



JURNAL NUSA SYLVA

JURNAL ILMU-ILMU KEHUTANAN

TENTANG JURNAL

Jurnal Nusa Sylva dikelola oleh Fakultas Kehutanan Universitas Nusa Bangsa. Jurnal ini memuat artikel hasil penelitian dan review (ulasan) dalam bidang kehutanan yang orisinal dan belum dipublikasikan dalam media lain. Jurnal Nusa Sylva terbit 2 kali dalam 1 tahun (Juni dan Desember).

E-MAIL

nusasyuvaunb@gmail.com
jurnalnusasyuva@unb.ac.id

WEBSITE

<http://ejournalunb.ac.id/index.php/JNS>

DINAMIKA NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEKS AKIBAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PERKOTAAN DI DAS WAE BATU MERAH KOTA AMBON

Bokiraiya Latuamury, Husain Marasabessy, Miranda H.
Hadidjah, Moda Talaohu dan Syamsul Fallah Kelihu

WOMEN'S LOCAL KNOWLEDGE ON PLANT UTILIZATION AND ITS RELATION TO FOREST CONSERVATION IN THE WAN ABDUL RACHMAN FOREST PARK

Melya Riniarti, Inggar Damayanti dan Dian Rahmalia

ANALYSIS OF VISITORS' PERCEPTIONS OF THE QUALITY OF *JUNGLE TRACKING* TOURISM: A CASE STUDY OF SUMBER AGUNG VILLAGE

Heyrica Karendewe, Gunardi Djoko Winarno, Trio
Santoso dan Dian Iswandaru

EKSPLORASI KERAGAMAN BURUNG DAN CAPUNG SEBAGAI BIO-INDIKATOR LINGKUNGAN PER- TAMBANGAN

Dian Iswandaru, Hendry Micky, Novita Sari, Aniessa Rinny
Asnaning, Sepnina Like Lestari, Tugiyono, Syamsurijal
Rasimeng dan Jujur Prasetyo

BIOPRIMING CENDAWAN *DARK SEPTATE ENDOPHYTES* (DSE) UNTUK PENINGKATAN VIABILITAS DAN VIGOR BENIH SENGON (*Falcataria falcata* (L.) Greuter & R. Rankin)

Bestaf Bestareif, Luluk Setyaningsih, dan Kurniawati
Purwaka Putri

KEANEKARAGAMAN DAN DOMINANSI ANGGREK ALAM DI HUTAN MANDU-MANDULA, TAMAN NASIONAL RAWA AOPA WATUMOHAI, SULAWESI TENGGERA

Mariana Zainun, La Panga Mpalasi, Alamsyah Flamin, Agus
Setiawan, Muhammad Saleh Qadri dan Baharuddin Dwi Isnanto





JURNAL NUSA SYLVA

Jurnal Nusa Sylva dikelola oleh Fakultas Kehutanan Universitas Nusa Bangsa. Jurnal ini memuat artikel hasil penelitian dan review (ulasan) dalam bidang kehutanan yang orisinal dan belum dipublikasikan dalam media lain. Jurnal Nusa Sylva terbit 2 kali dalam 1 tahun (Juni dan Desember)

SUSUNAN DEWAN REDAKSI (*EDITORIAL TEAM*) JURNAL NUSA SYLVA

Penanggung Jawab (<i>Advisory Editor</i>)	: Prof. Dr. Ir. Luluk Setyaningsih, M.Si., IPU
Ketua Dewan Redaksi (<i>Editor in Chief</i>)	: Dr. Messalina L. Salampessy, S.Hut., M.Si.
Manager Jurnal (<i>Managing Editor</i>)	: Abdul Rahman Rusli, S.Hut., M.Si
Editor (<i>Editors</i>)	: Prof. Dr. Indra Gumay Febryano, S.Hut., M.Si. Assoc.Prof. Dr. Seca Gandaseca Prof (Ris). Dr. Ir. Sri Suharti, M.Sc Dr Andi Chairil Ichsan, S.Hut.M.Si Dr. Eng Hendri, S.Si., M.Si Dr. Ir. Parwito, M.Si.
Editor Bagian (<i>Section Editors</i>)	: Dr. Drs. Sofian Iskandar, M.Si. Dr. Ratna Sari Hasibuan, S.Hut., M.Si. Kustin Bintani Meiganti, S.Hut., M.Si.
Editor Bahasa (<i>Copy Editors</i>)	: Tun Susdiyanti, S.Hut., M.Pd. Ir. Ina Lidiawati, M.Si.
<i>Proofreaders</i>	: Dr. Ir. Zaenal Muttaqin, M.P.
<i>Layout Editor</i>	: Dwi Agus Sasongko, S.Hut., M.Si.
<i>Web Admin</i>	: Fajar Mubarak
Bendahara dan Sekretariat Redaksi (<i>Secretariat</i>)	: Feby Amelia, S.Mn
Alamat	: Jl. KH. Sholeh Iskandar Km.4 Tanah Sereal - Kota Bogor 16166
Situs (Website)	: http://ejournalunb.ac.id/index.php/JNS
e-mail	: nusasyivaunb@gmail.com jurnalnusasyilva@unb.ac.id



ISSN 2797-4502 (elektronik)
ISSN 1412-4696 (cetak)

Jurnal Nusa Sylva Vol. 26 No. 1 (Juni 2026)

JURNAL NUSA SYLVA

Volume 26 Nomor 1 (Juni 2026)



**FAKULTAS KEHUTANAN
UNIVERSITAS NUSA BANGSA**

DAFTAR ISI

DINAMIKA NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEKS AKIBAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PERKOTAAN DI DAS WAE BATU MERAH KOTA AMBON

Bokiraiya Latuamury, Husain Marasabessy, Miranda H. Hadidjah, Moda Talaohu dan Syamsul Fallah Kelihu 1-13

WOMEN'S LOCAL KNOWLEDGE ON PLANT UTILIZATION AND ITS RELATION TO FOREST CONSERVATION IN THE WAN ABDUL RACHMAN FOREST PARK

