

**ANALISIS STATUS KESEHATAN HUTAN DI AREAL RESTORASI
RAWA KIDANG DAN BAMBANGAN TAMAN NASIONAL WAY
KAMBAS**

(Skripsi)

Oleh

**Erico Isma Dirgantara
2114151040**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

ANALISIS STATUS KESEHATAN HUTAN DI AREAL RESTORASI RAWA KIDANG DAN BAMBANGAN TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS

Oleh

Erico Isma Dirgantara

Pemantauan status kesehatan hutan penting dilakukan untuk menilai kondisi ekologis hutan, memastikan keberlanjutan fungsi ekosistem, dan mendukung konservasi satwa endemik di Taman Nasional Way Kambas. Melihat hal tersebut, penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi status kesehatan hutan di areal restorasi Rawa Kidang dan Bambang berdasarkan indikator produktivitas, vitalitas, biodiversitas, dan kualitas tapak menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM). Penelitian dilaksanakan pada bulan Juli hingga September 2024 dengan pengumpulan data menggunakan klaster plot FHM. Hasil penelitian menunjukkan bahwa Restorasi Rawa Kidang memiliki status kesehatan hutan dengan nilai akhir 7,85 yang termasuk kategori sedang, mencerminkan kondisi ekologis yang mendukung keberlanjutan ekosistem. Sementara itu, Restorasi Bambang memiliki nilai akhir kesehatan hutan 6,45, juga berada dalam kategori sedang, namun dengan kondisi kesehatan yang lebih rendah dibandingkan Rawa Kidang. Kesimpulan dari penelitian ini adalah bahwa Restorasi Rawa Kidang menunjukkan kondisi yang lebih baik dibandingkan Bambang, tetapi kedua lokasi memerlukan pemantauan berkelanjutan untuk memastikan keberhasilan restorasi. Rekomendasi yang diberikan meliputi pengelolaan adaptif berbasis data, pengendalian spesies invasif, diversifikasi jenis tanaman, dan perbaikan kualitas tanah untuk mendukung keberlanjutan fungsi ekologis serta konservasi satwa endemik.

kata kunci: Restorasi hutan, Kesehatan hutan, Way Kambas, Forest Health Monitoring, biodiversitas, vitalitas, produktivitas.

ABSTRACT

ANALYSIS OF FOREST HEALTH STATUS IN THE RESTORATION AREAS OF RAWA KIDANG AND BAMBANGAN, WAY KAMBAS NATIONAL PARK

By

Erico Isma Dirgantara

Monitoring forest health status is essential to assess the ecological condition of forests, ensure the sustainability of ecosystem functions, and support the conservation of endemic wildlife in Way Kambas National Park. Based on this premise, this study aims to evaluate the forest health status in the restoration areas of Rawa Kidang and Bambang using the Forest Health Monitoring (FHM) method, focusing on indicators such as productivity, vitality, biodiversity, and site quality. The study was conducted from July to September 2024, with data collection carried out using the cluster plot method. The results showed that the Rawa Kidang restoration area had a forest health status with a final score of 7.85, categorized as moderate, reflecting an ecological condition that supports ecosystem sustainability. Meanwhile, the Bambang restoration area had a final forest health score of 6.45, also categorized as moderate but with a lower health status compared to Rawa Kidang. The conclusion of this study is that Rawa Kidang exhibits better forest health conditions than Bambang, but both locations require continuous monitoring to ensure successful restoration. Recommendations include adaptive management based on data, invasive species control, diversification of plant species, and soil quality improvement to support ecosystem sustainability and endemic wildlife conservation.

Keywords: Forest restoration, forest health, Way Kambas, Forest Health Monitoring, biodiversity, vitality, productivity.

**ANALISIS STATUS KESEHATAN HUTAN DI AREAL RESTORASI
RAWA KIDANG DAN BAMBANGAN TAMAN NASIONAL WAY
KAMBAS**

Oleh

Erico Isma Dirgantara

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Kehutanan
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi : **ANALISIS STATUS KESEHATAN HUTAN
DI AREAL RESTORASI RAWA KIDANG
DAN BAMBANGAN TAMAN NASIONAL
WAY KAMBAS**

Nama : **Erico Isma Dirgantara**

NPM : 2114151040

Proram Studi : Kehutanan

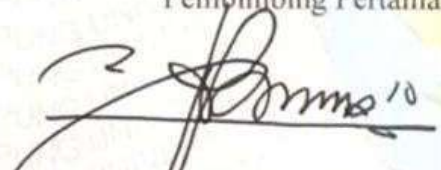
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI,

Komisi Pembimbing

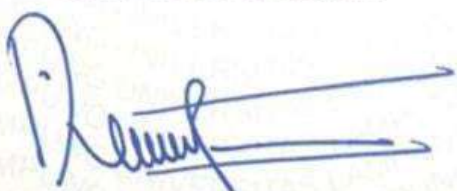
Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

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

 **Machya Kartika Tsani, S. Hut., M.Sc.**
NIP. 198809102015042004

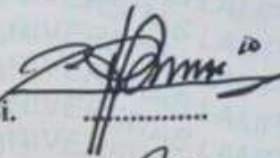
Ketua Jurusan Kehutanan


Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM.
NIP 19731012199032001

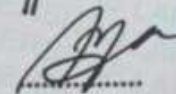
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : Machya Kartika Tsani, S. Hut., M.Sc.



Anggota : Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P.



Dr. Fitaswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Skripsi: 21 Januari 2025

SURAT PERNYATAAN

Yang bertanda tangan dibawah ini :

Nama Mahasiswa : Erico Isma Dirgantara
NPM : 2114151040
Jurusan : Kehutanan
Alamat Rumah : Jl. H Moong No 66, Kelurahan Baru, Kecamatan Pasar Rebo, Jakarta Timur, Provinsi Daerah Khusus Jakarta

Menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul Dengan ini menyatakan dengan sebenarnya bahwa skripsi dengan judul "**Analisis Status Kesehatan Hutan di Areal Restorasi Rawa Kidang dan Bambangan, Taman Nasional Way Kambas**" adalah karya saya sendiri dan saya tidak melakukan kecurangan yang tidak sesuai dengan etika ilmiah yang berlaku dalam masyarakat akademik.

Atas pernyataan ini, apabila dikemudian hari ditemukan adanya ketidakbenaran, saya bersedia menanggung sanksi yang diberikan kepada saya, serta bersedia dituntut sesuai dengan hukum yang berlaku.

Bandar Lampung,
Yang membuat pernyataan



10000
METERAI
TEMPEL
D8315AMX234154428

Erico Isma Dirgantara
NPM 2114151040

RIWAYAT HIDUP



Penulis memiliki nama lengkap Erico Isma Dirgantara dilahirkan di Jakarta, 8 April 2002. Anak keempat dari empat bersaudara dari Bapak Iswadi dan Ibu Maria Patrisia. Penulis menempuh pendidikan di SD Negeri Baru 06 Pagi tahun 2008-2014, SMP Negeri 179 Jakarta tahun 2014-2017, SMA Budhi Warman II Jakarta tahun 2017-2020. Tahun 2021, Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung angkatan 2021, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN). Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif menjadi anggota Himpunan Mahasiswa Jurusan Kehutanan (Himasyulva) Universitas Lampung tahun 2021-2024.

Kegiatan keprofesian yang pernah diikuti penulis yaitu menjadi asisten praktikum Inventarisasi Hutan semester ganjil pada tahun 2023 dan 2024. Penulis juga melakukan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kelurahan Kasui Pasar, Kecamatan Kasui, Kabupaten Way Kanan pada tahun 2024. Penulis mengikuti kegiatan Praktik Umum (PU) di KHDTK Getas-Ngandong dan KHDTK Wanagama, Jawa Tengah. Selain itu, penulis mempublikasikan penelitian penulis ke jurnal nasional dengan judul “*Biodiversitas Pohon Sebagai Indikator Kesehatan Hutan di Areal Restorasi Bambangan Taman Nasional Way Kambas*” dalam publikasi ilmiah *Jurnal Sylva Scientiae* pada tahun 2025.

SANWACANA

Alhamdulillah Rabbil ‘Alamin, Puji syukur ke hadirat Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan tugas akhir yang berjudul “*Analisis Status Kesehatan Hutan di Areal Restorasi Rawa Kidang dan Bambang, Taman Nasional Way Kambas*”. Penyusunan karya tulis ini tidak terlepas dari dukungan, bantuan, dan bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, atas kebijakan yang diberikan.
2. Ibu Dr. Bainah Sari Dewi, S.Hut., M.P., IPM., selaku Ketua Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, atas arahan dan dukungannya selama proses perkuliahan berlangsung.
3. Bapak Prof. Dr. Rahmat Safe’i, S. Hut., M.Si. sebagai pembimbing skripsi sekaligus pembimbing akademik yang telah membimbing dan menasihati penulis dari awal perkuliahan hingga akhir masa penulisan skripsi. Penulis berterima kasih untuk seluruh masukan, gagasan, kritik, dukungan, dan terutama inspirasi yang telah diberikan;
4. Ibu Machya Kartika Tsani, S.Hut., M.Sc. selaku pembimbing dua yang telah memberikan banyak masukan, kritik, dan panduan penulis dalam mengerjakan tugas akhir peneliti.
5. Bapak Dr. Hari Kaskoyo, S.Hut., M.P. sebagai Pembahas yang memberikan masukan dan saran untuk Peneliti demi kesempurnaan Skripsi.
6. Seluruh dosen, staff dan karyawan di Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang memberikan ilmu, bantuan, serta pelajaran hidup bagi penulis selama masa perkuliahan;

7. Balai Taman Nasional Way Kambas, Asosisasi Lestari Rimba Terpadu (AleRT), dan *Indonesian Rhino Initiative* (IRI) atas dukungan untuk melakukan penelitian di areal Restorasi Bambangan dan Rawa Kidangi dan informasi yang dibutuhkan penulis;
8. Insan berharga, Bapak Iswadi dan Ibu Maria Patrisia atas doa dan segala dukungan yang dibutuhkan penulis dalam menjalani proses hidup dan masa perkuliahan, Saudara Kandung Penulis Mba Dita Isma Pratiwi, Mas Alfian Ismadianto (Apol) dan Kak Dita Asmara Putri yang memberikan contoh, menemani dan menuntun penulis tumbuh hingga kini adanya;
9. Saudari Syari Mela Simanjuntak. yang selalu menemani, mewarnai, serta memberikan semangat Peneliti selama berjuang di bangku perkuliahan;
10. Tim Keshut, Abi Nugroho, Galang Tri Prabowo, Diva Permata Sari, dan Elva Alfiana Maharani yang membersamai penulis dari awal hingga akhir penelitian;
11. Sahabat penulis, Faldo Titus Nugroho, Oktavian Rizky Risnanda, Faiz Al Qorny, Dani Ade Nugraha, Fauzan Ridwan, dan Daffa Naufal yang memberikan support, saran dan selalu mengotori kamar Penulis;
12. Keluarga kehutanan angkatan 2021 (LABORIOSA) Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Penghuni Wisma Dara;
13. Seluruh pihak terkait yang tidak dapat disebutkan satu-persatu baik yang jauh dan dekat.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna. Namun penulis berharap karya sederhana ini dapat memberikan kontribusi nyata dalam menambah wawasan dan menjadi manfaat yang berarti bagi sekitar maupun pembaca demi perkembangan ilmu pengetahuan.

