah mengetahui sejauhmana kesehatan hutan di Kabupaten Lampung Timur adalah bertambahnya informasi yang meningkatkan kepedulian terhadap alam khususnya hutan mangrove. Secara umum, diagram alir kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran penelitian.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1. Deskripsi Umum Lokasi Penelitian

Kabupaten Lampung Timur adalah wilayah dataran rendah dengan rata-rata ketinggian 50 mdpl. Adapun berdasarkan letak geografisnya, Kabupaten Lampung Timur terletak antara  $105^{\circ} 15'$  sampai  $105^{\circ} 20'$  Bujur Timur dan antara  $4^{\circ} 37'$  sampai  $5^{\circ} 37'$  Lintang Selatan dan memiliki luas 5.325,03 Km<sup>2</sup>. Kabupaten Lampung Timur dibatasi berbagai wilayah yaitu bagian Utara berbatasan dengan Kabupaten Lampung Tengah dan KabupatenTulang Bawang, bagian Selatan berbatasan dengan Kabupaten Lampung Selatan, bagian Timur berbatasan dengan Laut Jawa dan bagian Barat berbatasan dengan Kota Metro dan Kabupaten Lampung Tengah.

Berdasarkan data milik Badan Meteorologi, Klimatologi dan Geofisika (BMKG) tahun 2020 menyatakan bahwa rata-rata curah hujan tertinggi di Kabupaten Lampung Timur terjadi pada bulan Januari yaitu 893 mm dan hari hujan tertinggi yaitu 18 hari. Berdasarkan hasil sensus penduduk, kondisi kependudukan Kabupaten Lampung Timur pada bulan September 2020 terdata sebanyak 1.110.340 jiwa yang terdiri atas 565.743 jiwa penduduk laki-laki dan 544.597 jiwa penduduk perempuan. Kepadatan penduduk di Kabupaten Lampung Timur pada tahun 2020 mencapai 208 sampai dengan 209 jiwa/Km<sup>2</sup>. Tingkat partisipas angkatan kerja di Kabupaten Lampung Timur mencapai 72,32% dengan tingkat pengangguran 2,64%.

Lokasi Penelitian meliputi wilayah Kecamatan Labuhan Maringgai dan Kecamatan Pasir Sakti. Adapun kondisi umum lokasi penelitian adalah sebagai berikut.

#### a. Kecamatan Labuhan Maringgai

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik (2018), bahwa luas wilayah Kecamatan Labuhan Maringgai adalah 142,65 km<sup>2</sup> dengan ketinggian rata-rata adalah 7 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan letak geografisnya Kecamatan Labuhan Maringgai berbatasan dengan:

- 1) Utara : Kecamatan Braja Selebah dan Taman Nasional Way Kambas;
- 2) Selatan : Kecamatan Pasir Sakti dan Gunung Pelindung;
- 3) Timur : Laut Jawa;
- 4) Barat : Kecamatan Melinting, Bandar Sribawono dan Mataram Baru

Jumlah penduduk Kecamatan Labuhan Maringgai sebanyak 72.192 jiwa yang terdiri atas 34.900 jiwa penduduk perempuan dan 37.292 jiwa penduduk laki-laki (Badan Pusat Statistik, 2018). Kecamatan Labuhan Maringgai memiliki potensi alam berupa hutan mangrove yang salah satunya berada di Desa Margasari. Hutan mangrove di Desa Margasari telah dikembangkan sebagai daerah ekowisata dan lokasi berbagai penelitian, selain itu juga berpotensi sebagai habitat sementara berbagai jenis burung (Anggriana, *et. al.*, 2018). Luasan Hutan mangrove yang berada pada Desa Margasari seluas 817,59 ha (Putra *et al.*, 2015). Vegetasi mangrove di Desa Margasari meliputi api-api putih/*Avicennia marina* (Windari, *et. al.*, 2018), bakau minyak/*Rhizophora apiculata*), jeruju/*Acanthus ilicifolius*, dan pidada merah/*Sonneratia caseolaris*. Vegetasi mangrove di Desa Margasari didominasi oleh jenis tumbuhan mangrove api-api putih/*Avicennia marina* (Supriyanto *et al.*, 2014; Windari, *et. al.*, 2018).

#### b. Kecamatan Pasir Sakti

Berdasarkan data Badan Pusat Statistik, (2020), luas wilayah Kecamatan Pasir Sakti seluas 118,44 km<sup>2</sup> yang termasuk kedalam wilayah dataran rendah dengan tinggi rata-rata 7.25 meter di atas permukaan laut. Berdasarkan letak geografisnya, Kecamatan Pasir Sakti pada bagian Utara berbatasan dengan Kecamatan Gunung Pelindung dan Kecamatan Labuhan Maringgai, bagian Selatan berbatasan dengan Kabupaten Lampung Selatan, bagian Timur berbatasan langsung dengan Laut Jawa, dan bagian Barat berbatasan dengan Kecamatan Jabung. Berdasarkan proyeksi penduduk tahun 2019, jumlah penduduk Kecamatan Pasir Sakti sebanyak

38.199 jiwa yang terdiri atas 18.638 jiwa penduduk perempuan dan 19.561 jiwa penduduk laki-laki (Badan Pusat Statistik, 2020).

Berdasarkan kategori iklim Smith dan Ferguson, Kecamatan Pasir Sakti Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung termasuk dalam kategori iklim B. Kategori iklim tipe B dicirikan dengan bulan basah yang terjadi selama 6 bulan yaitu pada bulan Desember sampai dengan Juni dengan curah hujan merata sebesar 2000-2500 mm per tahun dan temperatur rata-rata 24-34°C, sedangkan iklim tipe C2 jumlah bulan basah terjadi selama lima sampai enam bulan dan bulan kering terjadi selama dua sampai tiga bulan (Pemerintah Kabupaten Lampung Timur, 2016). Terdapat vegetasi mangrove yang membentang di sepanjang pesisir Kecamatan Pasir Sakti dan melewati tiga desa yaitu, Desa Mulyosari, Desa Purworejo, dan Desa Labuhan Ratu. Ketiga wilayah tersebut didominasi oleh jenis mangrove api-api putih (*Avicennia marina*).

## **2.2. Hutan Mangrove**

Mangrove merupakan karakteristik dari bentuk tanaman pantai, estuari atau muara sungai, dan delta di tempat yang terlindung daerah tropis dan sub tropis. Hutan mangrove dapat diartikan sebagai komunitas tetumbuhan mangrove yang tumbuh di muara sungai, daerah pasang surut atau tepi laut yang memiliki tipe tanah berlumpur, sehingga hutan mangrove memiliki pola adaptasi dan memiliki sifat yang unik dan khas (Majid *et al.*, 2016; Rahmat Maulana *et al.*, 2021). Habitat hutan mangrove berada di antara daratan dan lautan, sehingga pada kondisi habitat yang ideal mangrove akan membentuk hutan yang produktif dan ekstensif.

Secara umum hutan mangrove disebut juga hutan paya-paya, hutan pantai, hutan payau, hutan estuaria, hutan estuari, dan hutan bakau (Indriyanto, 2017).

Terdapat faktor biotik dan abiotik pendukung komunitas mangrove (Kustanti, 2011). Faktor biotik merupakan faktor yang berasal dari makhluk hidup, yaitu flora dan fauna mangrove. Faktor abiotik merupakan faktor yang berasal dari non-makhluk hidup seperti faktor edafis (salinitas, geomorfologi mangrove, dan

faktor edafis lainnya), klimatis (iklim), dan geografis (areal yang dipengaruhi pasang surut air laut. Oleh sebab itu, interaksi antara faktor biotik dan abiotik inilah akan membentuk ekosistem hutan mangrove yang baik (Aryanti, 2021).

Definisi lain menyebutkan bahwa hutan mangrove merupakan formasi tetumbuhan yang habitatnya berada di sepanjang daerah yang dipengaruhi oleh pasang surut air laut dan toleran terhadap salinitas yang tinggi (Achmad, 2020). Hutan mangrove juga didefinisikan sebagai kumpulan spesies pohon baik secara fisiologi, biokimia, reproduktif dan morfologinya mampu beradaptasi terhadap lingkungan hipoksia dan asin. Hutan mangrove dipandang sebagai sumber daya alam yang bermanfaat baik dari segi sosial ekonomi masyarakat pesisir maupun dari segi ekologi (Fudloly, 2020).

### **2.3. Karakteristik Hutan Mangrove**

Penyusun hutan mangrove mempunyai ciri khas tersendiri, hal ini dikarenakan komunitas mangrove merupakan bentuk adaptasi dari tumbuhan yang hidup di darat dan di laut. Mangrove mempunyai sistem perakaran sebagai akar nafas (*pneumatofor*). Sistem perakaran pohon mangrove merupakan bentuk adaptasi dengan kondisi tanah yang memiliki kadar oksigen yang rendah bahkan sama sekali tidak terdapat oksigen (anaerob) (Mulyadi *et. al.*, 2010).