Melya Riniarti, Inggar Damayanti dan Dian Rahmalia 14-25

ANALYSIS OF VISITORS' PERCEPTIONS OF THE QUALITY OF JUNGLE TRACKING TOURISM: A CASE STUDY OF SUMBER AGUNG VILLAGE

Heyrica Karendewe, Gunardi Djoko Winarno, Trio Santoso dan Dian Iswandaru 26-35

EKSPLORASI KERAGAMAN BURUNG DAN CAPUNG SEBAGAI BIO-INDIKATOR LINGKUNGAN PER-TAMBANGAN

Dian Iswandaru, Hendry Micky, Novita Sari, Aniessa Rinny Asnaning, Sepnina Like Lestari, Tugiyono, Syamsurijal Rasimeng dan Jujur Prasetyo 36-51

BIOPRIMING CENDAWAN *DARK SEPTATE ENDOPHYTES* (DSE) UNTUK PENINGKATAN VIABILITAS DAN VIGOR BENIH SENGON (*Falcataria falcata* (L.) Greuter & R. Rankin)

Bestaf Bestareif, Luluk Setyaningsih, dan Kurniawati Purwaka Putri 52-60

KEANEKARAGAMAN DAN DOMINANSI ANGGREK ALAM DI HUTAN MANDU-MANDULA, TAMAN NASIONAL RAWA AOPA WATUMOHAI, SULAWESI TENGGARA

Mariana Zainun, La Panga Mpalasi, Alamsyah Flamin, Agus Setiawan, Muhammad Saleh Qadri dan Baharuddin Dwi Isnanto 61-73

DINAMIKA NORMALIZED DIFFERENCE VEGETATION INDEX AKIBAT PERUBAHAN TUTUPAN LAHAN PERKOTAAN DI DAS WAE BATU MERAH KOTA AMBON

Normalized Difference Vegetation Index Dynamics Resulting from Urban Land Cover Change in the Wae Batu Merah Watershed, Ambon City

Bokiraiya Latuamury¹, Husain Marasabessy², Miranda H. Hadidjah³, Moda Talaohu⁴ dan Syamsul Fallah Kelihu⁵

¹ Program Studi Ilmu Lingkungan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia; e-mail: penulis_bokiraiya.latuamury@lecturer.unpatti.ac.id

² Program Studi Kehutanan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia; e-mail: husain.marasabessy@lecturer.unpatti.ac.id

³ Program Studi Kehutanan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia; e-mail: miranda.hadidjah@lecturer.unpatti.ac.id

⁴ Program Studi Kehutanan, Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia; e-mail: moda.talaohu@lecturer.unpatti.ac.id

⁵ Program Studi Manajemen Hutan, Pascasarjana Universitas Pattimura, Jl. Ir. M. Putuhena, Kampus Poka, Ambon, Maluku, 97233, Indonesia; e-mail: sulkelihu@gmail.com

Diterima : 06-05-2026

Direvisi : 24-05-2026

Disetujui : 25-05-2026

ABSTRACT

Urbanisation and land-use conversion in tropical urban watersheds have increasingly contributed to ecological degradation and hydrological instability, particularly through the reduction of vegetation cover and the expansion of impervious surfaces. This study aimed to analyse the spatial dynamics of vegetation cover using the Normalised Difference Vegetation Index (NDVI) and to evaluate its implications for hydrological changes in the Wae Batu Merah Watershed, Ambon City, Indonesia, during the period 2013–2024. A quantitative spatial–hydrological approach was employed by integrating remote sensing analysis, Geographic Information Systems (GIS), and hydrological interpretation. Satellite imagery from Landsat and Sentinel platforms was processed to generate NDVI classifications, while hydrological data were used to assess changes in peak discharge. The results revealed a substantial decline in vegetation quality and watershed ecological function over the observation period. The average NDVI value in the upstream watershed decreased from 0.46 in 2013 to 0.28 in 2023, representing a decline of 39.13%. Simultaneously, buffer vegetation area decreased by 42%, whereas built-up and settlement areas increased by 84%. Spatial analysis demonstrated that areas classified as high greenness and medium greenish became increasingly fragmented, while low greenness, very low greenness, and non-vegetation classes expanded significantly, particularly in the western and transitional watershed zones. These land-cover changes were accompanied by an increase in peak discharge from 58.0 m³/s to 69.8 m³/s, indicating intensified surface runoff and reduced infiltration capacity. The findings confirm a strong ecological–hydrological relationship between vegetation degradation and watershed response in tropical small-island urban catchments. This study highlights the effectiveness of NDVI as a spatial indicator for watershed health assessment and provides scientific evidence to support vegetation-based watershed conservation, ecological restoration, and sustainable urban land-use planning.

Keywords: NDVI, watershed degradation, vegetation dynamics, urban hydrology, land-use change, Wae Batu Merah Watershed

ABSTRAK

Urbanisasi dan perubahan penggunaan lahan pada DAS perkotaan tropis semakin meningkatkan tekanan ekologis dan ketidakstabilan hidrologi, terutama melalui penurunan tutupan vegetasi dan perluasan area kedap air. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis dinamika spasial vegetasi menggunakan pendekatan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) serta mengevaluasi implikasinya terhadap perubahan hidrologi DAS Wae Batu Merah, Kota Ambon, selama periode 2013–2024. Penelitian menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis spasial dan hidrologi dengan

mengintegrasikan penginderaan jauh, Sistem Informasi Geografis (SIG), dan interpretasi hidrologi. Data citra satelit Landsat dan Sentinel digunakan untuk menghasilkan klasifikasi NDVI, sedangkan data hidrologi digunakan untuk mengevaluasi perubahan debit puncak. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kualitas vegetasi dan fungsi ekologis DAS mengalami penurunan yang cukup signifikan selama periode pengamatan. Nilai NDVI rata-rata kawasan hulu DAS menurun dari 0,46 pada tahun 2013 menjadi 0,28 pada tahun 2023 atau mengalami penurunan sebesar 39,13%. Pada periode yang sama, luas vegetasi penyangga berkurang sebesar 42%, sedangkan luas permukiman dan lahan terbangun meningkat sebesar 84%. Analisis spasial memperlihatkan bahwa kelas high greenness dan medium greenish mengalami fragmentasi dan penyusutan area, sementara kategori low greenness, very low greenness, dan non-vegetation semakin meluas, terutama pada bagian barat dan zona transisi DAS. Perubahan tutupan lahan tersebut diikuti oleh peningkatan debit puncak dari 58,0 m³/det menjadi 69,8 m³/det yang menunjukkan meningkatnya limpasan permukaan dan menurunnya kapasitas infiltrasi kawasan DAS. Temuan ini menegaskan adanya hubungan ekologis-hidrologis yang kuat antara degradasi vegetasi dan respons hidrologi DAS perkotaan tropis kepulauan. Penelitian ini menegaskan bahwa NDVI efektif digunakan sebagai indikator spasial kesehatan DAS serta menjadi dasar ilmiah dalam mendukung konservasi vegetasi, rehabilitasi kawasan kritis, dan pengelolaan DAS perkotaan berkelanjutan.

