

BIODIVERSITAS POHON SEBAGAI INDIKATOR KESEHATAN HUTAN DI AREAL RESTORASI BAMBANGAN TAMAN NASIONAL WAY KAMBAS

*Tree Biodiversity as an Indicator of Forest Health in the Bambang Restoration
Area of Way Kambas National Park*

Erico Isma Dirgantara^{1*}, Rahmat Safe'i², dan Machya Kartika Tsani³

Jurusan Kehutanan Universitas Lampung¹

Program Studi Magister Kehutanan Universitas Lampung²

Jurusan Kehutanan Universitas Lampung³

ABSTRACT. Forest ecosystem restoration is a vital strategy to address forest degradation, biodiversity loss, and declining ecological functions. The restoration area in Bambang, Way Kambas National Park, initiated in 2012, aims to restore forest structure, composition, and functions through the planting of various local tree species. Tree diversity is used as an indicator of forest health as it reflects ecosystem stability, regenerative capacity, and resilience to disturbances. Results from the Forest Health Monitoring (FHM) method revealed Shannon-Wiener diversity index values of 1.046 (Cluster 1), 0.745 (Cluster 2), and 2.225 (Cluster 3), indicating vegetation stability ranging from low to high. The dominance of *Schima wallichii* (puspa tree) signifies initial restoration success, although variations among clusters were observed due to differences in environmental conditions and restoration intensity. Based on the FHM method, the average forest health score is 0.653 (moderate category), with Clusters 1 and 2 categorized as poor and Cluster 3 as good. These findings demonstrate that restoration efforts have positively impacted ecosystem recovery; however, adaptive management is still necessary to further enhance overall forest health.

Keywords: Tree diversity; Forest health; Ecosystem restoration; Way Kambas National Park

ABSTRAK. Restorasi ekosistem hutan merupakan strategi penting untuk mengatasi degradasi hutan, hilangnya keanekaragaman hayati, dan penurunan fungsi ekologis. Kawasan restorasi Bambang di Taman Nasional Way Kambas, yang dimulai sejak 2012, bertujuan untuk memulihkan struktur, komposisi, dan fungsi hutan melalui penanaman berbagai jenis pohon lokal. Keanekaragaman pohon digunakan sebagai indikator kesehatan hutan karena mencerminkan stabilitas ekosistem, kemampuan regenerasi, dan ketahanan terhadap gangguan. Hasil penelitian dengan metode Forest Health Monitoring (FHM) menunjukkan nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebesar 1,046 (Klaster 1), 0,745 (Klaster 2), dan 2,225 (Klaster 3), yang menggambarkan stabilitas vegetasi dari kurang stabil hingga sangat stabil. Dominasi pohon puspa (*Schima wallichii*) menandakan keberhasilan awal restorasi, meskipun terdapat variasi antar-klaster akibat perbedaan kondisi lingkungan dan intensitas kegiatan restorasi. Berdasarkan metode FHM, nilai rata-rata kesehatan hutan adalah 0,653 (kategori sedang), dengan Klaster 1 dan 2 masuk dalam kategori buruk, sedangkan Klaster 3 berada dalam kategori baik. Temuan ini menunjukkan bahwa upaya restorasi memberikan dampak positif terhadap pemulihan ekosistem, tetapi pengelolaan adaptif tetap diperlukan untuk meningkatkan kesehatan hutan secara menyeluruh.

Kata kunci: Keanekaragaman pohon; Kesehatan hutan; Restorasi ekosistem; Taman Nasional Way Kambas

Penulis untuk korespondensi, surel: ericoisma080402@gmail.com

PENDAHULUAN

Hutan memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem, menyediakan habitat bagi keanekaragaman hayati, dan mendukung kehidupan manusia melalui berbagai jasa ekosistem, seperti penyediaan oksigen, penyimpanan karbon, dan perlindungan terhadap erosi tanah

(Prasetyaningtyas *et al.*, 2024). Namun, aktivitas manusia seperti perambahan, perburuan, dan konversi lahan telah menyebabkan degradasi hutan secara signifikan. Kerusakan ini tidak hanya mengancam stabilitas ekosistem tetapi juga mengurangi kemampuan hutan dalam menyerap karbon, menjaga siklus hidrologi, dan mendukung keanekaragaman hayati (Kurniawan *et al.*, 2024).