Indriyanto (2017) mengungkapkan bahwa, tempat tumbuhnya mangrove adalah kawasan dengan suasana payau yang memiliki karakteristik sebagai berikut:

1. Wilayah sekitar pantai dengan kadar garam antara 0,5%-30%.
2. Wilayah sekitar pantai yang masih terkena air laut.
3. Wilayah sekitar pantai yang mengandung pasir dan lumpur yang mengendap.
4. Wilayah sekitar pantai dengan permukaan yang datar (kemiringan rendah)
5. Wilayah sekitar pantai dengan gelombang laut yang relatif tenang.

### **2.4. Fungsi dan Manfaat Hutan Mangrove**

Tiga Fungsi Hutan Mangrove oleh Kustanti (2011):

a. Fungsi Biologis/ ekologis

Fungsi Biologis/ ekologis antara lain sebagai tempat tinggal bagi organisme, tempat persembunyian/ perlindungan (*Nursery ground*), tempat mencari makanan (*feeding ground*), tempat reproduksi (*spawning ground*) bagi makhluk hidup didalamnya.

b. Fungsi Fisik

Fungsi Fisik diantaranya sebagai pelindung pantai dari terpaan gelombang air laut yang besar, intrusi air laut, angin kencang bahkan badai serta melindungi dan mengurangi terjadinya erosi/ abrasi.

c. Fungsi Sosial-Ekonomi

Fungsi Sosial-ekonomi dari keberadaan hutan mangrove yaitu hasil hutan baik berupa kayu ataupun non kayu jika dikelola dengan baik dapat meningkatkan ekonomi masyarakat. Kayu bakar, bahan makanan, bahan baku kertas, bahan konstruksi, kerajinan, obat-obatan, tempat pariwisata dan edukasi bagi masyarakat sekitar adalah beberapa contoh pemanfaatan hutan mangrove yang dapat dikembangkan tetapi dengan tetap menjaga kelestarian dan ekosistem yang telah terbentuk di dalamnya.

Selain karakteristiknya yang unik, hutan mangrove juga menjadi habitat yang istimewa serta berperan penting dalam membentuk keseimbangan ekosistem disekitarnya. Pernyataan Rahman (2013) bahwa hutan mangrove mampu menahan dan mengurangi kekuatan dari gelombang laut yang akan menerpa daratan serta ekosistem menjadi fungsi utama hutan mangrove. Vegetasi yang tumbuh di hutan mangrove mengambil peran besar untuk melindungi pantai agar pesisir tidak terkikis langsung oleh gelombang air laut.

Fungsi hutan mangrove juga diperjelas oleh Saprudin dan Halidah (2012) bahwa apabila pemanfaatan hutan mangrove dikelola dengan benar, serta tetap menjaga kelestariannya, maka hutan mangrove dapat menjadi potensi yang menghasilkan jasa hutan berupa ekonomi (*standing stock*) yang tidak lain adalah meningkatkan taraf hidup masyarakat di sekitarnya.

Vegetasi dominan di hutan mangrove yang tak lain menjadi jenis tanaman yang paling sering ditemui adalah *Avicennia marina* memiliki manfaat yang beraneka ragam. Halidah (2014), memaparkan manfaat pohon mangrove jenis *Avicennia marina* dari setiap bagian tanaman tersebut, bagian buahnya dapat diolah menjadi makanan ringan seperti keripik, bagian daun menjadi biofarmalin dengan cara disuling, dan lebih uniknya lagi, seluruh bagian dari *Avicennia marina* bermanfaat sebagai obat tradisional, sedangkan batang pohonnya dapat digunakan sebagai penyerap racun, kayu bakar maupun sebagai tanaman perintis/reklamasi.

## **2.5. Mitigasi Bencana**

Menurut Undang-Undang No 24 Tahun 2007 tentang penanggulangan bencana, Bencana adalah peristiwa atau rangkaian peristiwa yang mengancam dan mengganggu kehidupan dan penghidupan masyarakat yang disebabkan, baik oleh faktor alam dan/atau faktor nonalam maupun faktor manusia sehingga mengakibatkan timbulnya korban jiwa manusia, kerusakan lingkungan, kerugian harta benda, dan dampak psikologis, sedangkan Mitigasi adalah serangkaian upaya untuk mengurangi risiko bencana, baik melalui pembangunan fisik maupun penyadaran dan peningkatan kemampuan menghadapi ancaman bencana. Tipe bencana dapat dibagi menjadi tiga, yaitu bencana alam, bencana non-alam, dan bencana sosial.

Bencana alam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang disebabkan oleh alam antara lain berupa gempa bumi, tsunami, gunung meletus, banjir, kekeringan, angin topan, dan tanah longsor. Bencana nonalam adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau rangkaian peristiwa nonalam yang antara lain berupa gagal teknologi, gagal modernisasi, epidemi, dan wabah penyakit. Bencana sosial adalah bencana yang diakibatkan oleh peristiwa atau serangkaian peristiwa yang diakibatkan oleh manusia yang meliputi konflik sosial antarkelompok atau antarkomunitas masyarakat, dan teror.

## **2.6. Kesehatan Hutan**

Kesehatan hutan adalah sebuah gambaran dari tingkat kelenturan/ fleksibilitas terhadap semua tekanan yang datang mempengaruhi produktivitas atau hasil serta fungsi hutan juga dapat diistilahkan sebagai ketahanan hutan. Sehingga demikian, dikatakan sehat jika hutan memiliki kelenturan yang cukup baik dalam upaya kembali pulih dari gangguan sekaligus dapat bertahan dengan kapasitasnya dalam menyokong keberlangsungan ekosistem serta manfaat yang dihasilkan masih sesuai harapan. Baiknya kesehatan hutan berperan mengurangi tingkat kerugian dari kehilangan pohon/kayu sesuai dengan tujuan dikelolanya sumberdaya oleh pemilik lahan baik saat ini maupun dimasa mendatang (Idaho, 2012).

Definisi dari pengelolaan kesehatan hutan adalah perpaduan pengetahuan tentang ekosistem, dinamika, dan genetika organisme pengganggu tumbuhan dengan mempertimbangkan ekonomi dalam upaya meminimalkan resiko kerusakan sehingga minimal pula kerugian yang ditimbulkan (Sumardi dan Widyastuti, 2007). Ciri hutan yang sehat, bukan berarti sama sekali tidak terjadi kerusakan, melainkan seperti yang diutarakan oleh Safe'i dan Tsani (2016), diantaranya yaitu:

- a. Cukup rapat tanaman yang tumbuh;
- b. Pengairan dengan siklus yang baik;
- c. Kesuburan tanah yang terjaga;
- d. Tidak timbul kerusakan yang berarti ketika faktor abiotik dan biotik berinteraksi;
- e. Perkembangan ekosistem yang baik.

## **2.7. Forest Health Monitoring (FHM)**

*Forest Health Monitoring* atau yang biasa disingkat FHM adalah suatu metode untuk memantau kesehatan hutan yang diperkenalkan oleh USDA (*United States Department of Agriculture, Forest Service*). Metode tersebut digunakan untuk mengawasi status kesehatan hutan *Nation Forest Health* yang diperuntukan pada daerah beriklim sedang (*temperate region*). Terdapat 7 (tujuh) indikator utama

untuk menilai kesehatan hutan berdasarkan *Forest Health Monitoring Field Methods Guide* (Mangold, 1997), yaitu:

- a. Klasifikasi kondisi tajuk
- b. Struktur vegetasi;
- c. Komunitas lumut kerak
- d. Nilai hutan;
- e. Jenis tanaman bioindikator ozon;
- f. Menentukan kerusakan dan kematian;
- g. Radiasi aktif fotosintesis.

Menurut Safe'i (2015), beberapa tahapan dalam pelaksanaan FHM, yaitu:

- a. *Detection Monitoring* (menentukan jenis gangguan terhadap kondisi udara dan tanah pada ekosistem).
- b. *Evaluating Monitoring* (menilai tingkat keparahan dan mencari penyebab perubahan kesehatan hutan).
- c. *Intensive Site Monitoring* (melakukan pengawasan yang mendalam dengan memperhatikan status faktor biotik).
- d. *Research on Monitoring Technique* (meneliti indikator dan metode deteksi kesehatan hutan ).
- e. *Analysis and Reporting* (menganalisis hasil penelitian serta menyajikan data dengan bentuk yang mudah dipahami serta melaporkan kepada pemangku kepentingan ).