Kata kunci: NDVI, degradasi DAS, dinamika vegetasi, hidrologi perkotaan, perubahan penggunaan lahan, DAS Wae Batu Merah.

A. PENDAHULUAN

Daerah Aliran Sungai (DAS) merupakan satuan ekosistem hidrologis yang memiliki fungsi penting dalam menjaga keseimbangan tata air, stabilitas lingkungan, serta keberlanjutan sistem ekologis dan sosial di suatu wilayah (Latuamury *et al.*, 2019, 2020). Dalam konteks wilayah perkotaan tropis, DAS tidak hanya berfungsi sebagai kawasan tangkapan air, tetapi juga sebagai penyangga ekologis yang mengendalikan limpasan permukaan, infiltrasi, erosi, sedimentasi, dan ketersediaan air tanah. Namun demikian, perkembangan urbanisasi yang semakin pesat menyebabkan banyak DAS perkotaan mengalami tekanan ekologis yang signifikan akibat perubahan tata guna lahan, fragmentasi vegetasi, dan ekspansi kawasan terbangun. Perubahan tersebut berdampak langsung terhadap penurunan kapasitas resapan air, meningkatnya limpasan permukaan, serta meningkatnya frekuensi dan intensitas kejadian banjir perkotaan (Marasabessy *et al.*, 2019; Siahaya *et al.*, 2025). Oleh karena itu, kajian mengenai dinamika vegetasi dan perubahan fungsi hidrologi DAS menjadi isu yang semakin penting dalam pengelolaan lingkungan perkotaan berkelanjutan.

Kota Ambon sebagai salah satu kota kepulauan di wilayah timur Indonesia menghadapi tantangan ekologis yang cukup

kompleks terkait pengelolaan DAS perkotaan. Pertumbuhan penduduk, ekspansi permukiman, pembangunan infrastruktur, dan perubahan penggunaan lahan telah meningkatkan tekanan terhadap kawasan hulu dan tengah DAS, termasuk pada DAS Wae Batu Merah (Latuamury, 2020). DAS ini memiliki peranan strategis sebagai daerah tangkapan air sekaligus kawasan penyangga ekologis bagi wilayah perkotaan di sekitarnya. Akan tetapi, dalam beberapa tahun terakhir, kawasan DAS Wae Batu Merah menunjukkan indikasi degradasi lingkungan yang ditandai oleh meningkatnya area terbangun, berkurangnya vegetasi penyangga, serta meningkatnya kerentanan terhadap limpasan permukaan dan banjir. Kondisi tersebut menunjukkan bahwa perubahan struktur lanskap DAS telah memengaruhi keseimbangan hidrologi kawasan secara signifikan (Kelihu *et al.*, 2025).

Salah satu pendekatan yang banyak digunakan untuk memantau perubahan vegetasi dan degradasi lingkungan DAS adalah analisis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) berbasis penginderaan jauh. NDVI merupakan indeks vegetasi yang mampu merepresentasikan tingkat kehijauan dan kerapatan vegetasi melalui analisis spektral citra satelit (Latuamury, 2013; Priya *et al.*, 2023). Pendekatan ini memiliki keunggulan karena mampu memberikan informasi spasial dan temporal secara efisien, objektif, dan

berkelanjutan dalam skala lanskap (Daao *et al.*, 2023; Siahaya *et al.*, 2025). Dalam konteks pengelolaan DAS, NDVI dapat digunakan untuk mengidentifikasi perubahan tutupan vegetasi, mendeteksi kawasan kritis, mengevaluasi dampak urbanisasi, serta menganalisis keterkaitan antara degradasi vegetasi dan perubahan respons hidrologi. Dengan demikian, integrasi analisis NDVI dan data hidrologi menjadi pendekatan penting dalam memahami dinamika ekologis DAS perkotaan secara komprehensif (Bejagam & Sharma, 2023; Gandri *et al.*, 2023).

Berbagai penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa penurunan kualitas vegetasi akibat konversi lahan memiliki hubungan erat dengan peningkatan limpasan permukaan dan debit puncak sungai (Latuamury *et al.*, 2016, 2025). Vegetasi berperan penting dalam proses intersepsi hujan, infiltrasi air ke dalam tanah, evapotranspirasi, serta pengendalian erosi (Intopiana *et al.*, 2020; Wiedarti *et al.*, 2014). Ketika tutupan vegetasi mengalami degradasi, maka kemampuan DAS dalam menyerap dan menyimpan air akan menurun sehingga sebagian besar air hujan langsung berubah menjadi limpasan permukaan. Kondisi tersebut menyebabkan waktu konsentrasi aliran menjadi lebih singkat dan meningkatkan potensi terjadinya banjir. Namun demikian, kajian mengenai hubungan perubahan NDVI terhadap dinamika hidrologi DAS perkotaan di wilayah kepulauan tropis, khususnya di Kota Ambon, masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian sebelumnya lebih banyak berfokus pada perubahan penggunaan lahan secara umum tanpa mengintegrasikan analisis spasial vegetasi dengan indikator hidrologi secara temporal (Waiyasusri, 2021; Zha *et al.*, 2003).