Taman Nasional Way Kambas (TNWK), yang terletak di Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung, adalah salah satu kawasan konservasi penting di Indonesia dengan luas mencapai 125.631,31 hektar (Murti, 2019). TNWK dikenal memiliki keanekaragaman hayati yang tinggi, termasuk satwa-satwa langka seperti badak Sumatra (*Dicerorhinus sumatrensis*). Keberadaan badak Sumatra sangat bergantung pada kelestarian habitatnya, khususnya ketersediaan sumber pakan alami. Namun, tekanan akibat aktivitas manusia mengakibatkan degradasi habitat yang berpotensi mengancam kelangsungan populasi badak di kawasan ini (Kamaluddin et al., 2019).

Untuk memulihkan kondisi ekosistem yang rusak, program restorasi dilakukan di berbagai wilayah TNWK, termasuk areal Restorasi Bambang. Program ini berfokus pada penanaman spesies tumbuhan yang menjadi pakan utama badak Sumatra serta pengendalian spesies invasif yang berpotensi mengancam vegetasi lokal. Salah satu elemen penting dalam restorasi adalah memastikan bahwa kondisi lingkungan mendukung pertumbuhan vegetasi, terutama vegetasi yang menjadi sumber pakan badak, seperti daun-daunan, buah-buahan, dan ranting muda (Sugeng, 1998).

Biodiversitas pohon merupakan indikator kunci dalam menilai keberhasilan program restorasi. Keanekaragaman jenis pohon mencerminkan tingkat kesehatan ekosistem hutan karena pohon berperan sebagai komponen utama struktur hutan. (Maknun, 2024). Keberagaman jenis pohon yang tinggi menunjukkan ekosistem yang lebih stabil, mampu beradaptasi terhadap gangguan, dan memiliki kapasitas lebih besar untuk mendukung keberlanjutan fungsi ekologisnya (Lasaiba, 2023). indikator biodiversitas diukur melalui pemantauan keanekaragaman jenis flora dengan menggunakan Shannon-Wiener Index, yang mengukur keanekaragaman berdasarkan jumlah dan distribusi spesies dalam suatu komunitas (Haikal et al., 2020).

Penilaian kesehatan hutan bertujuan untuk mengevaluasi kondisi terkini, perubahan, serta tren jangka panjang ekosistem hutan. (Mangold, 1997). Pemantauan kesehatan hutan menggunakan indikator ekologis bertujuan untuk dapat mendapatkan data dan informasi tentang status kesehatan hutan konservasi demi menjamin kualitas hutan tersebut. (Safe'i et al., 2020).

Hasil penilaian ini memungkinkan pengelola kawasan untuk mengambil keputusan yang tepat dan memastikan keberlanjutan fungsi ekosistem hutan. Dengan demikian, penilaian kesehatan hutan di kawasan restorasi Bambang menjadi langkah penting dalam mendukung kelestarian hutan di TNWK dan memastikan ketersediaan habitat yang layak bagi satwa didalamnya.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di areal Restorasi Bambang, Resort Margahayu, Taman Nasional Way Kambas. Waktu pelaksanaan penelitian adalah pada bulan Juli hingga September 2024.

Objek dan Alat Penelitian

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini berupa *tallysheet*, roll meter, pita ukur, pasak, tali plastik, kompas, kamera, hagameter, *Global Positioning System* (GPS), serta buku panduan terkait kesehatan hutan. Objek penelitian adalah hutan di area restorasi Taman Nasional Way Kambas yang dinilai kesehatannya berdasarkan indikator ekologis, seperti biodiversitas. Penelitian dilakukan pada tiga klaster plot, yang masing-masing terdiri atas empat plot lingkaran untuk mengumpulkan data representatif dari area restorasi.

Jenis Data dan Sumber Data

Berdasarkan metode *Forest Health Monitoring* (FHM), data primer diperoleh melalui pengukuran langsung di lapangan dengan menilai beberapa indikator kesehatan hutan menggunakan klaster plot. Pengukuran parameter kesehatan hutan yaitu keanekaragaman pohon. Penilaian Biodiversitas pohon dilakukan dengan mengidentifikasi Keanekaragaman spesies (flora) dianalisis dengan mengidentifikasi flora atau pohon yang terdapat dalam klaster plot FHM. (Safe'i et al., 2019).