Bandar Lampung,
Penulis



Erico Isma Dirgantara

MOTTO

*“Hiduplah untuk memberi sebanyak-banyaknya, Bukan untuk menerima
sebanyak-banyaknya”
-Laskar Pelangi-*

PERSEMBAHAN

Melalui karya sederhana ini, saya ingin memberikan penghargaan kepada sosok yang berarti dalam hidup saya, Bapak Iswadi, Mama Maria Patrisia, Mba Gita Isma Pratiwi, Mas Alfian Ismadianto, dan Kakak Dita Asmara Putri yang selalu berbagi kebahagiaan dibalik kesederhanaan sedari dulu, kini, dan selamanya.

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR GAMBAR	vii
DAFTAR TABEL	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	2
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
1.1 Taman Nasional Way Kambas	5
2.2 Kesehatan Hutan	5
2.3 Indikator Kesehatan Hutan	6
2.3.1 Produktivitas.....	7
2.3.2 Vitalitas.....	8
2.3.3 Biodiversitas	9
2.3.4 Kualitas Tapak	9
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Waktu dan Tempat.....	11
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Jenis Data dan Sumber Data	14
3.3.1 Data Primer	14
3.3.2 Data Sekunder	14
3.4 Pengambilan Data	14
3.4.1 Penetapan Klaster Plot	14
3.4.2 Pembuatan Klaster Plot	15
3.4.3 Pengumpulan Data Kesehatan Hutan	16
3.5 Analisis Data	21
3.5.1 Penilaian Kesehatan Hutan.....	21

	Halaman
3.5.2 Penentuan Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Kesehatan Hutan Restorasi Rawa Kidang.....	24
4.1.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	24
4.1.2 Indikator Vitalitas	25
4.1.4. Biodiversitas Pohon.....	30
4.1.5 Produktivitas Pohon	32
4.1.6 Kualitas Tapak	33
4.1.7 Penilaian Status Kesehatan Hutan Restorasi Rawa Kidang ...	35
4.1.8 Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan Restorasi Rawa Kidang	37
4.2 Analisis Kesehatan Hutan Restorasi Bambang.....	39
4.2.1 Kondisi Umum Lokasi Penelitian	39
4.2.2 Kondisi Kerusakan	39
4.2.3. Kondisi Tajuk	43
4.2.4. Biodiversitas Pohon.....	45
4.2.5 Produktivitas Pohon	46
4.2.6 Kualitas Tapak	48
4.2.7 Penilaian Status Kesehatan Hutan Restorasi Bambang.....	49
4.2.8 Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan Restorasi Bambang...	51
V. SIMPULAN	54
5.1 Simpulan	54
5.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	56
LAMPIRAN	61

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran.....	14
2. Peta Lokasi Penelitian	14
3. Desain Klaster Plot FHM (Mangold 1997; USDA-FS 1999)	16
4. Surat Izin Turun Lapang.....	62
5. Surat izin masuk kawasan konservasi TNWK	63
6. Dokumentasi Penandaan dan penomoran pohon di restorasi rawa kidang	65
7. Pengukuran produktivitas pohon	65
8. Pengukuran Azzimuth dan jarak antar pohon	66
9. Pengamatan kondisi tajuk pohon	66
10. Kerusakan pada daun (Daun Berlubang kode 9;24)	67
11. Kerusakan pada cabang (cabang patah kode 7;22)	67
12. Kerusakan pada batang (Liana 3;20).....	68
13. Kerusakan pada batang (Batang pecah 2;05).....	68
14. Kerusakan pada batang bagian bawah (luka terbuka 2;03).....	69
15. Penilaian transparansi tajuk	69
16. Pengambilan sampel tanah restorasi Rawa Kidang	70
17. Hilangnya pucuk dominan/mati 6;21	70
18. Kerusakan pada batang (Sarang rayap 5;06).....	71
19. Kerusakan pada batang tajuk (liana 5;20).....	71
20. Pengambilan sampel tanah Bambang.....	72
21. Penentuan titik plot pertama.....	72
22. Pengujian PH masing-masing sampel tanah	73
23. Foto bersama pendamping lapangan TNWK di restorasi Rawa Kidang	73
24. Foto bersama perlajanan menuju restorasi Bambang.....	74
25. Foto peneliti bersama rekan-rekan dan pendamping lapangan AleRT..	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Titik ikat dan lokasi klaster plot Rawa Kidang	11
2. Titik ikat dan lokasi klaster plot Bambang.....	12
3. Lokasi kerusakan pohon (Mangold 1997; USDA-FS 1999).....	18
4. Tipe kerusakan pohon	18
5. Nilai pembobotan untuk setiap kode lokasi, tipe, dan tingkat keparahan/ kerusakan pohon	19
6. Lokasi kerusakan pohon Restorasi Rawa Kidang.....	25
7. Tipe kerusakan pohon di Restorasi Rawa Kidang.....	27
8. Nilai kerusakan pohon di Restorasi Rawa Kidang.....	28
9. Nilai kondisi tajuk pohon di Restorasi Rawa Kidang	29
10. Nilai keanekaragaman pohon.....	30
11. Nilai LBDs pada klaster plot Restorasi Rawa Kidang	32
12. Nilai pH tanah klaster-plot penilaian kesehatan hutan Rawa Kidang...	34
13. Nilai tertimbang indikator ekologis Kesehatan hutan.....	35
14. Nilai interval skor masing-masing indikator Kesehatan hutan Rawa... Kidang.....	36
15. Skor masing-masing indikator kesehatan hutan Rawa Kidang.....	36
16. Nilai ambang batas Kesehatan hutan Rawa Kidang	37
17. Nilai akhir dan status kesehatan hutan di areal Restorasi Rawa Kidang	37
18. Kode lokasi kerusakan pohon di Restorasi Bambang	40
19. Tipe kerusakan pohon di Restorasi Bambang	41
20. Nilai kerusakan pohon di Restorasi Bambang	42
21. Nilai kondisi tajuk pohon di Restorasi Bambang.....	44
22. Nilai keanekaragaman pohon di Restorasi Bambang.....	45
23. Nilai LBDs pada klister plot Restorasi Bambang	46
24. Nilai pH tanah klaster-plot penilaian kesehatan hutan restorasi..... Bambang	48
25. Nilai interval skor masing-masing indikator ekologis kesehatan hutan Restorasi Bambang.....	49

Tabel	Halaman
26. Nilai skor masing-masing indikator Kesehatan hutan	50
27. Nilai ambang batas kesehatan hutan Restorasi Bambang	51
28. Nilai akhir dan status kesehatan hutan di areal Restorasi Bambang..	52

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Taman Nasional Way Kambas (TNWK) merupakan salah satu Taman Nasional tertua di Indonesia yang terletak di Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung yang luasnya mencapai 125.631,31 ha (Murti, 2019). TNWK merupakan salah satu kawasan konservasi penting di Indonesia yang memiliki berbagai keanekaragaman hayati, termasuk satwa-satwa yang terancam punah seperti Badak Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*). Keberadaan badak di Way Kambas sangat tergantung pada ketersediaan sumber pakan alami di habitatnya. Salah satu upaya yang dilakukan untuk memastikan ketersediaan pakan bagi badak adalah melalui program restorasi habitat, khususnya di Zona Restorasi Rawa Kidang dan Restorasi Bambang.

Restorasi Rawa Kidang dan Bambang bertujuan untuk memulihkan kondisi ekosistem yang telah mengalami degradasi. Kondisi lingkungan yang optimal sangat penting untuk mendukung pertumbuhan vegetasi yang menjadi sumber pakan badak. Badak Sumatra adalah hewan herbivora yang membutuhkan ragam tumbuhan sebagai sumber makanan utamanya, seperti daun-daunan, buah-buahan, dan ranting-ranting muda (Sugeng, 1998). Oleh karena itu, pemulihan vegetasi di zona restorasi ini sangat krusial. Rawa Kidang berperan sebagai habitat basah yang mendukung tumbuhnya berbagai jenis tanaman rawa yang menjadi pakan utama bagi badak. Restorasi Rawa Kidang melibatkan upaya rehabilitasi vegetasi dengan menanam kembali jenis-jenis tanaman yang disukai oleh badak.

Restorasi Bambang mencakup area yang lebih luas dan beragam dengan kondisi tanah yang lebih kering dibandingkan Rawa Kidang. Restorasi di sini

fokus pada penanaman kembali spesies tumbuhan yang berguna sebagai pakan badak serta pengendalian spesies invasif yang dapat mengancam keberlanjutan vegetasi lokal. Pemantauan status kesehatan hutan merupakan bagian penting dari sebuah program restorasi. Ini mencakup pengamatan terhadap kepadatan dan keragaman vegetasi, menilai apakah restorasi berhasil meningkatkan jumlah dan jenis tanaman yang menjadi pakan badak, kualitas tanah dan air, serta memastikan bahwa kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan vegetasi.