Dasar dari penilaian kondisi kesehatan hutan adalah dengan memperhatikan beberapa indikator. Indikator yang dimaksud adalah kondisi tajuk, pertumbuhan, kerusakan dan kematian/mortalitas, tingkat polusi udara, indikator biologis, kondisi akar, kimia yang terkandung dalam tanaman, tingkat radiasi dalam fotosintesis, *lichen*, struktur vegetasi, habitat hidup liar dan dan dendrokronologi. Indikator tersebut untuk melihat gambaran dan mengukur keadaan tegakan sehingga dapat menilai kondisi hutan, sebagai acuan dalam mengambil sikap dengan mencari terlebih dahulu akar permasalahan sebab buruk atau tidaknya kondisi hutan (Cline, 1995).

## 2.8. Penyebab Kerusakan Pohon

Unsur-unsur penyebab kerusakan pohon menurut, Djafaruddin, 2008, yaitu:

### 1. Patogen

Patogen adalah organisme penyebab penyakit yang dapat menyerang tanaman. Bakteri, virus, nematoda, jamur, alga, siproplasma dan mikoplasma adalah beberapa jenis patogen. Fungsi fisiologis yang terganggu oleh adanya organisme ini adalah:

- a) Proses terbentuknya cadangan makanan pada akar, tunas dan biji yang terganggu;
- b) Melambatnya pertumbuhan tunas atau semai pada perkembangan vegetatif;
- c) Air dan mineral yang sulit diperoleh karena akar yang tidak berkembang;
- d) Distribusi air tersendat karna organ-organ tanaman tidak dapat menyalurkan air dengan baik;
- e) Proses pembentukan makanan melalui fotosintesis tidak maksimal;
- f) Proses translokasi fotosintat atau penyaluran hasil fotosintesis tidak tercapai;
- g) Terganggunya integritas struktural dimana tanaman gagal mempertahankan struktur tubuhnya sehingga terjadi kerusakan fisik diikuti gangguan fungsi penyusun tubuh tanaman tersebut.

### 2. Hama

Hama adalah binatang baik kecil atau besar, dengan jumlah tunggal atau berkelompok yang dapat menyebabkan tanaman menjadi rusak, mengganggu produktivitas tanaman baik secara kualitas maupun kuantitas. Serangga, babi, burung dan tikus merupakan beberapa contoh hama yang perlu diwaspadai agar tanaman dapat tumbuh dengan baik. Dampak yang diterima tanaman akibat hama adalah: (a) tanaman mati; (b) sebagian dari tanaman rusak; (c) pertumbuhan tanaman menurun; (d) buah dan biji rusak; (e) suksesi berubah; (f) umur tegakan pendek; (g) berkurangnya estetika; dan (h) timbul penyakit pada tanaman.

### 3. Lingkungan abiotik

Kerusakan yang timbul akibat lingkungan abiotik (tak hidup) dikenal juga dengan sebutan *non-infectious disease* karena sifat kerusakannya yang tidak menular ke tanaman lain. Meskipun begitu, buruknya kondisi lingkungan yang menyebabkan pohon menjadi rusak dapat menjadi masalah karena menimbulkan kerugian. Semakin luas area dengan kondisi lingkungan yang tidak baik, maka semakin banyak pohon yang rusak. Kondisi lingkungan yang buruk dapat ditimbulkan dari: iklim, edafik maupun kimiawi.

### 4. Gulma

Vegetasi yang tumbuh di lingkungan sekitar tanaman pokok yang diharapkan maksimal pertumbuhannya, justru terganggu oleh adanya tanaman lain/ gulma tersebut. Tanaman pengganggu ini menurunkan hasil tanaman budidaya dan mengakibatkan diantaranya beberapa kerusakan yaitu: (a) pertumbuhan tanaman pokok tertekan akibat nutrisi yang harus terbagi, (b) berubahnya bentuk batang pohon (tajuk) , (c) pohon menjadi mati, dan (d) menurunnya jumlah pohon dalam tegakan.

### 5. Kebakaran

Kebakaran hutan terjadi jika terdapat benda-benda yang mudah terbakar seperti bahan bakar, sumber api, dan oksigen yang secara tidak langsung memang terdapat di alam. Ranting-ranting kering yang bersinggungan karena hembusan angin yang kencang bersamaan dengan suhu udara yang tinggi pun tidak jarang menjadi penyebab kebakaran hutan. Namun ada pula kebakaran yang disebabkan oleh keserakahan manusia yang tidak bertanggung jawab. Rusaknya hutan disebabkan kebakaran mengakibatkan turunnya keindahan hutan, hilangnya tempat makan dan berlindung bagi satwa liar, terganggunya satwa bahkan menimbulkan kematian, menurunkan populasi hewan yang dilindungi, ekosistem yang terganggu, tanah hutan yang rusak hingga kerusakan vegetasi.

### 6. Ternak/ penggembalaan

Salah satu kegiatan masyarakat disekitar hutan yaitu memelihara hewan ternak. Akan tetapi masyarakat yang memiliki jumlah ternak yang besar, untuk memudahkan kelancaran kegiatan berternak yaitu dalam mencari makan dengan melakukan penggembalaan pada kawasan hutan. Dampak yang ditimbulkan adalah perambahan besar-besaran pada kawasan hutan sehingga banyak tanaman mudayang terinjak-injak atau dimakan oleh ternak, tanah yang menjadi padat tidak gembur lagi karena seringnya dilalui oleh ternak, terdapat luka terbuka pada banyak tanaman dewasa dan penutupan tanah berkurang.

## **2.9. Tipe-tipe Kerusakan pada Pohon**

Menurut Mangold (1997), kerusakan yang terjadi pada pohon dapat dibedakan berdasarkan deskripsi berikut:

### **1. Kanker (kode 01)**

Kanker dapat disebabkan oleh berbagai agen, akan tetapi lebih sering disebabkan oleh jamur. Matinya kulit kambium diikuti dengan kematian kayu karena agen penyebab kerusakan memang melakukan penetrasi hingga ke dalam bagian kayu mengakibatkan luas jaringan yang mati semakin besar, umumnya jamur karat yang menyerang akar, batang atau cabang menjadi penyebabnya.

### **2. Busuk dan lapuk (kode 02)**

Terdapat 2 macam penyebab busuk, yakni busuk kering dan busuk basah yang sama-sama terjadi pada akar, batang, kuncup dan buah.

Indikator lapuk kayu adalah apabila :(a). Terdapat lubang pada batang utama, batang tajuk dan pada titik percabangan dengan diameter lubang lebih besar daripada sebuah pensil; b). Jaringan kayu yang lunak sering terpapar air dan mengalami degradasi; (c). Terdapat luka bakar pada pangkal pohon; (d) Lubang/ rongga dalam batang utama dan cabang tua. Tunggak-tunggak lapuk yang terberhubungan dengan regenerasi melalui trubus.

### **3. Luka terbuka (kode 03)**

Terkelupasnya kulit atau kayu bagian dalam tanaman namun tidak ada tanda lapuk. Luka pangkasan hingga dalam batang utama termasuk luka terbuka, kecuali luka-luka kecil yang tidak mengganggu keutuhan kayu batang utama.

4. Resinosis atau gumosis (kode 04)  
Daerah resin atau daerah gum (cairan) eksudasi pada cabang atau batang.
5. Batang patah dengan kedalaman  $< 0,91$  m (kode 11)  
Akar-akar yang putus pada  $0,91$  m dari batang, dapat terjadi karena galian atau terluka. Contoh kasus pada akar yang terluka pada suatu jalan atau luka oleh hewan. Batang patah atau rusak di area batang (di bawah dasar dari tajuk hidup dan pohon masih hidup).
6. Malformasi (kode 12)  
Terjadinya perubahan bentuk dan organ tanaman.
7. Akar patah atau mati (kode 13)  
Akar-akar  $> 0,91$  m dari batang yang terluka atau mati.
8. Mati Ujung (kode 21)  
Bagian ujung pada batang tajuk mengalami kematian. Penyebab kematian adalah terserang penyakit atau serangga, terkena salju pada daerah tertentu dan lainnya.
9. Cabang patah atau mati (kode 22)  
Cabang mati terdapat pada batang tajuk diluar daerah tajuk hidup tidak diberi kode.
10. Percabangan yang berlebihan pada tajuk hidup (kode 23).  
Brum adalah tidak normalnya pertumbuhan ranting, sehingga jumlahnya yang menjadi padat didaerah tajuk hidup, termasuk struktur vegetatif dan organ yang bergerombol tidak normal.

11. Kerusakan kuncup daun atau tunas (kode 24)

Daun terkeliat maupun diserang oleh serangga lebih dari 50% atau setidaknya 30% rusaknya tunas, kuncup dan daun dari tanaman.

12. Perubahan warna daun (kode 25)

Sekitar lebih dari 30% daun yang terganggu dan terjadi perubahan warna. Jika pengamat tidak yakin bahwa warna daun hijau, maka dianggap hijau atau bukan warna lain.