Data sekunder merupakan data pendukung yang diperoleh melalui kajian literatur dari sumber-sumber pustaka yang berkaitan dengan penelitian ini. mencakup referensi pustaka, monografi, serta data dari berbagai

instansi terkait dengan Taman Nasional Way Kambas (Riba'i *et al.*, 2013).

Prosedur Penelitian

Penelitian ini meliputi beberapa tahapan sebagai berikut:

Penetapan Kluster Plot

Pengumpulan data kesehatan hutan di lapangan dilakukan dengan pembuatan kluster plot pada area restorasi. Penetapan jumlah kluster plot didasarkan pada justifikasi peneliti terhadap kondisi lokasi di lapangan, yang mencakup pola tanam, kelas umur, dan suksesi pertumbuhan pohon. Berdasarkan pertimbangan tersebut, peneliti menggunakan tiga kluster plot pada masing-masing lokasi restorasi. Menurut Safe'i *et al.* (2015), satu kluster 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 adalah sebesar 6%. Hal ini mengacu pada Peraturan Menteri Kehutanan P.67/Menhut-II/2006 mengenai Kriteria dan Standar Inventarisasi Hutan menyebutkan bahwa dalam penerapan petak ukur (berbentuk titik, persegi empat, lingkaran, maupun 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 kluster 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:

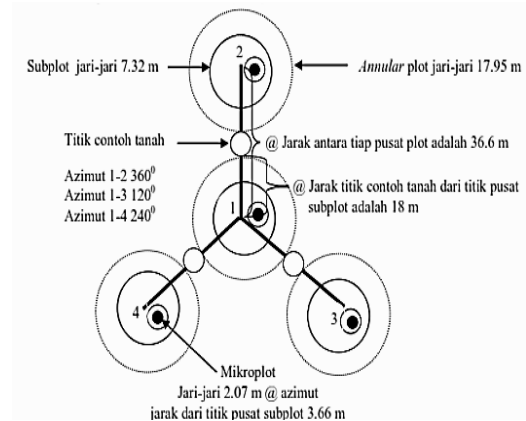
$$n = \frac{\text{Luas Areal Pengamatan (ha)}}{\text{Luas Kluster Plot (ha)}}$$

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

$$n = 3$$

Pembuatan Kluster Plot

Pembuatan kluster plot bertujuan untuk melakukan pengamatan dan pengambilan data sampel yang dapat merepresentasikan seluruh luas lahan hutan yang diamati. Kluster plot ini dibuat berdasarkan desain kluster plot FHM.



Gambar 1. Desain Kluster Plot FHM

Selain itu, pengukuran biodiversitas juga penting dalam evaluasi kondisi hutan, yang dilakukan dengan menggunakan parameter indeks keanekaragaman jenis, atau diversity index. Indeks ini dipilih karena keanekaragaman pohon dalam hutan sangat sensitif terhadap perubahan. Perhitungan indeks ini memberikan gambaran tentang tingkat stabilitas ekosistem hutan (Safe'i *et al.*, 2018).

Perhitungan indeks keanekaragaman jenis menggunakan rumus Shannon-Wiener Index (Adellina *et al.*, 2016), yang dinyatakan sebagai berikut:

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

Dengan keterangan:

H' = Indeks Shannon-Wiener

P_i = n_i/N

P_i = Jumlah Individu ke- i (Jumlah 1 spesies)

n_i = Jumlah individu jenis ke - i

N = Jumlah individu seluruh jenis

Berdasarkan *Shannon-Wiener Index* 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.

Analisis Data

Penilaian Kesehatan Hutan

Hasil dari evaluasi kesehatan hutan pada setiap Penghitungan klaster plot dilakukan menggunakan rumus yang dikemukakan oleh Safe'i *et al.* (2015), yang meliputi:

- Nilai akhir indikator kesehatan hutan.
- Nilai tertimbang untuk setiap parameter indikator ekologis kesehatan hutan.
- Skor nilai dari masing-masing parameter indikator ekologis kesehatan hutan.