Penilaian status kesehatan hutan adalah suatu metode yang digunakan untuk menilai status terkini, perubahan, serta trend jangka panjang. Kesehatan hutan dilakukan dengan menilai indikator-indikator ekologis yang dapat diukur (Mangold, 1997). Pengawasan kesehatan hutan diperlukan sebagai langkah untuk memahami kondisi kesehatan hutan. Menilai kesehatan hutan bertujuan untuk mengevaluasi dan mengukur tingkat kesehatan hutan, memungkinkan para pengelola hutan untuk memahami kondisinya dan membuat keputusan yang tepat secara cepat dan akurat (Safe'i *et al.*, 2016). Selain itu, penilaian status kesehatan hutan diperlukan untuk mengontrol tingkat kerusakan hutan, yang bertujuan untuk menjamin fungsi dan manfaat dari hutan tersebut. Oleh karena itu, untuk memastikan keberlanjutan ekosistem di Zona Restorasi Rawa Kidang dan Bambang di Taman Nasional Way Kambas serta mendukung kelestarian hutan, diperlukan kegiatan penilaian status kesehatan hutan.

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang sudah dijelaskan, tujuan penelitian adalah sebagai berikut.

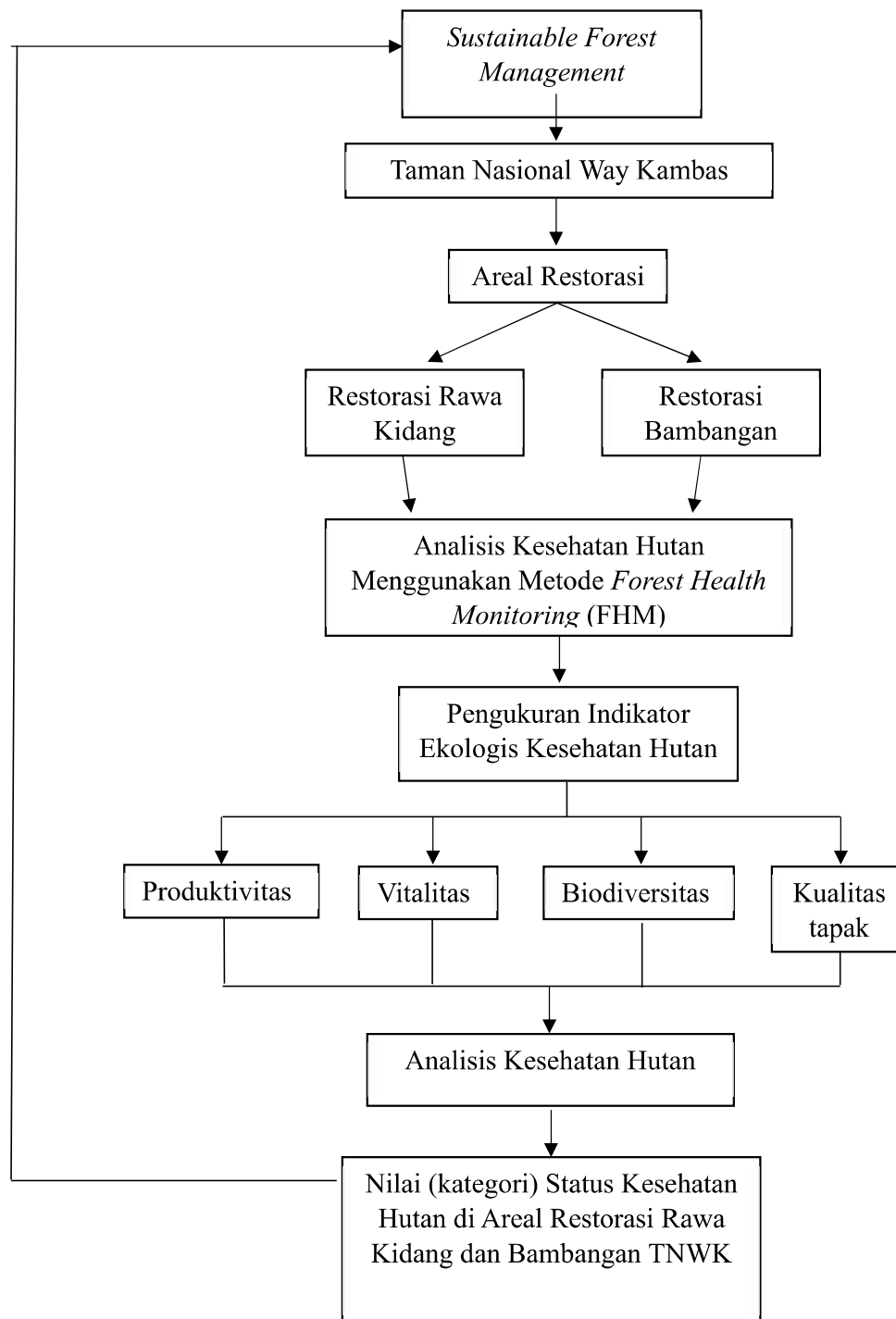
1. Mengetahui nilai indikator ekologis kesehatan hutan biodiversitas, vitalitas, produktivitas, dan kualitas tapak di Restorasi Rawa Kidang dan Bambang Taman Nasional Way Kambas.
2. Mendapatkan nilai (kategori) status kesehatan hutan di Restorasi Rawa Kidang dan Bambang Taman Nasional Way Kambas.

1.3 Kerangka Pemikiran

Kini Taman Nasional Way Kambas merupakan taman nasional yang di dalamnya berisi beberapa satwa endemik yang terancam punah salah satunya

Badak Sumatra (*Dicerorhinus sumatraensis*). Penelitian ini dilakukan dengan menganalisis kesehatan hutan di areal restorasi Rawa Kidang dan Bambangan Taman Nasional yang merupakan memiliki areal restorasi yang berfokus pada pemulihan pohon-pohon pakan Badak Sumatra. Penilaian status kesehatan hutan penting untuk memonitoring kondisi terkini suatu hutan. Tujuannya adalah mengevaluasi kesehatan hutan secara menyeluruh agar para pengelola hutan bisa membuat keputusan yang tepat dengan cepat dan akurat. Pengawasan yang rutin memungkinkan pendeteksian masalah dalam hutan lebih awal, sehingga tindakan yang tepat dapat segera dilakukan untuk menjaga kelestarian hutan dan sumber daya alamnya. Kesehatan hutan diukur menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) dengan menilai setiap indikator ekologis kesehatan hutan untuk memperoleh nilai yang akurat dan dapat dipercaya (Safe'i, 2017).

Penilaian kondisi kesehatan hutan dengan menggunakan metode *Forest Health Monitoring* (FHM) bergantung pada penilaian terhadap indikator-indikator yang dapat memberikan gambaran menyeluruh tentang kondisi tegakan hutan (Indriani, 2020). Indikator-indikator ekologis untuk menilai kesehatan hutan mencakup produktivitas, biodiversitas, vitalitas, dan kualitas tanah. Data lapangan yang dikumpulkan untuk mengukur indikator kesehatan hutan ini mencakup pertumbuhan pohon untuk menilai produktivitas, kondisi kerusakan pohon dan tajuk untuk mengukur vitalitas, kualitas tanah untuk menilai kesuburan tanah, serta biodiversitas (Safe'i *et al.*, 2015), dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

II. TINJAUAN PUSTAKA

1.1 Taman Nasional Way Kambas

Taman Nasional Way Kambas adalah kawasan konservasi yang mencakup habitat hutan dataran rendah khas Sumatera, termasuk padang rumput dan semak belukar, hutan pantai, serta hutan rawa air tawar (Murti, 2019). Berdasarkan Surat Keputusan Menteri Kehutanan Nomor 670/Kpts-II/1999 tanggal 26 Agustus 1999, luas taman nasional ini sekitar 125.631,31 hektar. Berdasarkan SK Menteri Kehutanan No. 14/Menhut-II/1989, kawasan ini memiliki luas 130.000 hektar dan mencakup Kecamatan Way Jepara, Labuhan Maringgai, Sukadana, Purbolinggo, Rumbia, dan Seputih Surabaya di Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Terletak di sebelah timur Lampung, taman nasional ini terkenal dengan daya tarik utamanya, yaitu gajah. Selain itu, Way Kambas juga menjadi habitat bagi banyak spesies langka lainnya seperti harimau dan badak Sumatera. Suhu di kawasan ini berkisar antara 28° hingga 37°C dengan curah hujan tahunan antara 2.500 hingga 3.000 mm, dan ketinggiannya berada di antara 0 hingga 60 meter di atas permukaan laut. Secara geografis, terletak di koordinat 4°37' – 5°15' LS dan 106°32' – 106°52' BT.

2.2 Kesehatan Hutan

Menilai status kesehatan hutan merupakan cara untuk mengendalikan tingkat kerusakan hutan agar tetap berada dibawah ambang ekonomi dan ekologis yang masih dapat diterima untuk menjamin keamanan investasi, produksi, lindung, konservasi, serta fungsi lain hutan sesuai dengan tipe hutan (Safe'i *et al.*, 2019). Menurut Safe'i *et al* (2018), kesehatan hutan adalah faktor kunci dalam memastikan bahwa hutan dapat menjalankan fungsinya dengan efektif. Bahwa

hutan yang sehat masih mampu memenuhi fungsi utamanya, seperti produksi, perlindungan, dan konservasi, sesuai dengan tujuan yang telah ditetapkan sebelumnya. Anshori *et al* (2020) juga menegaskan bahwa ketika hutan berada dalam keadaan sehat, maka fungsi-fungsi utama dari hutan akan tetap terjaga. Secara ekologis, hutan yang sehat dicirikan oleh keseimbangan interaksi antara semua komponen yang ada di dalamnya (Safe'i *et al.*, 2016).