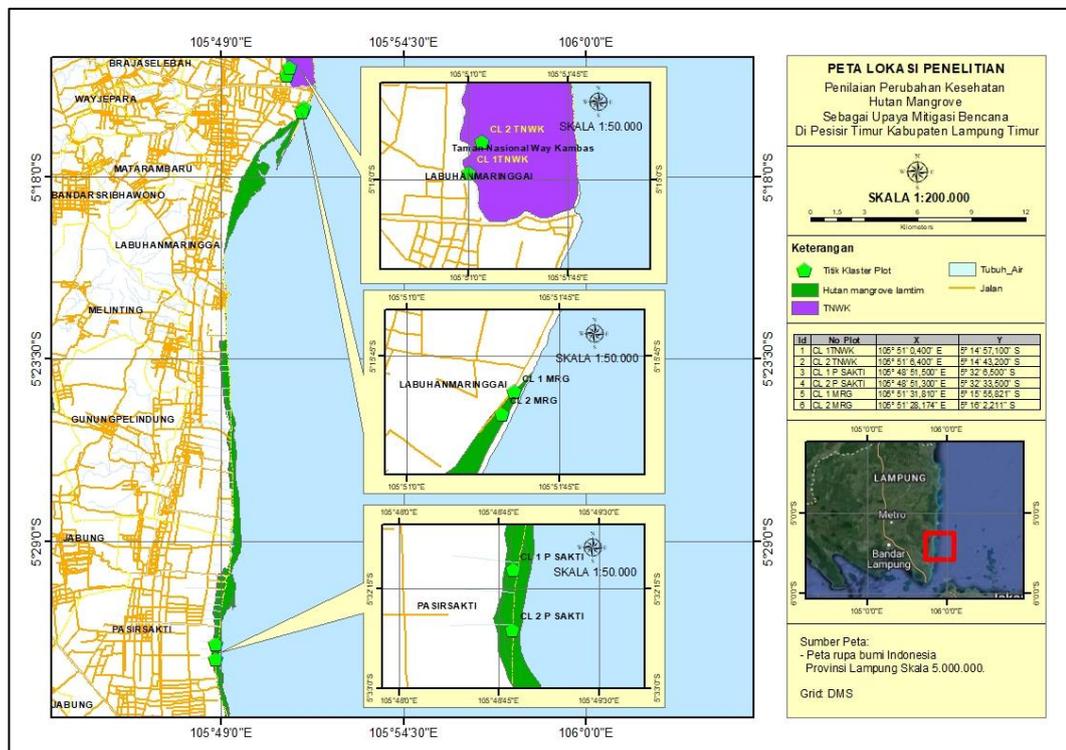
### 2.10. Tajuk Pohon

Penuturan Safe'i dan Tsani pada tahun 2016 mengenai pengertian tajuk pohon ialah antara batang berdiameter tertentu sampai ujung batang teratas atau pucuk. Hasil pengukuran tajuk secara umum dapat menggambarkan kesehatan pohon. Tanaman yang pertumbuhannya baik dicirikan dengan tajuk yang lebar dan lebat, sedangkan pertumbuhan yang kurang baik memiliki tajuk yang kecil dan jarang. Parameter dalam menilai kesehatan tajuk antara lain: rasio tajuk hidup (LCR/ *Live Crown Ratio*); kerapatan tajuk (Cden/ *Crown Density*); transparansi tajuk (FT/ *Foliage Transparency*); diameter tajuk (CDW/ *Crown Diameter Widht*), *Crown Diameter at 90* (CD90) dan *dieback* (DB).

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian telah dilaksanakan pada tahun 2019 (pengukuran pertama), 2020 (pengukuran kedua), dan 2021 (pengukuran pertama dan kedua di areal TNWK) di areal hutan mangrove di pesisir pantai Timur Kabupaten Lampung Timur. Wilayah penelitian mencakup areal kawasan hutan mangrove Taman Nasional Way Kambas (TNWK), Kecamatan Labuhan Maringgai, dan Kecamatan Pasir Sakti. Adapun peta penelitian ini ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Peta lokasi penelitian.

### 3.2. Alat dan Bahan Penelitian

Alat dan bahan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri dari label seng, Pipa PVC (1,5 inch) *tally sheet* kesehatan hutan, paku, spidol permanen, kompas, meteran (50 m), haga meter, GPS (*Global Positioning System*), *magic card*, pita meter (150 cm), dan kamera digital.

### 3.3. Metode

Metode pada penelitian ini menerapkan beberapa tahapan yang dilakukan pada hutan mangrove diantaranya menentukan letak dan jumlah klaster-plot FHM, selanjutnya membuat klaster-plot FHM, kemudian mengumpulkan dan menganalisis data yang diperoleh. Uraian metode secara rinci dijabarkan sebagai berikut.

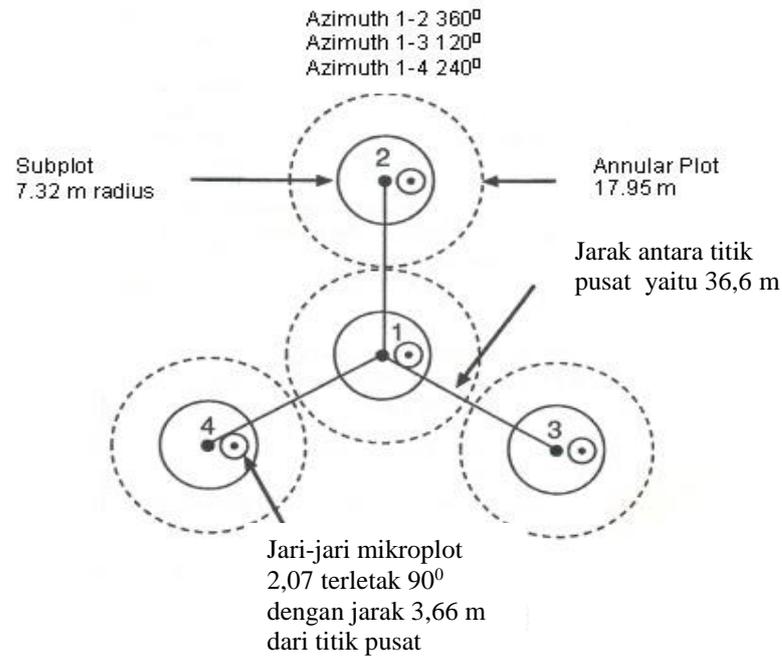
#### 3.3.1. Penentuan jumlah dan letak klaster-plot FHM hutan mangrove

Penentuan jumlah klaster-plot FHM hutan mangrove pada penelitian ini menggunakan metode *porposive sampling*, sehingga pembuatan klaster-plot FHM dibuat berdasarkan kriteria tertentu. Kriteria vegetasi yang ditentukan dalam penentuan jumlah klaster-plot FHM, yaitu berdasarkan kriteria stratifikasi tajuk dan jenis pohon mangrove. Kriteria stratifikasi yang dimaksud adalah stratifikasi tajuk C dan D, sedangkan jenis pohon mangrove yang dijadikan sampel adalah jenis *Avicennia* sp dan *Rhizophora* sp dengan tiga lokasi pengambilan sampel, yaitu wilayah TNWK, Kecamatan Labuhan Maringgai, dan Kecamatan Pasir sakti. Dengan demikian, jumlah klaster plot yang didapatkan berjumlah 12 klaster plot.

### 3.3.2. Pembuatan klaster-plot FHM hutan mangrove

Plot ukur dalam menilai kesehatan hutan ditunjukkan pada Gambar 3. Penerapan design Klaster-plot FHM tersebut untuk melakukan penilaian kesehatan dengan teknik FHM (Mangold, 1997). Klaster-plot FHM memiliki beberapa kriteria diantaranya:

- a) mempunyai 4 (empat) plot utama yang disebut annular plot. Annular plot dengan bentuk lingkaran dengan susunan membentuk segitiga (Gambar 3). Panjang jari-jari lingkaran Annular plot yaitu 17,95 m. Terdapat subplot yang berada di dalam annular plot dengan jari-jari 7,32 m dan memiliki titik pusat sama dengan annular plot. Di dalam annular plot juga terdapat mikro-plot yang terletak di dalam subplot dengan jari-jari 2,07 m. Titik pusat mikro-plot berada sejauh 3,66 m dan azimut  $90^0$  dari titik pusat annular plot. Antara mikro-plot, subplot, dan annular plot merupakan satu kesatuan yang tersusun sedemikian rupa membentuk satu klaster-plot FHM.
- b) Titik pusat klaster-plot FHM juga merupakan titik pusat plot 1 (satu), letak titik pusat plot 2 (dua) pada azimut  $0^0$  dari titik pusat plot 1 (satu). Letak titik pusat plot 3 (tiga) pada azimut  $120^0$  dari titik pusat plot 1 (satu), dan letak titik pusat plot 4 (empat) pada azimut  $240^0$  dari titik pusat plot 1 (satu). Jarak antartitik pusat setiap plot adalah 36,6 m.
- c) Sampel pengukuran pohon diambil pada annular plot, sampel pengukuran fase tiang dan pancang diambil pada subplot, sedangkan sampel fase semai diambil pada mikroplot.
- d) Sampel diambil ditiap plot mengikuti arah gerakan jarum jam.