Selanjutnya, nilai akhir kesehatan hutan pada setiap klaster plot dikategorikan ke dalam tiga klasifikasi: baik, sedang, dan buruk (Safe'i *et al.*, 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:

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

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Umum Lokasi Penelitian

Lokasi restorasi Bambang terletak pada koordinat 5°6'17" Lintang Selatan dan 105°46'20" Bujur Timur, di kawasan Taman Nasional Way Kambas, Provinsi Lampung, yang dikenal dengan ekosistem rawa dan hutan hujan tropis. Kawasan ini penting untuk konservasi keanekaragaman hayati dan pemulihan ekosistem yang rusak. Program restorasi dimulai sejak 2012 untuk memulihkan fungsi ekologis, khususnya mendukung habitat satwa liar. Selama lebih dari satu dekade, restorasi menghasilkan tegakan pohon besar yang didominasi oleh pohon puspa (*Schima wallichii*), yang dipilih karena kemampuannya tumbuh cepat dan stabilisasi tanah (Soerianegara *et al.*, 1993).

Keanekaragaman Jenis Pohon di Klaster Plot

Keanekaragaman jenis pohon yang terobservasi di tiga klaster plot menunjukkan variasi yang berbeda pada setiap klaster. Data terkait keanekaragaman jenis pohon dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Keanekaragaman Jenis Pohon pada Setiap Klaster Plot di Restorasi Bambang

LOKASI	NAMA POHON	JUMLAH
CL 1	Puspa	31
	Jambon	16
	Kelandri	2
	Salam	2
	Sungkai	2
	Total Klaster	53
CL 2	Ingas	1
	Jambon	8
	Puspa	28
	Tiga Urat	1
	Total Klaster	38
CL 3	Apak	1
	Bayu	1
	Berasan	1
	Gaharu	1
	Jambon	8
	Jambuap	2
	Kelandri	4
	Medang	1
	Pucuk Merah	2
	Sempu Air	1
	Pulai	1
	Puspa	10
	Sempu Batu	1
	Tiga Urat	3
	Total Klaster	37
Total		128

Pada Klaster Plot 1 terdapat 53 individu pohon yang teridentifikasi dalam penelitian ini,

dengan rincian sebagai berikut: jenis Puspa (*Schima wallichii*) mendominasi dengan 31 pohon, diikuti oleh Jambon (*Eugenia sp.*) sebanyak 16 pohon. Selain itu, beberapa jenis lainnya seperti Kelandri (*Cordia myxa*), Salam (*Syzygium polyanthum*), dan Sungkai (*Peronema canescens*) masing-masing tercatat sebanyak dua pohon.

Pada Klaster Plot 2, terdapat 38 individu pohon, dengan jenis Puspa (*Schima wallichii*) menjadi yang paling dominan sebanyak 28 pohon, diikuti oleh Jambon (*Eugenia sp.*) sebanyak 8 pohon. Selain itu, ditemukan pula satu pohon Ingas (*Dipterocarpus sp.*) dan Tiga urat (*Bischofia javanica*), masing-masing satu pohon. Keanekaragaman jenis pada klaster ini sedikit lebih rendah dibandingkan dengan Klaster Plot 1, namun tetap menunjukkan variasi yang baik, dengan dominasi puspa yang berkontribusi pada pertumbuhan cepat dan regenerasi tanah.

Pada Klaster Plot 3, terdapat 37 individu pohon yang terdiri dari berbagai jenis, termasuk Puspa (*Schima wallichii*) sebanyak 10 pohon, Jambon (*Eugenia sp.*) sebanyak 8 pohon, dan Kelandri (*Cordia myxa*) sebanyak 4 pohon. Selain itu, terdapat pula jenis-jenis lain seperti Bayur (*Pterospermum javanicum*), berasan (*Anthocephalus cadamba*), Gaharu (*Aquilaria sp.*), dan Tiga urat (*Bischofia javanica*), masing-masing satu pohon. Keanekaragaman jenis di klaster ini tergolong cukup beragam, meskipun jumlah individu sedikit lebih rendah dibandingkan klaster lainnya.