Keseimbangan ekosistem mendukung stabilitas hutan, membuatnya lebih fleksibel terhadap gangguan. Kesehatan tegakan pohon hutan adalah indikator kondisi hutan yang sehat. Pohon yang sehat yaitu dapat menjalankan fungsi fisiologisnya dengan baik dan memiliki tingkat ketahanan ekologi yang tinggi terhadap berbagai gangguan dan faktor luar, seperti yang dijelaskan oleh Silalahi (2017). Evaluasi kesehatan hutan dilakukan melalui pemantauan kesehatan hutan, yang bertujuan untuk mengamati kondisi saat ini, perubahan yang mungkin terjadi di masa mendatang, dan kecenderungan yang mungkin timbul akibat aktivitas yang dilakukan di area hutan tersebut (Haikal *et al.*, 2020). Metode yang umum digunakan dalam pemantauan kesehatan hutan adalah *Forest Health Monitoring* (FHM) (Apriliyani *et al.*, 2020). Kegiatan pemantauan ini memberikan informasi tentang kondisi kesehatan hutan dengan menggunakan indikator yang dapat diukur (Safe'i *et al.*, 2015). Melalui pemantauan kesehatan hutan dengan FHM, dapat diketahui apakah suatu ekosistem hutan dalam keadaan sehat atau tidak).

2.3 Indikator Kesehatan Hutan

Metode *Forest Health Monitoring* (FHM) diperkenalkan oleh USDA Forest Service sebagai alat pemantauan kondisi kesehatan hutan, awalnya dirancang untuk wilayah beriklim sedang (Mongold, 1997). Kemudian, berdasarkan panduan metode FHM dari USDA *Forest Health Monitoring Field Guide*, beberapa negara di Amerika dan Asia mulai mengadopsi metode ini. Indonesia menjadi negara pertama yang melakukan penelitian tentang keandalan penerapan metode FHM untuk hutan tropis (Simajorang *et al.*, 2018). Penggunaan FHM di Indonesia telah disesuaikan dan dimodifikasi sesuai dengan karakteristik dan kondisi ekosistem hutan yang beragam di Indonesia. Metode FHM memberikan informasi tentang status terkini, perubahan, dan kecenderungan kondisi ekosistem

hutan (Sagita, 2015). FHM merupakan kegiatan pemantauan hutan yang bertujuan untuk menganalisis kondisi hutan saat ini dan masa depan. Tujuan dari penggunaan metode FHM adalah untuk memberikan pedoman dalam menilai status dan kecenderungan kesehatan ekosistem hutan.

Menurut Putri *et al* (2016) indikator kesehatan hutan merupakan variabel, baik dalam bentuk kuantitatif maupun kualitatif, yang dapat diukur atau dideskripsikan untuk menyimpulkan kondisi kesehatan hutan. Data yang diperoleh dari klaster plot pemantauan kesehatan hutan mencakup informasi dari setiap parameter indikator kesehatan hutan. Pendapat ini sejalan dengan pandangan Putra (2004), yang menyatakan bahwa pemantauan kesehatan hutan menggunakan indikator-indikator ekologis yang dapat diukur. Evaluasi kondisi kesehatan hutan menggunakan metode FHM melibatkan pengumpulan data dari indikator-indikator kesehatan hutan. Terdapat empat indikator yang relevan untuk hutan tropis Indonesia, yaitu produksi, biodiversitas, vitalitas, dan kualitas tapak (Supriyanto *et al.*, 2001). Metode FHM ini digunakan secara komprehensif karena indikator-indikator yang digunakan saling berinteraksi satu sama lain (Putri *et al.*, 2016).

2.3.1 Produktivitas

Produktivitas tanaman merupakan salah satu indikator penting yang menentukan keberhasilan dalam proses penanaman (Hardjana dan Suastati, 2014). Evaluasi produktivitas dilakukan dengan mengukur pertumbuhan pohon, yang sering kali diukur melalui peningkatan luas bidang dasar (LBDs) atau luas penampang (Sadono *et al.*, 2012). Luas bidang dasar (LBDs) tanaman dapat diketahui dengan mengukur diameter batang pohon. Diameter batang diukur pada ketinggian 1,3 meter di atas permukaan tanah. Namun, dalam beberapa situasi, pengukuran diameter pada ketinggian tersebut tidak memungkinkan dilakukan. Oleh karena itu, ada beberapa metode alternatif yang dapat digunakan untuk mengukur diameter pohon sesuai dengan skema yang ditentukan.

1. Untuk pohon yang tumbuh di tanah berlereng, pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 1,3 meter dari permukaan tanah di bagian atas lereng.

2. Untuk pohon yang memiliki cabang dibawah 1,3 meter, pengukuran diameter pohon dilakukan pada ketinggian 1,3 meter, dan semua cabang yang ada diukur.
3. Untuk pohon yang memiliki benjolan pada ketinggian 1,3 meter, pengukuran diameter dilakukan pada jarak 20cm setelah benjolan.
4. Pada pohon yang memiliki banir (batas akar papan) pada ketinggian 1,3 meter, pengukuran diameter dilakukan pada jarak 20cm setelah banir. Namun, jika banir tersebut mencapai ketinggian lebih dari 3 meter, maka diameter batang diperkirakan (Novianti *et al.*, 2021).

2.3.2 Vitalitas

Penilaian vitalitas menggambarkan tentang kekuatan suatu hutan dari adanya pengaruh alam ataupun makhluk hidup. Hal tersebut mempengaruhi kondisi penyusun utama hutan, yaitu pepohonan. Penilaian vitalitas hutan dinilai dari 2 faktor yaitu kondisi tajuk dan kondisi kerusakan pohon. Vitalitas dapat diketahui dengan melakukan pengukuran pada kondisi tajuk dan kondisi kerusakan pohon-pohon yang berada pada plot. Kerusakan pohon dapat diidentifikasi dari setiap kerusakan yang terjadi pada pengamatan mulai dari akar sampai ke bagian pucuk pohon dengan menggunakan metode FHM (Maulana *et al.*, 2021). Selain dari lokasi, kerusakan pohon juga diukur berdasarkan tipe dan tingkat keparahan dari kerusakan yang terjadi pada pohon. Kondisi tajuk diukur dengan metode FHM menggunakan parameter berikut (Nuhamara & Kasno, 2001): diameter tajuk, kerapatan tajuk, rasio tajuk hidup, dieback, dan transparansi tajuk (Safe'i, 2021)

Kerusakan yang terjadi pada pohon juga dapat mengakibatkan pertumbuhan pohon menjadi lambat, kehilangan biomassa, dan terjadinya kondisi tajuk yang miskin, yang pada akhirnya dapat mengakibatkan kematian pohon (Supriyanto, 2018). Kerusakan pada bagian tajuk pohon juga dapat menghambat proses fotosintesis, yang berdampak pada penurunan kualitas fisik dan fisiologis benih yang dihasilkan. Kerusakan-kerusakan ini berpotensi menurunkan produktivitas pohon, yang mana tingkat produktivitas yang tinggi mencerminkan keberhasilan dalam pengelolaan hutan. Oleh karena itu, penting untuk mengevaluasi indikator

kesehatan hutan, seperti vitalitas, melalui kondisi kerusakan pohon dan kondisi tajuk (Safe'i *et al.*, 2021).

2.3.3 Biodiversitas

Keanekaragaman dalam ekosistem hutan memiliki dampak yang signifikan terhadap kesehatan hutan tersebut. Jika keanekaragaman di dalam hutan rendah, maka ekosistem hutan cenderung menjadi tidak stabil dan lebih rentan terhadap gangguan. Tingkat biodiversitas suatu area, khususnya berbagai jenis yang hadir, sangat berperan dalam menentukan stabilitas ekologi suatu ekosistem (Putra, 2004). Tingkat biodiversitas berkaitan langsung dengan fleksibilitas, di mana semakin tinggi tingkat biodiversitas dalam hutan, semakin tinggi pula kemampuan hutan untuk menanggapi gangguan yang muncul (Safe'i *et al.*, 2018). Ekosistem yang stabil dan fleksibel terhadap tekanan atau gangguan memiliki dampak positif terhadap kesehatan tegakan hutan. Oleh karena itu, biodiversitas menjadi indikator penting dalam menilai kesehatan hutan. Parameter seperti indeks kekayaan, indeks kesamaan, indeks pemerataan, atau indeks keanekaragaman jenis digunakan untuk mengukur biodiversitas (Safe'i *et al.*, 2016).

2.3.4 Kualitas Tapak

Menurut Putri *et al.* (2016), pertumbuhan pohon akan optimal jika lingkungan tempat tumbuhnya sesuai dengan kebutuhannya. Pertumbuhan tanaman mencapai hasil terbaiknya saat berada dalam kondisi tapak yang sesuai. Tanaman membutuhkan tanah yang subur untuk mendukung pertumbuhannya. Kesuburan tanah merujuk pada kemampuan tanah untuk menyediakan unsur hara yang cukup dan seimbang dalam bentuk yang dapat diserap oleh tanaman untuk mendukung pertumbuhan dan produksi (Pinatih *et al.*, 2015).