Pemahaman mengenai keterkaitan antara dinamika vegetasi, perubahan penggunaan lahan, dan respons hidrologi DAS Wae Batu Merah berbasis pendekatan spasial-temporal merupakan hal penting dalam pengembangan kajian ekohidrologi DAS perkotaan di wilayah tropis kepulauan. Perubahan tutupan vegetasi

yang terjadi di kawasan hulu dan tengah DAS diduga memengaruhi peningkatan debit puncak dan degradasi fungsi tata air secara progresif (Haulussy *et al.*, 2024; Latuamury *et al.*, 2019). Kajian ini juga memperkuat penggunaan NDVI sebagai indikator ekologis dalam evaluasi kesehatan DAS dan kerentanan hidrologi kawasan perkotaan (Askar *et al.*, 2022; Latuamury & Talaohu, 2021). Secara praktis, hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah bagi pemerintah daerah dan pemangku kepentingan dalam merumuskan strategi pengelolaan DAS berbasis konservasi vegetasi, rehabilitasi kawasan kritis, pengendalian urbanisasi, dan penguatan tata ruang berkelanjutan. Dengan demikian, penelitian ini tidak hanya berorientasi pada analisis perubahan lingkungan, tetapi juga mendukung upaya pembangunan kota yang lebih adaptif terhadap risiko degradasi ekologis dan perubahan hidrologi di masa depan. Oleh sebab itu, penelitian ini dilakukan untuk menganalisis dinamika spasial NDVI, perubahan tutupan vegetasi, serta implikasinya terhadap perubahan fungsi hidrologi DAS Wae Batu Merah selama periode 2013–2024.

B. METODE PENELITIAN

1. Lokasi Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di DAS Wae Batu Merah yang secara administratif berada di Kota Ambon, Provinsi Maluku. DAS tersebut merupakan salah satu DAS perkotaan yang memiliki peranan strategis dalam sistem hidrologi Kota Ambon, karena berfungsi sebagai daerah tangkapan air, pengendali limpasan permukaan, serta penyangga ekologis bagi kawasan permukiman di bagian hilir. Secara geografis, DAS ini terletak pada kawasan dengan karakteristik topografi bergelombang hingga curam dan berbatasan langsung dengan Teluk Ambon pada bagian utara. Secara ekologis, DAS Wae Batu Merah merepresentasikan karakteristik DAS kecil tropis monsun di wilayah kepulauan yang sensitif terhadap perubahan tata guna lahan.

Kawasan hulu DAS sebelumnya didominasi oleh vegetasi sekunder, semak belukar, dan kebun campuran yang berfungsi sebagai zona infiltrasi dan penyimpanan air tanah. Namun demikian, perkembangan kawasan perkotaan menyebabkan terjadinya fragmentasi vegetasi dan peningkatan area non-vegetasi secara progresif.

Pemilihan lokasi penelitian didasarkan pada beberapa pertimbangan ilmiah dan ekologis. Pertama, DAS Wae Batu Merah mengalami tekanan penggunaan lahan yang cukup intensif akibat pertumbuhan permukiman dan ekspansi kawasan terbangun dalam dua dekade terakhir. Kedua, DAS ini memiliki tingkat kerentanan hidrologi yang tinggi terhadap banjir perkotaan dan limpasan permukaan, terutama pada musim hujan dengan intensitas curah hujan tinggi. Ketiga, perubahan tutupan vegetasi di kawasan hulu dan tengah DAS diduga berpengaruh langsung terhadap dinamika debit puncak dan degradasi fungsi tata air. Penelitian difokuskan pada wilayah hulu DAS karena kawasan ini memiliki fungsi penting dalam mengendalikan proses hidrologi, terutama infiltrasi, intersepsi, dan pengaturan aliran dasar. Selain itu, kawasan hulu DAS merupakan wilayah yang paling rentan mengalami perubahan tutupan lahan akibat ekspansi permukiman dan pembangunan infrastruktur. Pendekatan spasial digunakan untuk mengidentifikasi distribusi vegetasi dan perubahan penggunaan lahan selama periode pengamatan. Dengan demikian, lokasi penelitian dipilih secara purposif karena mampu merepresentasikan dinamika degradasi ekologis dan perubahan fungsi hidrologi DAS perkotaan di wilayah tropis kepulauan.

2 Teknik Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan kuantitatif berbasis analisis spasial dan hidrologi dengan memanfaatkan data penginderaan jauh, data hidrologi, serta data pendukung lainnya. Teknik pengumpulan data

dilakukan melalui beberapa tahapan yang meliputi pengumpulan data citra satelit, data debit sungai, data penggunaan lahan, dan observasi spasial wilayah penelitian.

a. Pengumpulan Data Citra Satelit

Data utama dalam penelitian ini berupa citra satelit Landsat dan Sentinel yang digunakan untuk menganalisis dinamika vegetasi melalui pendekatan Normalized Difference Vegetation Index (NDVI). Data citra diperoleh dari United States Geological Survey (USGS) dan Copernicus Open Access Hub dengan periode pengamatan tahun 2014 dan 2024. Pemilihan citra dilakukan berdasarkan beberapa kriteria, yaitu: memiliki tingkat tutupan awan rendah ($<10\%$); direkam pada musim yang relatif sama untuk mengurangi bias musiman; Memiliki resolusi spasial yang memadai untuk analisis DAS skala kecil-perkotaan. Citra satelit yang digunakan kemudian melalui tahapan pra-pemrosesan (pre-processing) yang meliputi koreksi geometrik, koreksi radiometrik, mosaik citra, clipping sesuai batas DAS, dan masking area awan. Proses ini bertujuan untuk meningkatkan akurasi interpretasi spasial dan konsistensi analisis temporal.

b. Pengumpulan Data Penggunaan Lahan

Data penggunaan lahan diperoleh melalui interpretasi visual citra satelit dan verifikasi spasial menggunakan perangkat lunak Sistem Informasi Geografis (SIG). Klasifikasi penggunaan lahan dilakukan untuk mengidentifikasi perubahan area vegetasi penyangga, kawasan permukiman, lahan terbuka, dan area non-vegetasi lainnya. Pembagian kategori tersebut didasarkan pada rentang nilai NDVI yang merepresentasikan tingkat kehijauan vegetasi dan kondisi penutupan lahan (Tabel 1).