Secara keseluruhan, total jumlah individu pohon yang teridentifikasi dari ketiga klaster plot adalah 128 pohon, dengan dominasi jenis *puspa* yang cukup tinggi. Keberagaman spesies ini menunjukkan potensi pemulihan ekosistem yang baik dan berkontribusi pada stabilitas hutan yang sedang direstorasi.

Penilaian kesehatan hutan di areal restorasi dapat dianalisis melalui indeks keanekaragaman pohon (H') sebagai indikator stabilitas vegetasi yang di analisis menggunakan. Tabel berikut menunjukkan nilai indeks keanekaragaman dan kriteria stabilitas vegetasi berdasarkan *Shannon-Wiener Index* di areal restorasi Bambang, Taman Nasional Way Kambas.

Tabel 2. Nilai Keanekaragaman Pohon pada Setiap Klaster Plot di Restorasi Bambang

Klaster Plot FHM	Nilai Indeks Keanekaragaman (H')	Kriteria
1	1,046	Vegetasi Stabil
2	0,745	Vegetasi Kurang Stabil
3	2,225	Vegetasi Sangat Stabil

Hasil analisis menunjukkan bahwa klaster plot FHM memiliki tingkat keanekaragaman yang bervariasi. Klaster 1 memiliki nilai indeks keanekaragaman sebesar 1,046, yang dikategorikan sebagai vegetasi stabil. Klaster 2 memiliki nilai indeks lebih rendah, yaitu 0,745, yang mengindikasikan vegetasi kurang stabil. Sebaliknya, klaster 3 mencatat nilai indeks keanekaragaman tertinggi sebesar 2,225, yang menunjukkan kondisi vegetasi sangat stabil. Variasi nilai indeks keanekaragaman ini menunjukkan perbedaan kondisi vegetasi di setiap klaster. Hal ini bisa jadi disebabkan oleh perbedaan keberhasilan upaya restorasi atau faktor lingkungan di masing-masing area (Sanjaya *et al.*, 2020).

Kesehatan Hutan Restorasi Bambang

Kesehatan hutan di areal restorasi dianalisis berdasarkan nilai akhir kesehatan hutan (NKH) pada masing-masing klaster pada tabel berikut.

Tabel 3. Nilai Kesehatan Hutan di Areal Restorasi Bambang

Nilai Akhir Kesehatan Hutan		
Klaster	NKH	Kategori
1	0,42	Buruk
2	0,14	Buruk
3	1,4	Baik
Rata-rata	0,653333333	Sedang

Hasil menunjukkan bahwa Klaster 1 memiliki nilai NKH sebesar 0,42, yang dikategorikan dalam kondisi buruk. Kondisi serupa juga terlihat pada Klaster 2, di mana nilai NKH yang tercatat lebih rendah, yaitu

0,14, juga termasuk kategori buruk. Berbeda dengan kedua klaster tersebut, Klaster 3 menunjukkan hasil yang lebih baik dengan nilai NKH tertinggi, yakni 1,4, yang diklasifikasikan dalam kategori baik. Perbedaan nilai ini mencerminkan bahwa tidak semua bagian dari areal restorasi memiliki kondisi kesehatan hutan yang sama, yang bisa disebabkan oleh berbagai faktor, seperti perbedaan intensitas kegiatan restorasi, jenis vegetasi yang tumbuh, atau faktor lingkungan seperti tanah dan kelembapan (Sanjaya *et al.*, 2020).

Jika dilihat secara keseluruhan, rata-rata nilai NKH di kawasan restorasi ini adalah 0,653, yang masuk dalam kategori sedang. Meskipun ada klaster yang menunjukkan kondisi baik, nilai rata-rata ini mengindikasikan bahwa kondisi kesehatan hutan secara keseluruhan masih memerlukan perhatian lebih lanjut. Variasi antar-klaster ini menyoroti pentingnya memahami faktor-faktor yang memengaruhi keberhasilan restorasi, seperti jenis pohon yang ditanam, tingkat gangguan manusia, serta efektivitas pengelolaan kawasan (Moser *et al.*, 2002). Hasil ini dapat menjadi dasar untuk mengevaluasi program restorasi yang telah dilakukan dan menentukan langkah-langkah strategis untuk meningkatkan kesehatan hutan secara keseluruhan. Dengan memahami kondisi masing-masing klaster, pengelolaan yang lebih terarah dan sesuai kebutuhan dapat dilakukan untuk mendukung keberhasilan restorasi yang berkelanjutan.