Kesuburan tanah dapat dievaluasi melalui analisis sifat kimia tanah. Beberapa parameter yang digunakan untuk mengukur kesuburan tanah dan mencerminkan kualitas tapak antara lain adalah Kapasitas Tukar Kation (KTK) dan pH tanah. KTK mengindikasikan kemampuan tanah untuk menahan dan menukar kation-kation, yang pada gilirannya menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Tanah dengan KTK tinggi cenderung memiliki ketersediaan unsur hara yang lebih baik untuk tanaman (Azmul *et al.*, 2016). Selain itu, pH tanah

juga menjadi indikator penting dalam penilaian kesuburan tanah karena mempengaruhi ketersediaan unsur hara bagi tanaman. Tanah dengan pH netral lebih mendukung penyerapan unsur hara oleh tanaman secara optimal (Prabowo, 2010).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

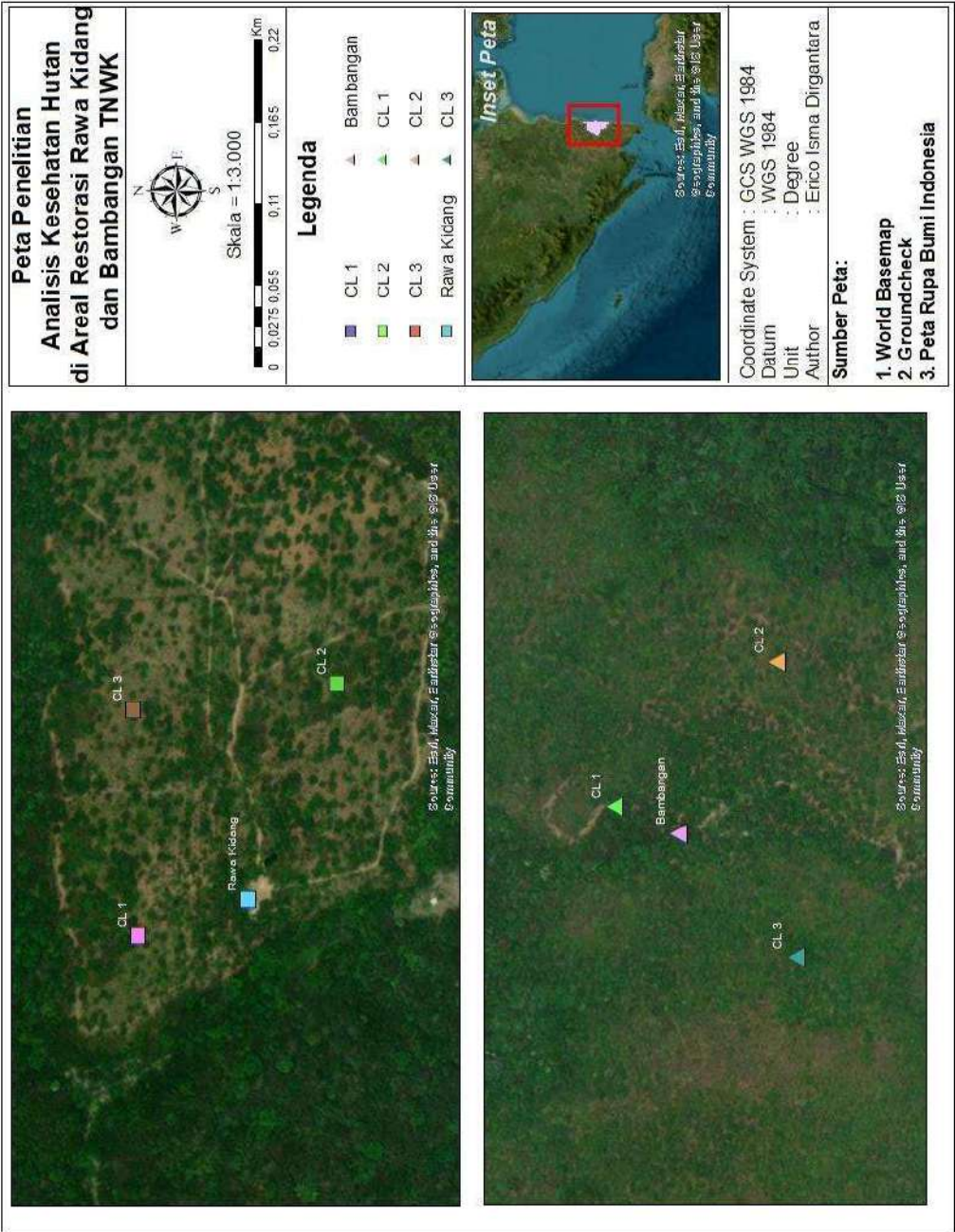
Penelitian ini dilaksanakan di areal restorasi Rawa Kidang dan Restorasi Bambangan Resort Margahayu Taman Wasional Way Kambas. Waktu dilaksanakannya penelitian ini pada bulan Juli-September 2024.

Tabel 1. Titik ikat dan lokasi klaster plot Rawa Kidang

Klaster Plot	Titik Plot	Posisi Geografis		Jarak Titik Ikat Ke Pusat Klaster Plot
		Lintang	Bujur	
Titik Ikat (Gubuk Pekerja) 1		5° 7'48.24"S	105°43'28.65"E	76 meter
	C1P1	5° 7'45.85"S	105°43'27.84"E	
	C1P2	5° 7'44.63"S	105°43'27.72"E	
	C1P3	5° 7'46.28"S	105°43'29.01"E	
	C1P4	5° 7'46.38"S	105°43'26.83"E	
Titik Ikat (Jalan setapak) 2		5° 7'51.55"S	105°43'32.72"E	46 meter
	C2P1	5° 7'50.16"S	105°43'33.34"E	
	C2P2	5° 7'48.11"S	105°43'33.53"E	
	C2P3	5° 7'50.81"S	105°43'34.49"E	
	C2P4	5° 7'50.77"S	105°43'32.27"E	
Titik Ikat (Jalan setapak) 3		5° 7'47.68"S	105°43'31.92"E	64 meter
	C3P1	5° 7'45.74"S	105°43'32.76"E	
	C3P2	5° 7'44.57"S	105°43'32.76"E	
	C3P3	5° 7'46.28"S	105°43'33.77"E	
	C3P4	5° 7'46.35"S	105°43'31.60"E	

Tabel 2. Titik ikat dan lokasi klaster plot Bambang

Klaster Plot	Titik Plot	Posisi Geografis		Jarak Titik Ikat Ke Pusat Klaster Plot
		Lintang	Bujur	
Titik Ikat (Camp Bambang) 1		5° 6'17"S	105°46'20"E	77,31 meter
	C1P1	5° 6'14.85"S	105°46'21.75"E	
	C1P2	5° 6'13.65"S	105°46'21.75"E	
	C1P3	5° 6'15.60"S	105°46'22.62"E	
	C1P4	5° 6'15.56"S	105°46'20.71"E	
Titik Ikat (Jalan setapak) 2		5°06'21"S	105°46'27"E	31,5 meter
	C2P1	5° 6'20.73"S	105°46'26.98"E	
	C2P2	5° 6'19.55"S	105°46'26.95"E	
	C2P3	5° 6'21.37"S	105°46'27.96"E	
	C2P4	5° 6'21.30"S	105°46'25.90"E	
Titik Ikat (Jalan mobil) 3		5°06'24"S	105°46'17"E	107,28 meter
	C3P1	5° 6'21.38"S	105°46'16.29"E	
	C3P2	5° 6'20.26"S	105°46'16.23"E	
	C3P3	5° 6'21.90"S	105°46'17.37"E	
	C3P4	5° 6'21.93"S	105°46'15.19"E	



Gambar 2. Peta Lokasi Penelitian

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini berupa *tallysheet*, roll meter, pita meter, pasak, tali plastik, kompas, hagameter, *Global Positioning System* (GPS), buku panduan kesehatan hutan, dan kamera.

3.3 Jenis Data dan Sumber Data

3.3.1 Data Primer

Berdasarkan metode *Forest Health Monitoring* (FHM), data primer di dapat dengan pengukuran langsung dilapangan dengan menilai beberapa indikator kesehatan hutan menggunakan beberapa klaster plot. Pengukuran parameter kesehatan hutan meliputi data luas penampang lintang batang pohon (LBDs) sebagai data produktivitas pohon. Pengukuran vitalitas yang terdiri dari kerusakan pohon dianalisis menggunakan indeks kerusakan pohon tingkat klaster-plot (*Cluster Plot Level Index-CLI*), sementara kondisi tajuk dinilai dengan menggunakan nilai peringkat penampakan tajuk (*Visual Crown Ratio-VCR*). Pengukuran biodiversitas dinilai berdasarkan indeks keanekaragaman. Kualitas tapak dievaluasi melalui pengukuran nilai pH tanah sebagai indikator kesuburan (Safe'i *et al.*, 2019).

3.3.2 Data Sekunder

Data sekunder merupakan data pendukung penelitian yang didapatkan berdasarkan studi literatur pada sumber pustaka yang terkait dengan penelitian. Data sekunder pada penelitian ini berupa sumber pustaka serta monografi dan data dari berbagai instansi terkait Taman Nasional Way Kambas.

3.4 Pengambilan Data

3.4.1 Penetapan Klaster Plot

Pengumpulan data kesehatan hutan di lapangan, dilakukan dengan pembuatan klaster plot pada area restorasi, penetapan jumlah klaster plot berdasarkan justifikasi peneliti terhadap kondisi lokasi di lapangan berupa pola tanam, kelas umur, dan suksesi pertumbuhan pohon, sehingga peneliti menggunakan 3 klaster plot pada masing-masing lokasi restorasi. Menurut Safe'i

et al (2015), satu klaster plot dengan luas 0,4 hektar dianggap mampu mewakili 1 hektar luasan hutan. Dengan luas masing masing areal restorasi sebesar 50 Ha, maka intensitas sampling yang digunakan sebesar 6%. mengacu pada P.67/Menhut-II/2006 tentang Kriteria dan Standar Inventarisasi Hutan. Dalam menggunakan petak ukur, titik, persegi empat, lingkaran, dan jalur, intensitas sampling minimal yang disyaratkan adalah 0,25%. Oleh karena itu, penggunaan intensitas sampling sebesar 6% dianggap cukup untuk merepresentasikan luasan hutan yang akan dinilai kesehatannya. Penetapan intensitas sampling ini juga mempertimbangkan faktor waktu, biaya, dan kemampuan inventori. Rumus yang digunakan dalam penentuan klaster plot adalah sebagai berikut:

$$n = IS \times N$$

$$n = 6\% \times 50 \text{ ha}$$

$$n = 3 \text{ ha}$$

Keterangan:

n = Luas areal pengamatan

IS = Intensitas sampling (%)