Gambar 3. Desain klaster-plot FHM (Mangold, 1997).

Terdapat lokasi yang telah dibuat klaster plot pada penelitian sebelumnya, sehingga titik klaster plot yang telah dibuat tersebut dapat dilacak menggunakan titik koordinat ataupun melalui jarak dari titik ikat ke titik pusat klaster plot.

### 3.3.3. Pengumpulan data

Penelitian ini memerlukan data primer dan skunder. Adapun metode pengumpulannya adalah sebagai berikut.

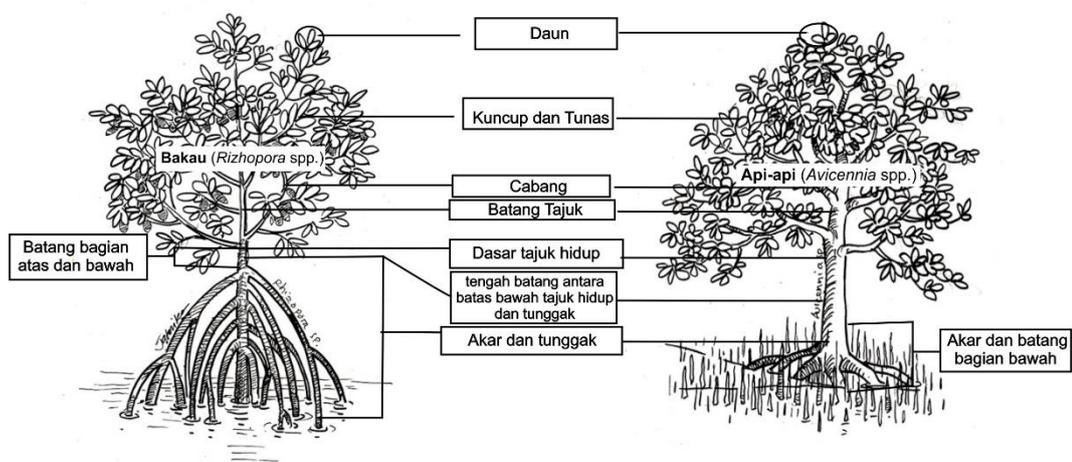
#### a. Data Primer

Data primer adalah data yang diperoleh saat mengamati dan mengukur langsung pada lokasi penelitian ataupun plot pengambilan sampel. Data primer yang diperlukan berupa kondisi tajuk, kondisi kerusakan pohon, keanekaragaman hayati (biodiversitas), kualitas tapak dan titik koordinat. Dalam rangka

memperoleh data primer dilakukan teknik pengukuran kondisi kerusakan pohon, kondisi tajuk, biodiversitas, dan kualitas tapak dengan uraian berikut:

### 1. Pengukuran Kerusakan Pohon

Parameter yang digunakan untuk mengukur kerusakan pohon adalah tipe kerusakan, lokasi kerusakan, dan nilai ambang keparahan/kerusakan pohon di dalam klaster-plot FHM. Lokasi kerusakan pohon ditunjukkan pada Gambar 4.



Gambar 4. Lokasi kerusakan pohon mangrove jenis *Avicennia* sp dan *Rhizophora* sp (diadaptasi dari Mangold, 1997).

Kerusakan pada tanaman ditandai dengan kode tertentu sesuai lokasi kerusakannya. Kode ini dipergunakan dalam menghitung nilai bobot dari setiap lokasi kerusakan serta dapat mempermudah dalam melakukan input di lapangan. Kode lokasi kerusakan dibagi menjadi sembilan kode lokasi kerusakan yang digunakan sebagai acuan lokasi kerusakan pohon, mulai dari bagian terbawah dari tanaman yaitu akar hingga pucuk daun. Beberapa tanda/ kode kerusakan pada pohon mangrove dijabarkan secara terperinci dalam Tabel 1.

Tabel 1. Kode lokasi kerusakan pohon penyusun hutan mangrove

Kode	Lokasi Kerusakan
0	Tidak ada kerusakan (Nihil)
1	Akar dan tunggak pohon muncul (12 inci/30 cm tingginya dari titik ukur diatas tanah)
2	Akar dan batang bagian bawah
3	Batang bagian bawah (setengah bagian bawah dari batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
4	Bagian bawah dan bagian atas batang
5	Bagian atas batang (setengah bagian atas dari batang antara tunggak dan dasar tajuk hidup)
6	Batang tajuk (batang utama di dalam daerah tajuk hidup, di atas dasar tajuk hidup)
7	Cabang (lebih besar 2,54 cm pada titik percabangan terhadap batang utama atau batang tajuk di dalam daerah tajuk hidup)
8	Pucuk dan tunas (pertumbuhan tahun-tahun terakhir)
9	Daun

Sumber: Mangold, 1997

Selain dari lokasi kerusakan, pada teknik FHM juga terdapat kode tipe kerusakan pohon dan setiap tipe kerusakan memiliki nilai ambang keparahan tertentu. Tipe kerusakan dianggap sebagai data sampel bila memenuhi kriteria nilai ambang keparahan. Apabila tipe kerusakan tidak memenuhi kriteria nilai ambang keparahan, maka kerusakan tersebut tidak dianggap sebagai data sampel. Adapun data sampel kerusakan diambil maksimal pada 3 (tiga) lokasi kerusakan yang dinilai memiliki nilai ambang keparahan paling tinggi. Kode tipe kerusakan serta nilai ambang keparahan pohon mangrove disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Kode tipe kerusakan pohon penyusun hutan mangrove dan nilai ambang keparahannya

Kode	Tipe kerusakan/penyebab kerusakan	Nilai ambang keparahan (di dalam 10% kelas ke 90%)
01	Kanker	$\geq 20\%$ dari keliling pohon di titik pohon pengamatan
02	Konk, tubuh buah, dan indikator lain tentang lapuk	Sama sekali tidak ada (nihil), kecuali $\geq 20\%$ untuk akar $> 3$ kaki (0.91 m) dari batang utama
03	Luka terbuka	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
04	Resinosis/gumosis	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
05	Batang pecah	tidak ada
06	Sarang rayap	$\geq 20\%$ di titik pengamatan
11	Batang/akar patah $< 3$ kaki dari batang	Sama sekali tidak ada (nihil)

Kode	Tipe kerusakan/penyebab kerusakan	Nilai ambang keparahan (di dalam 10% kelas ke 90%)
12	Brum pada akar/batang	Sama sekali tidak ada (nihil)
13	Akar patah/mati <3 kaki dari batang	≥ 20% dari akar
20	Liana	≥ 20% di titik pengamatan
21	Hilangnya pucuk dominan, mati pucuk	≥ 1% dari tajuk
22	Cabang patah atau mati	≥ 20% dari cabang atau tunas
23	Percabangan atau brum yang berlebihan	≥ 20% dari sapu atau cabang
24	Daun, pucuk atau tunas rusak	≥ 30% dari daun-daunan
25	Daun berubah warna	≥ 30% dari daun-daunan
26	Karat puru (Safe'i, 2015)	≥ 20% terserang
31	Lain-lain (untuk yang tidak disebutkan di atas)	-

Sumber: Mangold, 1997

Nilai ambang keparahan juga dikategorikan dalam beberapa kelas. Kategori ini akan memudahkan dalam melakukan input dilapangan serta mempermudah dalam melakukan skoring. Kode dan kelas nilai ambang keparahan disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Kode dan kelas nilai ambang keparahan

Kode	Kelas (%)
1	01-19
2	20-29
3	30-39
4	40-49
5	50-59
6	60-69
7	70-79
8	80-89
9	90-99

Sumber: Mangold, 1997

## 2. Pengukuran Kondisi Tajuk

Adapun kondisi tajuk pohon mangrove diukur dari parameter transparansi tajuk (*foliage transparency-FT*), kerapatan tajuk (*crown density-Cden*), rasio tajuk hidup (*live crown ratio-LCR*), mati pucuk (*dieback-DB*), dan diameter tajuk (*crown diameter-CD*). Pengukuran parameter ini diuraikan sebagai berikut.