Tabel 1. Klasifikasi NDVI dan karakteristik tutupan lahan

Kelas NDVI	Rentang Nilai NDVI	Karakteristik Tutupan Lahan
Kehijauan Tinggi	0.61 – 1.00	Vegetasi rapat dengan tingkat kehijauan tinggi, didominasi hutan sekunder, tegakan pohon lebat, dan kawasan berhutan
Kehijauan Sedang	0.41 – 0.60	Vegetasi sedang seperti agroforestri, kebun campuran, semak belukar, dan vegetasi dengan kerapatan menengah
Kehijauan Rendah	0.21 – 0.40	Vegetasi jarang, lahan terbuka sebagian, dan area dengan penutupan vegetasi rendah
Kehijauan Sangat Rendah	0.01 – 0.20	Area minim vegetasi, lahan kritis, tanah terbuka, dan kawasan dengan penutupan vegetasi sangat terbatas
Non-Vegetasi	-1.00 – 0.00	Kawasan non-vegetasi seperti permukiman, infrastruktur, badan jalan, area terbangun, dan badan air

c. Observasi dan Verifikasi Lapangan

Observasi lapangan dilakukan untuk memverifikasi kondisi aktual tutupan lahan dan karakteristik vegetasi di beberapa titik representatif dalam DAS. Verifikasi lapangan bertujuan untuk meningkatkan validitas interpretasi citra satelit serta memastikan kesesuaian klasifikasi NDVI dengan kondisi eksisting di lapangan. Pengamatan lapangan meliputi identifikasi tipe vegetasi, kondisi lahan terbuka, kepadatan permukiman, dan indikasi degradasi lingkungan seperti erosi dan sedimentasi. Titik observasi dipilih secara purposif berdasarkan variasi kelas NDVI dan distribusi penggunaan lahan.

4. Teknik Analisis Data

Analisis data dilakukan melalui pendekatan spasial, statistik deskriptif, dan interpretasi hidrologi untuk mengevaluasi hubungan antara perubahan NDVI, perubahan penggunaan lahan, dan dinamika debit puncak DAS Wae Batu Merah.

a. Analisis NDVI

Analisis NDVI dilakukan untuk mengukur tingkat kehijauan vegetasi dan perubahan tutupan lahan dalam DAS Wae Batu Merah. Perhitungan NDVI menggunakan formula:

$$NDVI = \frac{NIR - Red}{NIR + Red}$$

Keterangan:

NDVI = Normalized Difference Vegetation Index;

NIR = reflektansi spektrum inframerah dekat;

Red = reflektansi spektrum merah.

Nilai NDVI berkisar antara -1 hingga +1. Nilai mendekati +1 menunjukkan vegetasi yang rapat dan sehat, sedangkan nilai mendekati 0 atau negatif menunjukkan lahan terbuka, permukiman, atau area non-vegetasi.

Hasil perhitungan NDVI kemudian diklasifikasikan menjadi lima kelas vegetasi untuk mempermudah interpretasi spasial perubahan tutupan lahan. Analisis dilakukan secara temporal untuk membandingkan kondisi tahun 2014 dan 2024 serta mengevaluasi tren perubahan vegetasi selama periode penelitian.

b. Analisis Perubahan Tutupan Lahan

Analisis perubahan tutupan lahan dilakukan dengan membandingkan hasil klasifikasi NDVI antarperiode pengamatan. Perubahan luas vegetasi penyangga, area permukiman, dan lahan non-vegetasi dihitung untuk mengetahui tingkat konversi lahan dalam DAS.

Perubahan luas tutupan lahan dihitung menggunakan persamaan:

$$\Delta L = L_t - L_0$$

Keterangan:

ΔL = perubahan luas lahan;

L_t = luas lahan pada tahun pengamatan;

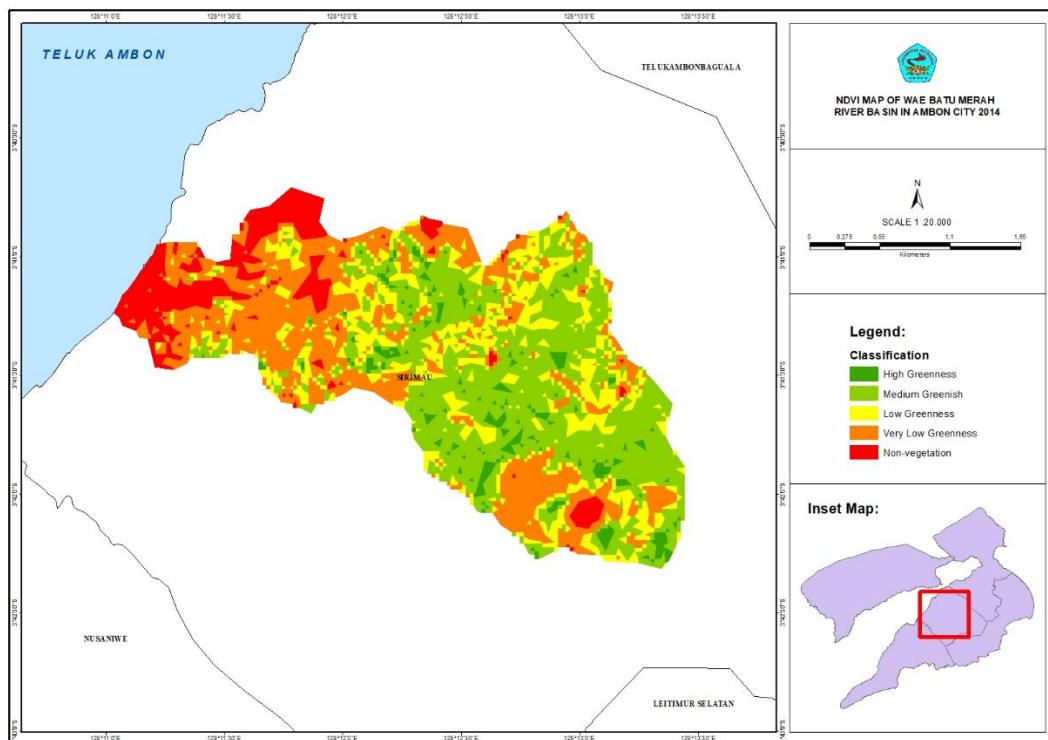
L_0 = luas lahan pada tahun awal.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Dinamika Spasial Tutupan Vegetasi DAS Wae Batu Merah Tahun 2014–2024

Hasil analisis spasial menggunakan pendekatan Normalized Difference Vegetation

Index (NDVI) menunjukkan adanya perubahan signifikan terhadap distribusi dan kualitas tutupan vegetasi di DAS Wae Batu Merah selama periode 2014–2024 (Gambar 1 dan Gambar 2). Berdasarkan interpretasi visual peta NDVI tahun 2014 dan 2024, terlihat bahwa struktur vegetasi mengalami penurunan kualitas yang ditandai dengan meningkatnya area berkategori **low greenness**, **very low greenness**, dan **non-vegetation**. Sebaliknya, area dengan kategori **high greenness** dan **medium greenish** menunjukkan kecenderungan menyusut dan terfragmentasi.