N = Luas total areal yang akan diamati

Sedangkan jumlah kluster plot didapat dari rumus sebagai berikut:

$$n = \frac{\text{Luas Areal Pengamatan (ha)}}{\text{Luas Klaster Plot (ha)}}$$

$$n = \frac{3 \text{ (ha)}}{1 \text{ (ha)}}$$

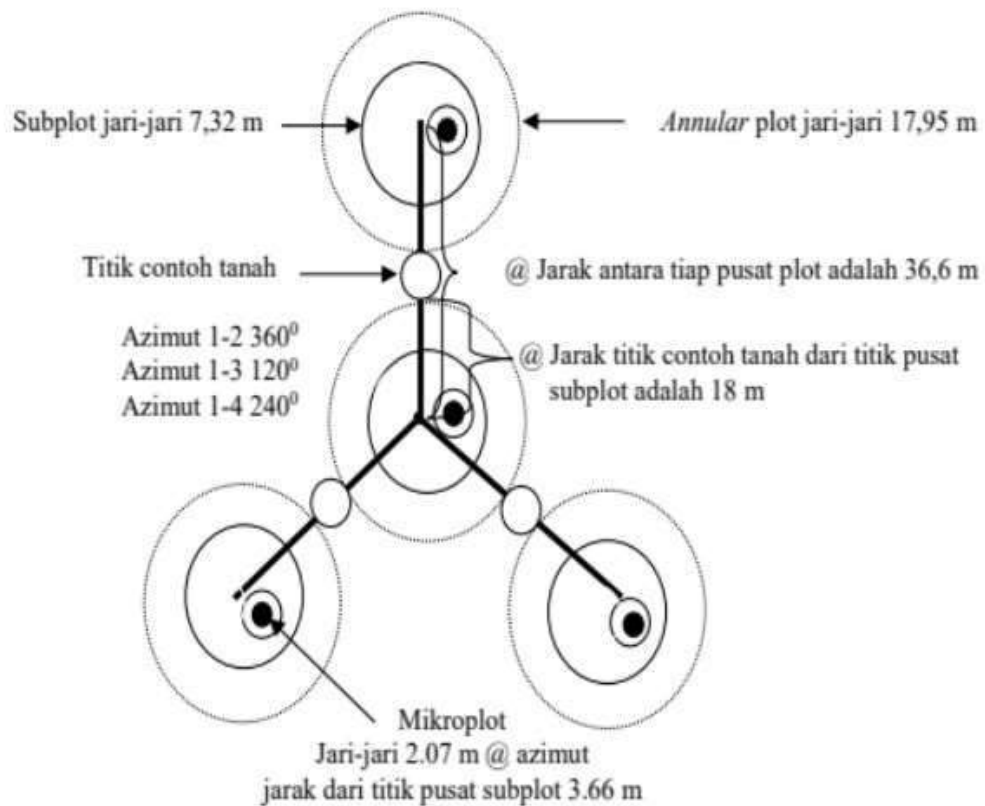
$$n = 3$$

3.4.2 Pembuatan Klaster Plot

Penggunaan klaster plot bertujuan untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data sampel yang dapat merepresentasikan seluruh luas lahan hutan yang diamati. Klaster plot dibuat berdasarkan desain klaster plot FHM dengan kriteria sebagai berikut:

- a. Setiap klaster plot terdiri dari 4 plot sampel yang berbentuk lingkaran.
- b. Klaster plot memiliki annular plot berbentuk lingkaran dengan jari-jari 17,95 meter.

- c. Titik pusat plot 1 menjadi pusat bagi keseluruhan plot sampel dalam satu klaster.
- d. Titik pusat plot 2 terletak pada arah 0° atau 360° dari titik pusat plot 1.
- e. Titik pusat plot 3 terletak pada arah 120° dari titik pusat plot 1.
- f. Titik pusat plot 4 terletak pada arah 240° dari titik pusat plot 1.
- g. Jarak antara masing-masing plot sampel dengan titik pusat klaster (Plot 1) adalah 36,6 meter.
- h. Klaster plot terdiri dari 4 annular plot, 4 subplot, dan 4 mikroplot.
- i. Setiap klaster plot memiliki 3 titik sampel pengambilan tanah, yang terletak pada jarak antara plot 1 dengan ketiga plot sampel lainnya.



Gambar 3. Desain Klaster Plot FHM (Mangold 1997; USDA-FS 1999)

3.4.3 Pengumpulan Data Kesehatan Hutan

Metode yang digunakan untuk mengukur setiap parameter indikator ekologis kesehatan hutan adalah sebagai berikut:

A. Produktivitas

Pengukuran produktivitas dilakukan dengan mengamati pertumbuhan pohon. Pertumbuhan dan perkembangan tegakan dapat diukur menggunakan Luas Bidang Dasar (LBDs), yang merupakan penampang lintang batang pada ketinggian 1,3 meter di atas permukaan tanah (Midi *et al.*, 2015). LBDs dihitung sebagai fungsi kuadrat dari diameter rata-rata pada tinggi dada atau *Diameter at Breast Height* (DBH). Diameter pohon diukur pada ketinggian 1,3 meter sesuai standar DBH. Untuk pohon bercabang di atas ketinggian 1,3 meter, diameter batang diukur pada titik tersebut dan dianggap sebagai satu pohon. Sementara itu, pohon dengan cabang di bawah 1,3 meter diukur pada kedua cabangnya dan masing-masing cabang dianggap sebagai dua pohon. Jika cabang pohon berada tepat pada ketinggian 1,3 meter, diameter batang diukur pada titik tersebut dan dianggap satu pohon. Adapun untuk pohon yang memiliki banir dengan ketinggian lebih dari 1,3 meter, pengukuran diameter dilakukan pada ketinggian 20 cm di atas banir. Selanjutnya, Luas Bidang Dasar pohon dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\text{LBDs} = \frac{1}{4} \pi d^2 \text{ (Juniarti et al., 2017).}$$

B. Vitalitas

Kerusakan pada pohon, sebagai salah satu parameter indikator kesehatan ekologis hutan, dikenal sebagai vitalitas. Pentingnya parameter ini karena kerusakan pada pohon dapat berdampak pada kuantitas dan kualitas kayu yang dihasilkan oleh hutan (Putra *et al.*, 2010). Evaluasi kerusakan pada pohon melibatkan penilaian lokasi kerusakan. Lokasi kerusakan pohon adalah tempat atau lokasi kerusakan yang terjadi pada tubuh pohon. Pohon dengan tipe daun lebar dan tipe daun jarum memiliki kenampakan yang berbeda, terutama pada batang pokok dan percabangannya. Untuk itulah, dibedakan cara pengkodean lokasi kerusakan pohon yang bertipe daun jarum dan daun lebar. Sebaran lokasi kerusakan pada pohon daun lebar dan daun jarum dapat dideskripsikan dalam tabel deskripsi kerusakan pohon yang disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Lokasi kerusakan pohon (Mangold 1997; USDA-FS 1999)

Kode	Lokasi kerusakan pohon
0	Tidak ada kerusakan
1	Akan dan tunggak muncul (12 inci/ 30 cm tingginya titik ukur di atas 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

Tipe kerusakan pada pohon dinilai berdasarkan tingkat ambang keparahan, dengan mempertimbangkan kerusakan yang memenuhi ambang batas yang telah ditetapkan sebelumnya (Safe'i *et al.*, 2020). Bentuk-bentuk kerusakan ini disebut juga dengan tipe kerusakan. Macam tipe kerusakan berdasarkan USDA-FS (1999) ditampilkan di bawah ini:

Tabel 4. Tipe kerusakan pohon

Kode	Tipe kerusakan
01	Kanker
02	Konk, tubuh buah dan indikator lain
03	Luka terbuka
04	Resinosis/ gumosis
05	Batang pecah
06	Sarang rayap
11	Batang/ akar patah < 3 kaki dari batang
12	Brum pada akar/ batang
13	Akar patah/ mati > 3 kaki dari batang
20	Liana
21	Hilangnya pucuk dominan/ mati

Tabel 4. Lanjutan

Kode	Lokasi Kerusakan Pohon
22	Cabang patah/ mati
23	Percabangan/ brum yang berlebihan
24	Daun, pucuk atau tunas rusak
25	Daun berubah warna
26	Karat puru/ tumor
31	Lain-lain

Sedangkan untuk mengetahui nilai pembobotan dari setiap kode tipe kerusakan, tingkat keparahan, dan lokasi kerusakan digunakan tabel pembobotan yang disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Nilai pembobotan untuk setiap kode lokasi, tipe, dan tingkat keparahan/ kerusakan pohon

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

Selain kerusakan pada pohon, keadaan tajuk pohon juga menjadi salah satu indikator ekologis vitalitas kesehatan hutan. Kondisi tajuk pohon dinilai melalui evaluasi *Visual Crown Ratio* (VCR). Menurut Nuhamara dan Kasno (2001), dalam metode FHM, kondisi tajuk pohon diukur berdasarkan beberapa parameter, termasuk rasio tajuk hidup (*Live Crown Ratio/LCR*), kerapatan tajuk (*Crown Density/Cden*), transparansi tajuk (*Foliage Transparency/FT*), diameter tajuk (*Crown Diameter Width* dan *Crown Diameter at 90°*), dan *dieback* (CDB). Nilai

VCR diberikan berdasarkan kriteria yang telah dikembangkan oleh Putra (2004), dengan kategori Bagus (nilai=3), Sedang (nilai=2), dan Jelek (nilai=1).