- a. *Transparansi tajuk (foliage transparency-FT)*  
Pengukuran transparansi tajuk dilakukan dengan cara mengukur cahaya matahari yang menembus di sela-sela tajuk pohon sehingga cahaya yang menembus ini bisa sampai ke permukaan tanah.
- b. *Kerapatan tajuk (crown density-Cden)*  
Pengukuran kerapatan tajuk dilakukan terhadap cahaya matahari yang dihalangi oleh dedaunan pada tajuk pohon sehingga cahaya tidak dapat menembus sampai permukaan tanah.
- c. *Pengukuran rasio tajuk hidup (live crown ratio-LCR),*  
Rasio tajuk hidup (*live crown ratio-LCR*) merupakan perbandingan antara tinggi bebas cabang pohon dengan tinggi totalnya.
- d. *Mati pucuk (dieback-DB)*  
pengukuran mati pucuk merupakan persentase kematian cabang mulai dari ujung tajuk hingga dasar tajuk hidup.
- e. *Diameter tajuk (crown diameter-CD)*  
pengukuran diameter tajuk dilakukan dengan cara menghitung diameter tajuk terlebar dan diameter 90<sup>0</sup> dari titik tengah garis pengukuran tajuk terlebar.

Perolehan nilai hasil pengukuran tajuk pohon diklasifikasi menjadi bentuk kode sesuai dengan pengelompokan oleh Mangold, 1997. Kode ini digunakan untuk menentukan nilai visual tajuk (*Visual Crown Rating-VCR*). Kode dan kelas nilai disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Kode dan kelas nilai LCR, Cden, FT, dan DB

Kode	Kelas Nilai (%)	Kode	Kelas Nilai (%)	kode	Kelas Nilai (%)
00	0%	35	31-35%	70	66-70%
05	1-5%	40	36-40%	75	71-75%
10	6-10%	45	41-45%	80	76-80%
15	11-15%	50	46-50%	85	81-85%

Kode	Kelas Nilai (%)	Kode	Kelas Nilai (%)	kode	Kelas Nilai (%)
20	16-20%	55	51-55%	90	86-90%
25	21-25%	60	56-60%	95	91-95%
30	26-30%	65	61-65%	99	96-99%

Sumber: Mangold, 1997

### 3. Pengukuran Indeks keanekaragaman

Indeks keanekaragaman spesies atau disebut juga *diversity index*. Indeks keanekaragaman dapat dihitung menggunakan formulasi rumus yang biasa disebut dengan *Shannon-Weiner Index* (Kent & Paddy 1992):

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Keterangan:

$H'$  = *Shannon-Weiner Index*

$p_i$  =  $n_i / N$

$n_i$  = jumlah individu jenis ke  $i$

$N$  = jumlah individu seluruh jenis

Jika nilai  $H' < 1$ , maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan kurang stabil; jika nilai  $H'$  antara 1-2, maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan stabil; jika nilai  $H' > 2$ , maka komunitas vegetasi dengan kondisi lingkungan sangat stabil.

### 4. Pengukuran Kualitas tapak

Pengukuran kualitas tapak hutan mangrove menggunakan sampel tanah yang diambil pada plot ukur tanah yang berada pada klaster-plot FHM. Pengukuran dilakukan untuk mendapatkan nilai KTK pada tapak hutan mangrove.

#### **b. Data Sekunder**

Data sekunder merupakan data yang mendukung data primer yang diperoleh dari beberapa sumber diantaranya buku, hasil wawancara, pencarian di situs internet, jurnal nasional dan internasional.

### 3.3.4. Analisis data

Data yang diperoleh dari pengukuran klaster-plot FHM dianalisis dan digunakan dalam menilai kerusakan pohon, kondisi tajuk dan menyimpulkan status dari penilaian kesehatan hutan. Berikut penjabaran secara detil analisis yang dilakukan.

#### 1. Penilaian kerusakan pohon penyusun hutan mangrove

Menilai kerusakan pohon menggunakan kriteria-kriteria berdasarkan teknik FHM (Khoiril, 2004). Hal tersebut diperkuat oleh pendapat Safe'i dan Tsani (2016) yang mempertegas bahwa dalam menilai kerusakan pohon diperlukan perhitungan indeks, diantaranya indeks kerusakan (IK), indeks kerusakan tingkat pohon (*Tree Level Index-TLI*), indeks kerusakan tingkat plot (*Plot Level Index-PLI*), dan indeks kerusakan tingkat klaster-plot FHM (*Cluster Level Index-CLI*). Cara yang dilakukan untuk menghitung indeks kerusakan pohon diantaranya:

##### a. Indeks Kerusakan (IK)

$$IK = x \text{ lokasi} \times y \text{ tipe kerusakan} \times z \text{ keparahan}$$

Keterangan:  $x$ ,  $y$ ,  $z$  adalah nilai pembobotan yang besarnya berbeda-beda tergantung kepada tingkat dampak relatif setiap komponen terhadap pertumbuhan dan ketahanan pohon.

##### b. Indeks kerusakan tingkat pohon (*Tree Level Index-TLI*)

$$TLI = [IK1] + [IK2] + [IK3]$$

##### c. Indeks kerusakan tingkat plot (*Plot Level Index-PLI*)

$$PLI = \frac{\sum \text{TLI dalam plot}}{\sum \text{pohon dalam plot}}$$

##### d. Indeks kerusakan tingkat klaster-plot FHM (*Cluster Plot Level Index-CLI*)

$$CLI = \frac{\sum \text{PLI}}{\sum \text{Plot}}$$

Ada perbedaan dalam nilai pembobotan disetiap kode lokasi, tipe dan tingkat kerusakan pohon penyusun hutan mangrove. Nilai pembobotan yang digunakan dalam analisis data terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai pembobotan pada tiap kode lokasi, tipe, dan tingkat keparahan pohon penyusun hutan mangrove

Kode lokasi kerusakan pohon	Nilai pembobotan (x)	Kode tipe kerusakan pohon	Nilai pembobotan (y)	Kode tingkat keparahan/ kerusakan pohon	Nilai pembobotan (z)
0	0	01; 26	1,9	0	1,5
1	2,0	02	1,7	1	1,1
2	2,0	03; 04	1,5	2	1,2
3	1,8	05	2,0	3	1,3
4	1,8	06	1,5	4	1,4
5	1,6	11	2,0	5	1,5
6	1,2	12	1,6	6	1,6
7	1,0	13; 20	1,5	7	1,7
8	1,0	21	1,3	8	1,8
9	1,0	22; 23; 24; 25; 31	1,0	9	1,9

Sumber: Safe'i dan Tsani, 2016

## 2. Penilaian kondisi tajuk pohon penyusun hutan mangrove

Angka perolehan dari pengukuran LCR, Cden, FT, CD, dan DB dikelompokkan. Nilai klasifikasi akan digunakan untuk memperhitungkan nilai visual tajuk (*Visual Crown Rating-VCR*). Nilai klasifikasi dimulai dari rendah (nilai=1), sedang (nilai=2), dan bagus (nilai=3) berdasarkan kriteria yang telah dikembangkan oleh Putra (2004). Nilai kriteria kondisi tajuk disajikan pada Tabel 6.

Tabel 6. Kriteria kondisi tajuk (dikembangkan oleh Putra, 2004)

Parameter	Klasifikasi		
	Bagus (nilai=3)	Sedang (nilai=2)	Rendah (nilai=1)
Rasio tajuk hidup	$\geq 40$	20-35	5-15
Kerapatan tajuk	$\geq 55$	25-50	5-20
Transparasi tajuk	0-45	50-70	$\geq 75$
Diameter tajuk	$\geq 10,1$ m	2,5-10 m	$\geq 2,4$ m

Parameter	Klasifikasi		
	Bagus (nilai=3)	Sedang (nilai=2)	Rendah (nilai=1)
<i>Dieback</i>	0-5	10-25	$\geq 30$

Sumber: Putra, 2004

Nilai berupa angka yang didapat lalu dirata-rata berdasarkan setiap annular plot sehingga didapatkan nilai VCR setiap plot. Nilai VCR dari tiap plot kemudian dirata-rata hingga didapat nilai VCR setiap klaster plot FHM hutan mangrove. Nilai VCR suatu pohon bernilai antara 1-4 bergantung kepada besaran nilai pengamatan tiap parameter kondisi tajuk (Tabel 7).

Tabel 7. Nilai VCR individu pohon

Nilai VCR	Kriteria
4 (tinggi)	Seluruh parameter kondisi tajuk bernilai 3, atau hanya 1 parameter yang memiliki nilai 2, tidak ada parameter yang bernilai 1
3 (sedang)	Lebih banyak kombinasi antara nilai 3 dan 2 pada parameter tajuk, atau semua bernilai 2, tetapi tidak ada parameter yang bernilai 1
2 (rendah)	Setidaknya 1 parameter bernilai 1, tetapi tidak semua parameter
1 (sangat rendah)	Semua parameter kondisi tajuk bernilai 1

Sumber: Putra, 2004

### 3. Penilaian Kesehatan Hutan

Semua hasil analisis dari perolehan data pada klaster-plot FHM hutan mangrove, kemudian diperhitungkan untuk menentukan kesehatan hutan mangrove. Menurut Safe'i *et. al.*, 2015, cara yang digunakan untuk menentukan nilai akhir kondisi kesehatan hutan adalah dengan mengalikan antara nilai skor setiap parameter dengan nilai tertimbang setiap parameter atau dapat diformulasikan sebagai berikut.

$$NKH = \sum (NT \times NS)$$

Keterangan :

NKH = Nilai akhir kondisi kesehatan hutan

NT = Nilai tertimbang parameter dari masing-masing indikator ekologis kesehatan hutan

NS = Nilai skor parameter dari masing-masing indikator ekologis kesehatan hutan

Nilai tertimbang yang digunakan untuk menilai kesehatan hutan mangrove mengacu pada penelitian yang telah dilakukan oleh Safe'i (2015) yang ditunjukkan pada Tabel 8.