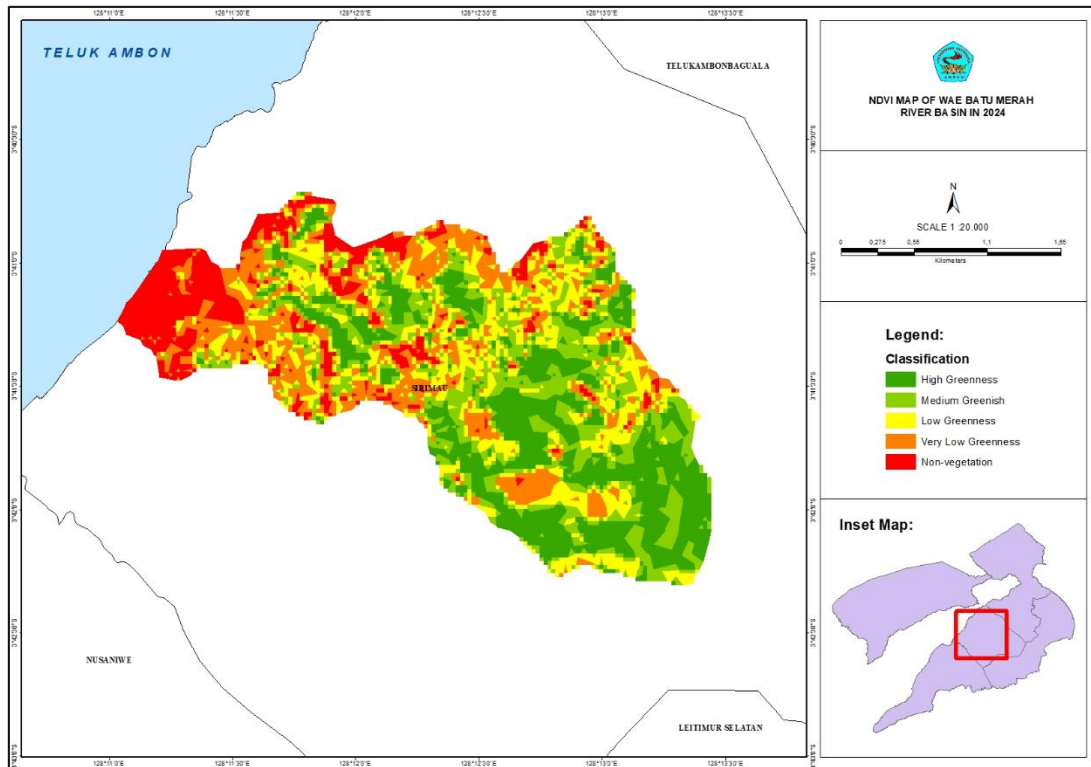
Gambar 1. Peta NDVI DAS Wae Batu Merah Tahun 2014

Pada peta NDVI tahun 2014, wilayah tengah hingga bagian timur DAS masih didominasi oleh warna hijau tua dan hijau muda yang merepresentasikan vegetasi rapat dan vegetasi sedang. Pola ini menunjukkan bahwa pada periode tersebut, kawasan hulu DAS masih memiliki kemampuan ekologis yang relatif baik dalam menjaga stabilitas hidrologi. Keberadaan vegetasi dengan tingkat kehijauan

tinggi berperan penting dalam meningkatkan kapasitas infiltrasi tanah, memperlambat limpasan permukaan, serta menjaga keseimbangan tata air pada musim hujan maupun musim kemarau (Askar *et al.*, 2022; Zha *et al.*, 2003). Namun demikian, hasil interpretasi peta tahun 2024 memperlihatkan perubahan spasial yang cukup kontras. Area berwarna merah dan oranye yang

mengindikasikan kelas non-vegetasi dan vegetasi sangat rendah tampak semakin meluas, terutama pada bagian barat dan zona transisi DAS. Fenomena ini menunjukkan adanya ekspansi lahan terbangun dan degradasi tutupan vegetasi yang berlangsung secara progresif

selama satu dekade terakhir. Fragmentasi vegetasi juga semakin terlihat melalui munculnya patch-patch vegetasi kecil yang terisolasi dan tidak lagi membentuk konektivitas ekologis yang utuh.



Gambar 2. Peta NDVI DAS Wae Batu Merah Tahun 2024

Secara ekologis, fragmentasi vegetasi memiliki implikasi penting terhadap fungsi lingkungan DAS. Vegetasi yang terfragmentasi cenderung memiliki kemampuan lebih rendah dalam mengontrol erosi, mempertahankan kelembapan tanah, serta menstabilkan aliran permukaan dibandingkan vegetasi yang masih terkoneksi secara spasial. Kondisi ini menyebabkan sistem hidrologi DAS menjadi lebih sensitif terhadap intensitas hujan tinggi dan perubahan penggunaan lahan. Interpretasi spasial juga menunjukkan bahwa tekanan perubahan tutupan lahan tidak tersebar secara merata. Bagian barat DAS memperlihatkan dominasi area non-vegetasi yang lebih tinggi

dibandingkan bagian timur dan tenggara DAS. Pola tersebut mengindikasikan bahwa wilayah barat DAS mengalami tekanan antropogenik yang lebih intensif, terutama akibat perkembangan permukiman, pembukaan lahan, dan aktivitas pembangunan. Sementara itu, beberapa area di bagian tenggara DAS masih mempertahankan vegetasi dengan tingkat kehijauan sedang hingga tinggi, meskipun mulai mengalami penyusutan luas area (Franke & Menz, 2007; Zhihao & Wei, 2024).