C. Kualitas Tapak

Indikator kualitas tapak dievaluasi dengan mempertimbangkan parameter kesuburan tanah melalui sifat-sifat kimia tanah (Pinatih *et al.*, 2015). Penelitian ini memfokuskan pada pengukuran pH tanah karena ini adalah cara yang mudah, ekonomis, dan informatif untuk menilai ketersediaan unsur hara bagi tanaman. pH tanah memiliki peran kunci dalam menentukan ketersediaan unsur hara bagi tanaman, di mana kondisi pH netral secara umum menunjukkan ketersediaan unsur hara yang optimal (Gunawan *et al.*, 2019). Sampel tanah diambil dari kedalaman 0-10 cm dari 3 titik berbentuk lingkaran yang terletak di antara 2 plot, dengan masing-masing lingkaran berdiameter 15 cm. Pengukuran pH tanah dilakukan menggunakan pH meter untuk menilai tingkat keasaman tanah yang mendukung kondisi kesuburan tanah. Penilaian pH tanah didasarkan pada standar yang ditetapkan oleh Balai Pusat Penelitian Tanah (Triharto *et al.*, 2014). Penilaian pH tanah terbagi menjadi 6 kriteria yaitu, pH <4,5 sangat masam, pH 4,5-5,5 masam, pH 5,6-6,5 agak masam, pH 6,6-7,5 netral, pH 7,6-8,5 agak basa, dan pH >8,5 Basa.

D. Biodiversitas

Pengukuran biodiversitas dilakukan dengan menggunakan parameter indeks keanekaragaman jenis, yang sering disebut *diversity index*. Penggunaan indeks keanekaragaman jenis ini dipilih karena keanekaragaman jenis pohon dalam hutan sangat sensitif terhadap perubahan. Perhitungan indeks keanekaragaman jenis dapat memberikan gambaran tentang tingkat stabilitas ekosistem hutan (Safe'i *et al.*, 2018). Dengan kondisi hutan yang stabil, hutan menjadi lebih adaptif terhadap gangguan yang mungkin terjadi. Perhitungan indeks keanekaragaman jenis menggunakan rumus Shannon-Wiener Index (Adellina *et al.*, 2016), yang meliputi:

$$H' = \sum_{i=1}^S P_i \cdot \ln P_i$$

Dengan keterangan:

H' = Indeks Shannon-Wiener

$P_i = n_i/N$

P_i = Jumlah Individu ke- i

n_i = Jumlah individu jenis ke - i

N = Jumlah individu seluruh jenis

Berdasarkan Shannon-Whiener dalam Soerianegara *et al.*, (2005), jika didapatkan H' bernilai <1 maka keanekaragaman vegetasi kurang stabil, H' antara 1-2 maka vegetasi penyusun hutan tergolong stabil, dan jika H' bernilai >2 , maka komposisi penyusun vegetasi sangat stabil

3.5 Analisis Data

3.5.1 Penilaian Kesehatan Hutan

Hasil dari evaluasi kesehatan hutan pada setiap klaster plot dihitung dengan menggunakan rumus berikut (Safe'i *et al.*, 2015):

- Nilai akhir indikator kesehatan hutan
- Nilai tertimbang dari setiap parameter indikator ekologis kesehatan hutan
- Nilai skor dari setiap parameter indikator ekologis kesehatan hutan

Setelah itu, nilai akhir kesehatan hutan pada setiap klaster plot diklasifikasikan ke dalam 3 kategori: bagus, sedang, dan buruk (Safe'i dan Tsani, 2016). Klasifikasi ini didasarkan pada nilai ambang batas kesehatan hutan. Nilai ambang batas kesehatan hutan ditentukan berdasarkan interval nilai akhir kesehatan hutan tertinggi dan terendah. Rumus untuk menentukan interval nilai ambang batas setiap kategori kesehatan hutan adalah sebagai berikut:

$$\text{Interval nilai} = \frac{NKH \text{ Tertinggi} - NKH \text{ Terendah}}{\text{Jumlah Kelas}}$$

I. Penetapan Nilai Tertimbang

Nilai tertimbang adalah representasi dari tingkat pentingnya setiap indikator dalam perannya sebagai penanda kesehatan ekologis hutan. Nilai-nilai ini, yang digunakan dalam evaluasi kesehatan hutan didasarkan pada referensi dari penelitian yang dilakukan oleh Safe'i *et al* (2015). Berikut adalah nilai-nilai

tertimbang untuk setiap indikator ekologis kesehatan hutan: Produktivitas = 0,32 ; Kualitas tapak = 0,27; VCR = 0,22; CLI = 0,27 Biodiversitas=0,15

II. Penentuan Nilai Skor

Nilai skor didapatkan melalui transformasi dari nilai parameter- parameter setiap indikator ekologi kesehatan hutan. Nilai skor yang ditentukan mulai dari 1-10 (Safe'i dan Tsani, 2016). Interval untuk setiap nilai skor dari masing masing parameter indikator kesehatan hutan ditentukan dengan rumus berikut:

$$\text{Interval nilai skor setiap parameter} = \frac{\text{Nilai skor tertinggi} - \text{Nilai skor terendah}}{\text{Jumlah kelas skor}}$$

Transformasi untuk menentukan besarnya nilai skor setiap kesehatan hutan yaitu sebagai berikut:

- Nilai skor pertumbuhan pohon didasarkan atas besaran nilai LBDs setiap klaster yang disesuaikan dengan kelas interval nilai skornya.
- Nilai skor kerusakan pohon didasarkan atas besaran nilai CLI setiap klaster plot yang disesuaikan dengan kelas interval nilai skornya.
- Penilaian kondisi tajuk dilakukan berdasarkan nilai VCR dari setiap klaster plot yang disesuaikan dengan interval kelas nilai skornya.
- Penilaian keanekaragaman jenis didasarkan pada nilai H' dari setiap klaster plot yang disesuaikan dengan interval kelas nilai skornya.
- Penilaian kesuburan tanah dilakukan berdasarkan nilai pH tanah dari setiap klaster plot yang disesuaikan dengan interval kelas nilai skornya.

Semakin tinggi nilai skornya menunjukkan kondisi parameter indikator kesehatan hutan yang semakin baik, mengindikasikan perbaikan kesehatan hutan secara keseluruhan. Sebaliknya, untuk kerusakan pohon, semakin tinggi nilai skornya menunjukkan tingkat kerusakan yang semakin rendah (Ansori *et al.*, 2020).

3.5.2 Penentuan Nilai Akhir Status Kesehatan Hutan

Penilaian kesehatan hutan diperoleh dari nilai akhir kondisi kesehatan hutan. Nilai akhir kondisi kesehatan hutan merupakan hasil perkalian dari rumus

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

Keterangan :

NKH : Nilai akhir kesehatan hutan

NT : Nilai tertimbang setiap indikator kesehatan hutan

NS : Nilai skor setiap indikator

Adapun kategori status kesehatan hutan diperoleh dari nilai ambang batas kesehatan hutan.

.

V. SIMPULAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, nilai akhir kesehatan hutan di areal restorasi Rawa Kidang dan Bambang bervariasi tergantung pada kondisi masing-masing klaster. Untuk area Rawa Kidang, nilai kesehatan rata-rata adalah 7,15, yang masuk dalam kategori sedang. Secara spesifik, klaster 1 di Rawa Kidang memiliki nilai 9,15, yang masuk dalam kategori baik, klaster 2 dengan nilai 8,16 berada di kategori sedang, dan klaster 3 dengan nilai 4,13 berada di kategori buruk. Sementara itu, di areal Bambang, nilai kesehatan rata-rata juga berada pada kategori sedang dengan nilai 6,95. Di klaster terbaik, klaster 1, nilai kesehatan mencapai 8,50 yang menunjukkan kondisi baik, sedangkan klaster dengan nilai terendah yaitu klaster 3 memperoleh nilai 5,28, masuk dalam kategori buruk.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan agar dilakukan pemantauan berkala terhadap kondisi kesehatan hutan di areal restorasi Rawa Kidang dan Bambang untuk memastikan stabilitas ekosistem jangka panjang. Pada klaster-klaster yang berada dalam kategori buruk, perlu diambil langkah-langkah perbaikan, seperti pengendalian hama secara teknis untuk melindungi tanaman muda yang rentan terhadap predator alami dan pengendalian penyakit untuk dapat mengurangi kerusakan pohon. Selain itu, disarankan untuk meningkatkan keragaman spesies di area dengan biodiversitas rendah dengan cara menambah jenis tanaman sesuai dengan jenis tanaman lokal yang tumbuh di Taman Nasional Way Kambas, karena tingginya keanekaragaman spesies pohon dapat meningkatkan stabilitas ekosistem.

secara keseluruhan. Upaya restorasi lanjutan melalui penanaman spesies yang sesuai dengan kondisi lingkungan setempat juga penting untuk mendukung regenerasi hutan yang lebih baik, sehingga fungsi ekologis hutan dapat terjaga dan mendukung habitat bagi spesies endemik Way Kambas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abimanyu, B., Safe'i, R., Hidayat, W. 2019. Aplikasi metode forest health monitoring dalam penilaian kerusakan pohon di Hutan Kota Metro. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(3): 289-298.
- Ansori, D.P., Safe'i, R., Kaskoyo, H. 2020. Penilaian indikator kesehatan hutan rakyat pada beberapa pola tanam (Studi kasus di Desa Buana Sakti, Kecamatan Batang Hari, Kabupaten Lampung Timur). *Jurnal Perennial*. 16(1): 1-6.
- Apriliyani, Y., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Wulandari, C., Febryano, I.G. 2020. Analisis penilaian kesehatan hutan mangrove di Kabupaten Lampung Timur. *Jurnal Hutan Tropis*. 8(2): 23-130.
- Azmul, Yusra, Irmasari. 2016. Sifat kimia tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di sekitar Taman Nasional Lore Lindu (Studi kasus Desa Toro Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah). *Jurnal Warta Rimba*. 4(2): 24-31.
- Bréda, N., Huc, R., Granier, A., Dreyer, E. 2006. Temperate forest trees and stands under severe drought: a review of ecophysiological responses, adaptation processes and long-term consequences. *Annals of Forest Science*, 63(6), 625-644.
- Brown, N. 2000. *Tree health and structural integrity*. New York: Forest Research Press.
- Butar, V. B., Duryat., Hilmanto, R. 2019. Strategi pengembangan hutan rakyat di Desa Bandar Dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1):110-117.
- Dvorak, W. S., Hodge, G. R., & Romero, J. L. 2008. Assessing damage and comparing damage patterns from hurricanes and other wind events. *New Forests*, 36(2), 121-131.
- Gunawan., Wijayanto, N., Budi, S. W. 2019. Karakteristik sifat kimia tanah dan status kesuburan tanah pada agroforestri tanaman sayuran berbasis Eucalyptus. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 10(2): 63-69.