Tabel 8. Nilai tertimbang

Indikator	Nilai tertimbang
Kondisi tajuk	0,23
Kerusakan pohon	0,27

Sumber: Safe'i *et. al.*, 2015

Perolehan nilai akhir kesehatan hutan mangrove, kemudian dilakukan penentuan kategori status kesehatan hutan mangrove. Kategori status kesehatan hutan mangrove yang digunakan adalah Ideal, Bagus, Sedang, Jelek, dan Buruk (Putra, 2004). Setiap kategori kesehatan hutan, memiliki interval kelas nilai kesehatan hutan.

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1. Kesimpulan**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, didapatkan kesimpulan sebagai berikut.

1. Indikator vitalitas, pada parameter kerusakan pohon mengalami perubahan dengan nilai (0,11) yang menggambarkan bahwa kerusakan pohon di hutan mangrove cenderung bertambah. Parameter kondisi tajuk mengalami perubahan dengan nilai (-0,12) yang menggambarkan bahwa kondisi tajuk cenderung semakin buruk. Perubahan pada indikator kualitas tapak adalah (1,16) yang menggambarkan bahwa nilai KTK cenderung naik. Pada indikator biodiversitas adalah nihil.
2. Perubahan NKH mangrove di pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur sebesar (-0,18), sehingga dapat dikatakan bahwa kondisi kesehatan hutan mangrove di pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur semakin buruk. Oleh sebab itu, sebagai salah satu upaya mitigasi bencana maka diperlukan langkah strategis untuk memulihkan kondisi kesehatan hutan dengan cara melakukan rehabilitasi hutan mangrove.

### **5.2. Saran**

Pengelolaan hutan mangrove di pesisir timur Kabupaten Lampung Timur masih perlu perhatian khusus untuk mempertahankan atau meningkatkan nilai kesehatan hutan mangrove yaitu dengan melibatkan masyarakat secara intensif, misalnya melakukan pengkayaan jenis mangrove sehingga vegetasi hutan mangrove menjadi ideal.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., dan Hidayat, W. 2019). Analisis kerusakan pohon di hutan kota stadion Kota Metro Provinsi Lampung. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 3(1): 1–12.
- Achmad, E., Nursanti, Marwoto, Fazriyas, dan Jayanti, D. P. 2020. Studi kerapatan mangrove dan perubahan garis pantai tahun 1989-2018 di pesisir provinsi jambi. *Journal of Natural Resources and Environmental Management*. 10(2): 138-152.
- Amelia, S., Nurmayasari, I., dan 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. *JIIA*. 8(2): 218–225.
- Anggriana, P., Dewi, B. S., dan Winarno, G. W. 2018. Populasi dan Pola Sebaran Burung Kuntul Besar (*Egretta alba*) di Lampung Mangrove Center. *Jurnal sylvia lestari*. 6 (3): 73-80.
- Apriliyani, Y., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Wulandari, C., dan Febryano, I. G. 2020. Analisis penilaian kesehatan hutan mangrove di kabupaten lampung timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 8(2): 123-130.
- Aryanti, N. A., Wibowo, F. A. C., Mahidi., Wardhani, F. K., dan Kusuma, I. K. T. W. 2021. Hubungan Faktor Biotik dan Abiotik Terhadap Keanekaragaman Makrobentos di Hutan Mangrove Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Kelautan Tropis*. 24(2): 185-194.
- Baderan, D. W. K. 2017. Distribusi spasial dan luas kerusakan hutan mangrove di wilayah pesisir Kwandang Kabupaten Gorontalo Utara Provinsi Gorontalo. *Jurnal GeoEco*. 3(1): 1–8.
- Budiman, A. R., Desyanti, dan Indra, G. 2021. Serangan hama dan kerusakan pada hutan mangrove di Jorong Sikabau Nagari Parit Kecamatan Koto Balingka Kabupaten Pasaman Barat Sumatera Barat. *Jurnal Strofor*. 05(02): 705–711.

- Cline, S. P. 1995. *FHM : Environmental Monitoring and Assessment Program*. Buku. Environmental Protection Agency, Office of Research and Development. Washington DC. 210 hlm.
- Djafaruddin. 2008. *Dasar-Dasar Pengendalian Penyakit Tanaman*. Buku. Bumi Aksara. Jakarta. 272 hlm.
- Fadhila, H., Saputra, S. W., dan Wijayanto, D. 2015. Nilai manfaat ekonomi ekosistem mangrove di Desa Kartika Jaya Kecamatan Patebon Kabupaten Kendal Jawa Tengah. *Management of Aquatic Resources Journal*. 4(3): 180–187.
- Fudloly, A., R., L., Fuad, M., A., Z., dan Purwanto, A., D. 2020. Perubahan sebaran dan kerapatan hutan mangrove di Pesisir Pantai Bama, Taman Nasional Baluran menggunakan citra satelit SPOT 4 dan SPOT 6. *Jurnal Ilmu-Ilmu Perairan, Pesisir dan Perikanan*. 9(2) 184-192.
- Ghufran M dan Kordi KM. 2012. *Ekosistem Mangrove: Potensi, Fungsi, Dan Pengelolaan*. Rineka Cipta. Jakarta. 258 hlm
- Halidah. 2014. *Avicennia marina (forssk) vierh jenis mangrove yang kaya manfaat*. *Buletin Eboni*. 1:37-44.
- Hamzah, A. H. P., Anggoro, S., dan Puryono, S. 2020. itigasi Bencana Masyarakat Pesisir Melalui Konservasi Mangrove di Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Prosiding Seminar Nasional Teknik Lingkungan Kebumihan Ke-II*. 11-18.
- Handayani, S. K., dan Hewindati, Y. T. 2019. Peran hutan mangrove dalam mitigasi bencana. *Prosiding Seminar Nasional FST Universitas Terbuka*. 45–67.
- Haneda, N. F., dan Suheri, M. 2018. Hama Mangrove di Kecamatan Batu Ampar, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Jurnal Silva Tropika*, 9(1). 16–23.
- Harudu, L., Restele O. L., Amaluddin, O. L., dan Andrias. 2021. Tingkat kerentanan bencana alam di wilayah pesisir Kabupaten Muna. *Jurnal Penelitian Pendidikan Geografi*. 6(3): 150-156.
- Hidayati, A. D., Sari, I. F., Purboyo, M. G., Amriwan, A., Nugraha, P., dan Junaidi. 2021. *Kajian mitigasi bencana Kabupaten Lampung Timur*. Jurusan Sosiologi Fakultas Ilmu Sosial dan Ilmu Politik, Universitas Lampung. 99 Hlm.
- Idaho, F. P. C. 2012. What is a healthy forest.  
<http://www.idahoforests.org/health1>. Diakses tanggal 27 Juni 2020.
- Indra, S. F., Sudarmadji, S., dan Setiawan, R. 2019. Pola distribusi populasi pohon *Rhizophora stylosa griff.* di Pantai Bilik Taman Nasional Baluran. *Jurnal Hutan Tropis*. 7(3): 261–266.