Perubahan distribusi kelas NDVI sebagaimana ditunjukkan pada kedua peta mengindikasikan bahwa DAS Wae Batu Merah sedang mengalami transformasi lanskap dari

kawasan dengan dominasi vegetasi menuju kawasan dengan tekanan urbanisasi yang semakin kuat. Dalam konteks pengelolaan DAS perkotaan, kondisi ini menjadi indikator awal terjadinya degradasi fungsi ekologis kawasan hulu dan tengah DAS. Hasil interpretasi tersebut diperkuat oleh data pada **Tabel 2** yang menunjukkan bahwa kelas high greenness mengalami penurunan akibat fragmentasi dan penyusutan area vegetasi rapat. Kategori

medium greenish juga mengalami penurunan akibat ekspansi lahan terbangun. Sebaliknya, kategori low greenness, very low greenness, dan non-vegetation mengalami peningkatan yang cukup signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa perubahan struktur tutupan lahan berlangsung secara sistematis dan berkorelasi dengan meningkatnya tekanan pembangunan pada kawasan DAS (Lai *et al.*, 2024; Tempa *et al.*, 2024).

Tabel 2. Perubahan Tutupan Vegetasi Berdasarkan Interpretasi Peta NDVI DAS Wae Batu Merah Tahun 2014 dan 2024

Kategori NDVI	Karakteristik Tutupan Lahan	Kondisi Tahun 2014	Kondisi Tahun 2024	Tren Perubahan
Kehijauan Tinggi	Vegetasi rapat dan hutan sekunder	Relatif dominan pada bagian tengah dan timur DAS	Mengalami fragmentasi dan penyusutan area	Menurun
Kehijauan Sedang	Vegetasi sedang dan agroforestri	Menyebar pada lereng tengah DAS	Berkurang akibat ekspansi lahan terbangun	Menurun
Kehijauan Rendah	Vegetasi jarang dan lahan terbuka	Terbatas pada area tertentu	Semakin meluas pada zona transisi	Meningkat
Kehijauan Sangat Rendah	Lahan kritis dan area minim vegetasi	Masih terbatas	Meluas terutama pada wilayah barat DAS	Meningkat signifikan
Non-Vegetasi	Permukiman dan lahan terbangun	Terkonsentrasi di area hilir	Semakin meluas ke arah hulu DAS	Meningkat signifikan

Sumber: Interpretasi visual peta NDVI DAS Wae Batu Merah Tahun 2014 dan 2024.

Dalam perspektif hidrologi lanskap, penurunan kualitas vegetasi di kawasan hulu DAS akan berdampak terhadap berkurangnya kapasitas retensi air dan meningkatnya limpasan permukaan. Vegetasi memiliki fungsi penting sebagai pengendali intersepsi hujan, penstabil struktur tanah, serta pengatur proses evapotranspirasi. Ketika vegetasi mengalami degradasi, maka kemampuan DAS dalam menahan dan menyimpan air akan menurun sehingga respons aliran permukaan menjadi lebih cepat. Temuan ini sejalan dengan berbagai penelitian hidrologi tropis yang menunjukkan bahwa urbanisasi dan perubahan tutupan lahan merupakan faktor utama yang

memengaruhi peningkatan kerentanan DAS terhadap banjir dan degradasi hidrologis (Mehmood *et al.*, 2024; Waiyasusri, 2021). Oleh karena itu, perubahan pola NDVI pada DAS Wae Batu Merah dapat dipahami sebagai indikator spasial yang merepresentasikan penurunan kualitas ekologis kawasan DAS secara keseluruhan.

B. Perubahan NDVI dan Degradasi Fungsi Hidrologi DAS Wae Batu Merah

Hasil analisis temporal menunjukkan bahwa nilai NDVI rata-rata hulu DAS Wae Batu Merah mengalami penurunan secara konsisten selama periode 2014–2024.

Berdasarkan Tabel 4, nilai NDVI menurun dari 0,46 pada tahun 2013 menjadi 0,28 pada tahun 2023. Penurunan sebesar 39,13% ini menunjukkan adanya degradasi kualitas vegetasi yang cukup serius dalam kurun waktu sepuluh tahun. Penurunan nilai NDVI tersebut berbanding lurus dengan berkurangnya luas vegetasi penyangga DAS. Luas vegetasi penyangga tercatat menurun dari 100 ha menjadi 58 ha, atau mengalami penyusutan sebesar 42%. Pada saat yang sama, luas permukiman dan lahan terbangun meningkat dari 50 ha menjadi 92 ha atau meningkat sebesar 84%. Perubahan ini menunjukkan bahwa ekspansi pembangunan dan konversi lahan menjadi faktor dominan yang memengaruhi penurunan kualitas lingkungan DAS.

Dalam konteks hidrologi DAS, vegetasi penyangga memiliki fungsi penting dalam menjaga keseimbangan tata air. Vegetasi

mampu meningkatkan infiltrasi air hujan ke dalam tanah melalui sistem perakaran dan porositas tanah yang terbentuk secara alami. Selain itu, tajuk vegetasi juga berperan dalam mengurangi energi kinetik hujan sehingga erosi permukaan dapat ditekan. Ketika luas vegetasi penyangga menurun, maka kemampuan DAS dalam menyerap air hujan juga ikut menurun (Mehmood *et al.*, 2024; Pettorelli *et al.*, 2011).

Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap peningkatan limpasan permukaan dan debit puncak sungai. Berdasarkan data pada **Tabel 3**, debit puncak meningkat dari 58,0 m³/det pada tahun 2013 menjadi 69,8 m³/det pada tahun 2023 atau mengalami kenaikan sebesar 20,34%. Peningkatan debit puncak ini menunjukkan bahwa DAS Wae Batu Merah semakin responsif terhadap kejadian hujan, sehingga air hujan lebih cepat terkonsentrasi menuju saluran sungai.