KESIMPULAN DAN SARAN

Indeks keanekaragaman pohon di areal restorasi Bambang bervariasi antar-klaster, dengan Klaster 1 (1,046, stabil), Klaster 2 (0,745, kurang stabil), dan Klaster 3 (2,225, sangat stabil), yang mencerminkan dominasi pupsa sebagai keberhasilan awal restorasi meskipun terdapat perbedaan antar-klaster. Nilai kesehatan hutan (NKH) rata-rata 0,653 (kategori sedang), dengan Klaster 1 dan 2 dalam kategori buruk, sementara Klaster 3 menunjukkan kondisi baik, yang dipengaruhi oleh intensitas jenis pohon, dan faktor lingkungan. Restorasi menunjukkan kemajuan, namun pengelolaan adaptif tetap diperlukan untuk meningkatkan pemulihan ekosistem.

DAFTAR PUSTAKA

- Alrasyid, H. Blabla Kamaluddin, A., Winarno, G. D., Dewi, B. S. 2019. Keanekaragaman jenis avifauna di pusat latihan gajah (plg) taman nasional way kambas (diversity of avifauna at the elephant training center way kambas national park). *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1):10-21.
- 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.
- Avianto, Y., Noviyanto, A., Sidiq, M. F., Hernowo, H., Pratama, A. B. 2024. Reforestation impact: contrasting carbon stock and biodiversity of clove in monoculture and mixed gardens over 25 Years. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(3): 333-340.
- Haikal, F. F., Darmawan, A., Kaskoyo, H., Safe'i, R. 2020. Pentingnya pemantauan kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan kemasyarakatan. *Jurnal Hutan Pulau-Pulau Kecil*. 4(1): 31-43.
- Kurniawan, J., Razak, A., Syah, N., Diliarosta, S., Azhar, A. 2024. Pemanasan global: faktor, dampak dan upaya penanggulangan. *INSOLOGI: Jurnal Sains dan Teknologi*. 3(6): 646-655.
- Lasaiba, I. 2023. Menggugah kesadaran ekologis: pendekatan biologi untuk pendidikan berkelanjutan. *Jendela Pengetahuan*. 16(2): 143-163.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Publishing.
- Maknun, A. B. A. 2024. Analisis semiotika pada pengungkapan keanekaragaman hayati dalam sustainability report pt aneka tambang tbk. *Equilibrium: Jurnal Ilmiah Ekonomi, Manajemen dan Akuntansi*. 13(2): 413-421.
- Mangold R. 1997. *Forest Health Monitoring: Field Methods Guide*. USDA Forest Service. USA. 197 hlm.
- Moser, W. K., Barnard, E. L., Billings, R. F., et al. 2002. Forest health monitoring in the United States: A regional overview. *Journal of Forestry*, 100(6), 25-29.

- Prasetyaningtyas, O., Trimurtini, T. 2024. Peran konservasi sumber daya alam hutan terhadap tujuan sustainable development goals (sdgs). *Conserva*. 2(1): 13-21.
- Riba'i, R. I., Setiawan, A., & Darmawan, A. 2013. Perilaku makan gajah sumatera (*Elephas maximus sumatranus*) di pusat konservasi Gajah Taman nasional way kambas. *Media Konservasi*. 18(2): 89-95.
- Safe'i, R., Kaskoyo, H., Darmawan, A., Indriani, Y. 2020. Kajian kesehatan hutan dalam pengelolaan hutan konservasi. *Ulin Jurnal Hutan Tropis*. 4(2): 70-76.
- 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. Penilaian kesehatan hutan pada berbagai tipe hutan di Provinsi Lampung. *Jurnal Sylva Lestari*. 7(1): 95-109.
- Sanjaya, F. A., Safe'i, R., Winarno, G. D., & Setiawan, A. 2020. Keanekaragaman Jenis Pohon sebagai Salah Satu Indikator Kesehatan Hutan Konservasi. *Indonesian Journal of Conservation*, 9(1), 1-10.