- Haikal, F.F., Safe'i, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A. 2020. Pentingnya pemantauan kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan kemasyarakatan (Studi kasus HKM Beringin Jaya yang di kelola oleh Kth Lestari Jaya 8. *Jurnal Hutan Pulau-pulau Kecil*. 4(1):31-43
- Hardjana, A.K., Suastati, S. 2014. Produktivitas tegakan tanaman Meranti Tembaga (*Shorea leprosula* Miq) dari cabutan alam dan stek pucuk. *Jurnal Penelitian Dipterokarpa*. 8(1): 47-58.
- Indriani, Y. 2020. *Analisis Hubungan Kesehatan Hutan Dalam Pengelolaan Hutan Konservasi Berbasis Masyarakat*. Skripsi. Universitas Lampung, Bandar Lampung. 113 hlm.
- Jones, L. 2005. *Environmental impacts on tree growth*. Cambridge: Nature Publishing Group.
- Kaskoyo, H., Mohammed, A.J., Inoue, M., 2014. Present state of community forestry program in a protection forest and its challenges: case study in Lampung Province, Indonesia. *Journal of Forest Science*. 30(1): 15-29.
- Lindenmayer, D. B., Laurance, W. F., Franklin, J. F. 2012. Global decline in large old trees. *Science*, 338(6112), 1305-1306.
- Mangold R. 1997. *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. USDA Forest Service. USA. 197 hlm.
- Midi, L.O., Mando, L.O.A.S. 2015. Penaksiran potensi kayu dari hutan rakyat di Kecamatan Barangka, Kabupaten Muna. *Jurnal Ecogreen*. 1(1): 89-100.
- Muslihudin, Effendy, M., Peran, S.B. 2018. Identifikasi kesehatan pohon pohon di sebagian kawasan perkotaan Kota Banjarbaru. *Jurnal Sylva Scientiae*. 1(1): 104-116.
- Novianti, R., Rafdinal, R., Turnip, M. 2021. Perbandingan kantong karbon dari 5 jenis tumbuhan berkayu di hutan desa Dusun Manjau Kabupaten Ketapang. *Biologica Samudra*, 3(2): 141-154.
- Nuhamara, S.T., Kasno. 2001. *Present Status of Crown Indicators. Di dalam: Forest Health Monitoring to Monitor The Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest*. Volume I. Japan: ITTO dan Bogor: SEAMEO-BIOTROP. 124 hlm
- Pinatih, D.A.S.P., Kusmiyarti, T.B., Susila, K.D. 2015. Evaluasi status kesuburan tanah pada lahan pertanian di Kecamatan Denpasar Selatan. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(4): 282-292.
- Prabowo, R. 2010. Kebijakan pemerintah dalam mewujudkan ketahanan pangan di Indonesia. *Jurnal mediagro*. 6(2): 62-73.

- Pratama, A.R., Yuwono, S.B., Hilmanto, R. 2015. Pengelolaan hutan rakyat oleh kelompok pemilik hutan rakyat di Desa Bandar dalam Kecamatan Sidomulyo Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Sylva Lestari*. 3(2): 99-112.
- Putra, E.I. 2004. *Pengembangan Metode Penilaian Kesehatan Hutan Alam Produksi*. Tesis. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 63 hlm.
- Putra, E.I., Supriyanto., Purnomo, H. 2010. Metode penilaian kesehatan hutan alam produksi berbasis indikator ekologis. *Prosiding seminar nasional Kontribusi Litbang dalam Peningkatan Produktivitas dan Kelestarian Hutan*. Bogor. 89-94
- Putri, K.P., Supriyanto., Saufina, L. 2016. Penilaian kesehatan sumber benih. *Shorea spp* di KHDTK Haurbentes dengan metode forest health monitoring *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 13(1): 37-48.
- Rizal, A., Nurhaedah., Hapsari, E. 2012. Kajian strategi optimalisasi pemanfaatan lahan hutan rakyat di Provinsi Sulawesi Selatan. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 6(4): 216-228.
- Sadono., Ronggo. 2012. Penentuan indeks kepadatan tegakan Sengon di hutan rakyat. *Jurnal Ilmu Kehutanan*. 6(1): 53-60.
- Safe'i R., Hardjanto, Supriyanto, dan Sundawati L. 2015. Pengembangan Metode Penilaian Kesehatan Hutan Rakyat Sengon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman* 12(3):175-187.
- Safe'i, R. 2015. *Kajian Kesehatan Hutan Dalam Pengelolaan Hutan Rakyat di Provinsi Lampung* (Doctoral dissertation, IPB (Bogor Agricultural University)).
- Safe'i, R. 2017. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan rakyat Sengon (*Paraserianthes falcataria*). Makalah diberikan pada Seminar Doktor Fakultas Pertanian UNILA. 9 Maret. Bandar Lampung.
- Safe'i, R., Tsani, K. M. 2017. Penyuluhan program kesehatan hutan rakyat di Desa Tanjung Kerta Kecamatan Kedondong Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat*, 1(1): 1-3.
- Safe'i, R., Tsani, M. K. 2016. Penilaian kesehatan hutan menggunakan teknik Forest Health Monitoring. *Kesehatan Hutan*. plantaxia. Edisi Pertama. Yogyakarta. 101 hlm.
- Safe'i, R. 2018. Pentingnya kesehatan hutan bagi pengelola hutan rakyat sengon di Provinsi Lampung. In *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian 2017* (pp. 962-967). Fakultas Pertanian, Perikanan, dan Biologi Universitas Bangka Belitung.

- Safe'i, R., Febryano, I.G., Aminah, L.N. 2018. Pengaruh keberadaan gapoktan terhadap pendapatan petani dan perubahan tutupan lahan di hutan kemasyarakatan. *Jurnal Ilmu-ilmu Sosial dan Humaniora*. 20(2): 109-114.
- Safe'i, R., Hardjanto., Supriyanto., Sundawati, L. 2015. Pengembangan metode penilaian kesehatan hutan rakyat Sengon. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 12(3): 175-187.
- Safe'i, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A., Indriani, Y. 2020. Kajian kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan konservasi. *Jurnal Hutan Tropis*. 4(2): 70-76.
- Safe'i, R., Latumahina, F.S., Dewi, B.S., Ardiansyah, F. 2021. Short communication: assessing the state and change of forest health of the proposed arboretum in Wan Abdul Rachman Grand Forest Park, Lampung Indonesia. *Journal Biodiversitas*. 22(4): 2072-2077.
- Safe'i, R., Tsani, M.K. 2016. *Kesehatan Hutan (Penilaian Kesehatan Hutan Menggunakan Teknik Forest Health Monitoring)*. Buku Plantaxia Yogyakarta. 101 hlm.
- Safe'i, R., Wulandari, C. Kaskoyo, H. 2019. Analisis kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan rakyat pola tanam agroforestri di wilayah Kabupaten Lampung Timur. *Prosiding Pertemuan Ilmiah Tahunan (PIT) dan Seminar Nasional ke-4*. 1-8
- Sagita, Y. 2015. *Penilaian kesehatan hutan kota di Kabupaten Garut*. Skripsi. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 41 hlm.
- Silalahi, V. 2017. *Monitoring kesehatan pohon Mahoni (Swietenia macrophylla) di kampus Universitas Sumatra Utara*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara. Medan. 47 hlm.
- Simajorang, L.P., Safe'i, R. 2018. Penilaian vitalitas pohon Jati dengan forest health monitoring di KPH Balapulung. *Jurnal Ecogreen*. 4(1):9-15.
- Simon, H., 1996. *Metode Inventore Hutan*. Aditya Media. Yogyakarta. 586 hlm.
- Smith, R. 2011. Pest and disease impacts on tree leaves. *Journal of Arboriculture*, 45(2), 102-115.
- Soerianegara, I., Indrawan, A. 2005. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Fakultas Kehutanan IPB. 166 hlm.
- Solahudin, A. M. 2003. *Keanekaragaman jenis burung air di Lebak Pampangan Kecamatan Pampangan Kabupaten Ogan Komering Ilir Sumatra Selatan*. Skripsi. Jurusan Manajemen Hutan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar lampung. 63 hlm.

- Sudrajat, A., Hardjanto, dan Sundawati, L. 2016. Partisipasi petani dalam pengelolaan Hutan Rakyat Lestari: Kasus di Desa Cikeusal dan Desa Kananga Kabupaten Kuningan. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 7(1), 8-17.
- Sukwika, T., Darusman, D., Kusmana, C., Nurrochmat, D. R. 2018. Skenario kebijakan pengelolaan hutan rakyat berkelanjutan di Kabupaten Bogor. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan (Journal of Natural Resources and Environmental Management)*, 8(2), 207-215.
- Supriyanto, I.C. Stuckle, C.A. Siregar, J., Kartana. 2001 *Forest Health Monitoring to Monitor The Sustainability of Indonesian Tropical Rain Forest*. ITTO-SEAMEO BIOTROP. Bogor. 128 hlm.
- Supriyanto., Iskandar, T. 2018. Penilaian kesehatan kebun benih semai pinus merkusii dengan metode fhm (forest health monitoring) di KPH Sumedang. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 9(2): 99-108.
- Triharto, S., Musa, L., Sitanggang, G. 2014. Survei dan pemetaan unsur N, P, K, dan pH tanah pada lahan sawah tadah hujan di Desa Durian, Kecamatan Pantai Labu. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3): 1195-1204.
- Van Lierop, P., Lindquist, E., Sathyapala, S., Franceschini, G. 2015. Global forest area disturbance from fire, insect pests, diseases and severe weather events. *Forest Ecology and Management*, 352, 78-88.