- Indriyanto. 2017. *Jenis-Jenis Ekosistem Hutan*. Buku. Plantaxia. Yogyakarta. 212 hlm.
- Irwanto. (2006). *Penilaian kesehatan hutan tegakan jati dan eucalyptus pada kawasan hutan wanagama I*. Yogyakarta, Indonesia: Universitas Gajah Mada.
- Julaikha, S., dan Sumiyati, L. 2017. Nilai Ekologis Ekosistem Hutan Mangrove. *Jurnal Biologi Tropis*. 17 (1): 23-31.
- Kent, M. dan Paddy, C. 1992. *Vegetation description and analysis a practical approach*. London: Belhaven Press.
- Khoiri, S. 2004. *Studi Tingkat Kerusakan Pohon di Hutan Kota Srengseng Jakarta Barat*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 50 hlm.
- Kustanti, A. 2011. *Manajemen Hutan Mangrove*. Buku. Institut Pertanian Bogor Press. Bogor. 248 hlm.
- Latupapua, Y. T., Loppies, R., dan Fara, F. D. S. 2019. Analisis kesesuaian kawasan mangrove sebagai objek daya tarik ekowisata di Desa Siahoni, Kabupaten Buru Utara Timur, Provinsi Maluku. *Jurnal Sylva Lestari*. 7 (3): 267-276.
- Majid, I., Al Muhdar, M. H. I., Rohman, F., dan Syamsuri, I. 2016. Konservasi Hutan Mangrove Di Pesisir Pantai Kota Ternate Terintegrasi Dengan Kurikulum Sekolah. *Bioedukasi Universitas Khairun*, 4(2): 488-496.
- Mangold R. 1997. *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. USA(US): USDA Forest Service.
- Mappanganro, F., Asbar, A., dan Danial, D. 2018. Inventarisasi kerusakan dan strategi rehabilitasi hutan mangrove di Desa Keera Kecamatan Keera Kabupaten Wajo. *Jurnal Pendidikan Teknologi Pertanian*, 1: 1-11.
- Mulyadi, E., Hendriyanto, O., dan Fitriani, N. 2010. Konservasi hutan mangrove sebagai ekowisata. *Jurnal Ilmiah Teknik Lingkungan*. 1: 51-58.
- Mustika, R. 2017. Dampak degradasi lingkungan pesisir terhadap kondisi ekonomi nelayan: studi kasus Desa Takisung, Desa Kuala Tambangan, Desa Tabanio. *Jurnal Dinamika Maritim*. 6(1): 28-34.
- Mustika, Y. I., Kustanti, A., dan Hilmanto, R. 2017. Kepentingan Dan Peran Aktor Dalam Pengelolaan Hutan Mangrove Di Desa Pulau Pahawang Kecamatan Marga Punduh Kabupaten Pesawaran. *Jurnal sylva lestari*. 12 (2): 113-127.
- Naharuddin. 2020. Struktur dan asosiasi vegetasi mangrove di hilir DAS Torue, Parigi Moutong, Sulawesi Tengah. *Jurnal Sylva Lestari*. 8(3): 378-389.

- Neni, A., dan Purnamasari, C. 2017. Peranan hutan mangrove dalam mengurangi energi gelombang tsunami. *Jurnal Pertanian Agros*. 19(1): 29–36.
- Niode, D. F., Rindengan, Y. D. Y., dan Karouw, S. D. 2016. Geographical information system (GIS) untuk mitigasi bencana alam banjir di Kota Manado. *Jurnal Teknik Elektro Dan Komputer*. 5(2): 14–20.
- Pamoengkas, P., dan Maharani, L. M. 2018. Manajemen tempat tumbuh pada tanaman *eucalyptus pellita* di PT. Perawang sukses perkasa industri, distrik Lipat Kain, Riau. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 9(02): 79–84.
- Pastor-Guzman, J., J. Dash, P.M. Atkinson. 2018. Remote Sensing Of Mangrove Forest Phenology And Its Environmental Drivers. *Remote Sensing of Environment*. 205: 71-84.
- Patang. 2012. Analisis strategi pengelolaan hutan mangrove. *Jurnal Agrisistem* 8(2):100-109.
- Prasetyo, D., Darmawan, A., Dewi, B. S., dan Prasetyo, D. 2019. Persepsi wisatawan dan individu kunci tentang pengelolaan ekowisata di Lampung Mangrove Center. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 22–29.
- Putra, E. I. 2004. *Pengembangan Metode Penilaian Kesehatan Hutan Alam Produksi*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 100 hlm.
- Rahman, S. 2013. Potensi hutan mangrove sebagai pelindung pantai terhadap serangan gelombang. *Prosiding Hasil Penelitian Fakultas Teknik*. 1-4.
- Safe, R., Maulana, I. R., Ardiansyah, F., Banuwa, I. S., dan Harianto, S. P. 2022. Analysis of damage to trees in the coastal mangrove forest of East Lampung regency. 17(1), 307–312.
- Safe'i, R. 2015. *Kajian Kesehatan Hutan dalam Pengelolaan Hutan Rakyat di Provinsi Lampung*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 124 hlm.
- Safe'i, R. dan Tsani, M. K. 2016. *Kesehatan Hutan: Penilaian Kesehatan Hutan Menggunakan Teknik Forest Health Monitoring*. Buku. Lembaga Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat Universitas Lampung. Bandar Lampung. 102 hlm.
- Safe'i, R. 2020. Nilai status dan perubahan kesehatan hutan mangrove ( studi kasus hutan mangrove di Desa Margasari, Kecamatan Labuhan Maringgai, Kabupaten Lampung Timur). *Jurnal Perennial*. 16(2): 73-79.
- Safe'i, R. 2021. Tingkat kesehatan hutan mangrove dalam hubungannya dengan perubahan iklim (studi kasus mangrove pesisir Timur Kabupaten Lampung Timur). *Jurnal Hutan Tropis*. 9(3): 325.

- Safe'i, R., Erly, H., Wulandari, C., dan Kaskoyo, H. 2018. Analisis keanekaragaman jenis pohon sebagai salah satu indikator kesehatan hutan konservasi. *Perennial*. 14(2):32-36.
- Safe'i, R., Hardjanto, Supriyanto, dan Sundawati, L. 2015. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan rakyat sengon (*Falcatania moluccana* (miq.) barneby dan j.w. grimes). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 12(3): 175-187.
- Safe'i, R., Wulandari, C., dan Kaskoyo, H. 2019. Penilaian kesehatan hutan pada berbagai tipe hutan di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 95-109.
- Safuridar, S., dan Andiny, P. 2019. Dampak pengembangan ekowisata hutan mangrove terhadap sosial dan ekonomi masyarakat di Desa Kuala Langsa, Aceh. *Jurnal Samudra Ekonomi Dan Bisnis*. 11(1): 43-52.
- Santoso, D., Yamin, M., dan Makhrus, M. 2019. Penyuluhan tentang mitigasi bencana tsunami berbasis hutan mangrove di Desa Ketapang Raya Kecamatan Keruak Lombok Timur. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*. 2(1):12-16.
- Saprudin dan Halidah. 2012. Potensi dan nilai manfaat jasa lingkungan hutan mangrove di Kabupaten Sinjau Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 9(3): 213-219.
- Sari, R. N., Safe'i, R., dan Iswandar, D. 2019. Biodiversitas fauna sebagai salah satu indikator kesehatan hutan mangrove fauna. *Perennial*. 15(2): 62-66.
- Sumardi dan Widyastuti, S. M. 2007. *Dasar-Dasar Perlindungan Hutan*. Buku. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 228 hlm.
- Susilawati, N. G. K., Toknok, B., dan Korja, I. N. 2018. Faktor penyebab kerusakan hutan mangrove di Desa Buranga Kecamatan Ampibabo Kabupaten Parigi Moutong. *Jurnal Forest Sains*. 15(2): 91-99.
- Syachroni, S. H. (2020). Kajian beberapa sifat kimia tanah pada tanah sawah di berbagai lokasi di Kota Palembang. *Sylva : Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kehutanan*. 8(2): 60-65.
- Syamsu, I. F., Nugraha, A. Z., Nugraheni, C. T., dan Wahwakhi, S. 2018. Kajian perubahan tutupan lahan di ekosistem mangrove Pantai Timur Surabaya. *Jurnal Media Konservasi*. 23(2): 122-131.
- Tan, T. J. A., dan Siregar, L. H. 2021. Peranan ekosistem hutan mangrove pada mitigasi bencana bagi masyarakat pesisir pantai. *Prosiding Mitigasi Bencana, Universitas Dharmawangsa*, 27-35.
- Tsani, M. K., dan Safe'i, R. 2017. Identifikasi tingkat kerusakan tegakan pada

kawasan pusat pelatihan gajah Taman Nasional Way Kambas. *Jurnal Hutan Tropis*. 5(3): 215–221.

- Umayah, S., Gunawan, H., dan Isda M, N. 2016. Tingkat kerusakan ekosistem mangrove di Desa Teluk Belitung Kecamatan Merbau Kabupaten Kepulauan Meranti. *Jurnal Riau Biologia*. 1(4): 24-30.
- Utami, D. N. 2020. Analisis kualitas lahan Di Kabupaten Pesisir Barat Provinsi Lampung. *Jurnal Sains Dan Teknologi Mitigasi Bencana*. 14(2). 94–104.
- Waluyo, A. F., Wardhani M. K. 2021. Perencanaan wilayah pesisir berbasis mitigasi bencana tsunami studi kasus di Kabupaten Bantul Daerah Istimewa Yogyakarta. *Juvenil*. 2(3): 226-235.
- Windari, C., Setiawan, A., dan Rusita. 2018. Estimasi Karbon Tersimpan Pada Hutan Mangrove Di Desa Margasari Kecamatan Labuhan Meringgai Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal sylvia lestari*. 6 (1): 66-74.
- Yuliasamaya, Darmawan, A., dan Hilmanto, R. 2014. Perubahan tutupan hutan mangrove di Pesisir Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Sylva Lestari*. 2(3): 111-124.