Tabel 3. Indikator Degradasi Lingkungan DAS Berdasarkan Dinamika NDVI dan Perubahan Tata Guna Lahan

Parameter Lingkungan	2013	2023	Perubahan Absolut	Persentase Perubahan (%)	Dampak Lingkungan
NDVI Rata-rata Hulu DAS	0.46	0.28	-0.18	-39.13	Penurunan kualitas tutupan vegetasi
Luas Vegetasi Penyangga (ha)	100.0	58.0	-42.0	-42.00	Berkurangnya zona resapan air
Luas Permukiman dan Lahan Terbangun (ha)	50.0	92.0	+42.0	+84.00	Peningkatan tekanan antropogenik
Debit Puncak (m ³ /det)	58.0	69.8	+11.8	+20.34	Peningkatan risiko banjir dan limpasan
Dominasi Area Non-Vegetasi	Rendah	Tinggi	–	–	Fragmentasi tutupan lahan meningkat

Sumber: Hasil analisis spasial dan hidrologi DAS Wae Batu Merah, 2013–2023

Fenomena peningkatan debit puncak yang terjadi bersamaan dengan penurunan NDVI mengindikasikan adanya hubungan ekologis-hidrologis yang kuat antara kualitas vegetasi dan respons aliran DAS. Semakin rendah nilai NDVI, maka semakin rendah pula

kapasitas infiltrasi dan retensi air dalam kawasan DAS. Sebaliknya, limpasan permukaan menjadi semakin dominan sehingga debit puncak meningkat secara progresif. Peningkatan area non-vegetasi juga menyebabkan bertambahnya permukaan kedap

air seperti jalan, bangunan, dan infrastruktur perkotaan lainnya. Permukaan kedap air memiliki kemampuan infiltrasi yang sangat rendah sehingga sebagian besar air hujan langsung berubah menjadi limpasan permukaan. Kondisi ini mempercepat aliran menuju sungai dan meningkatkan risiko banjir, terutama pada periode curah hujan tinggi. Selain memengaruhi debit puncak, degradasi vegetasi juga berpotensi menurunkan kualitas air dan meningkatkan sedimentasi sungai. Hilangnya vegetasi penutup menyebabkan tanah menjadi lebih rentan terhadap erosi. Material sedimen yang terbawa limpasan kemudian akan masuk ke saluran sungai dan meningkatkan tingkat kekeruhan air. Dalam jangka panjang, kondisi ini dapat menyebabkan pendangkalan sungai dan menurunkan kapasitas tampung aliran.

Secara spasial, degradasi fungsi hidrologi DAS terlihat lebih dominan pada kawasan yang mengalami peningkatan area non-vegetasi. Wilayah-wilayah tersebut berpotensi menjadi sumber utama limpasan cepat (*quick flow*), terutama apabila berada pada lereng dengan kemiringan sedang hingga curam. Oleh karena itu, perubahan pola NDVI tidak hanya merepresentasikan perubahan vegetasi, tetapi juga menjadi indikator penting terhadap perubahan respons hidrologi DAS secara keseluruhan (Mehmood *et al.*, 2024; Zhao & Qu, 2024). Temuan penelitian ini memperlihatkan bahwa perubahan tutupan lahan di DAS Wae Batu Merah telah melampaui perubahan ekologis biasa dan mulai memengaruhi stabilitas hidrologi kawasan. Dengan demikian, pengelolaan DAS perlu diarahkan pada upaya konservasi vegetasi, pengendalian urbanisasi, dan rehabilitasi kawasan kritis agar fungsi hidrologi DAS dapat dipulihkan secara berkelanjutan.

C. Implikasi Ekologis dari Pengelolaan DAS Berbasis Konservasi Vegetasi

Perubahan NDVI dan peningkatan area non-vegetasi pada DAS Wae Batu Merah

menunjukkan bahwa kawasan DAS sedang menghadapi tekanan ekologis yang cukup serius. Apabila tren degradasi vegetasi terus berlangsung, maka kemampuan DAS dalam menjaga keseimbangan hidrologi akan semakin menurun. Kondisi ini tidak hanya berdampak terhadap peningkatan risiko banjir, tetapi juga berpotensi menurunkan ketersediaan air pada musim kemarau akibat berkurangnya cadangan air tanah. Secara ekologis, vegetasi pada kawasan DAS berfungsi sebagai sistem biofisik yang menghubungkan atmosfer, tanah, dan aliran air. Vegetasi membantu menjaga siklus hidrologi melalui proses intersepsi, infiltrasi, evapotranspirasi, dan penyimpanan air tanah. Oleh karena itu, penurunan kualitas vegetasi akan berdampak langsung terhadap ketidakseimbangan sistem hidrologi dan meningkatnya kerentanan lingkungan (Ahmed & Akter, 2017; Xu *et al.*, 2022).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa kawasan dengan nilai NDVI tinggi cenderung berada pada wilayah yang masih memiliki tutupan vegetasi relatif baik. Kawasan tersebut perlu diprioritaskan sebagai zona konservasi karena berfungsi sebagai daerah resapan utama dan pengendali limpasan permukaan. Perlindungan terhadap kawasan berhijau tinggi menjadi penting untuk menjaga stabilitas hidrologi DAS dalam jangka panjang. Sebaliknya, wilayah dengan kategori **very low greenness** dan **non-vegetation** perlu menjadi prioritas rehabilitasi lingkungan. Upaya rehabilitasi dapat dilakukan melalui revegetasi, penghijauan sempadan sungai, pembangunan ruang terbuka hijau, dan penguatan sistem agroforestri berbasis masyarakat. Pendekatan ini penting untuk meningkatkan kembali kapasitas infiltrasi tanah dan mengurangi tekanan limpasan permukaan.

Dalam konteks DAS perkotaan, pengendalian pembangunan menjadi aspek yang sangat penting. Ekspansi permukiman yang tidak terkendali pada kawasan hulu dan sempadan sungai berpotensi mempercepat degradasi hidrologi DAS. Oleh karena itu, diperlukan kebijakan tata ruang yang lebih

adaptif dan berbasis daya dukung lingkungan. Kawasan dengan fungsi konservasi tinggi perlu dibatasi dari aktivitas pembangunan intensif. Selain pendekatan struktural, pengelolaan DAS juga perlu melibatkan pendekatan partisipatif berbasis masyarakat. Keterlibatan masyarakat dalam rehabilitasi vegetasi, konservasi tanah dan air, serta perlindungan kawasan sempadan sungai menjadi faktor penting dalam menjaga keberlanjutan pengelolaan DAS. Penguatan kesadaran ekologis masyarakat dapat membantu menekan laju degradasi vegetasi dan meningkatkan efektivitas program rehabilitasi lingkungan (An *et al.*, 2022; Latuamury & Talaohu, 2021).

Penggunaan teknologi penginderaan jauh berbasis NDVI sebagaimana diterapkan dalam penelitian ini terbukti efektif dalam memantau dinamika vegetasi secara spasial dan temporal. NDVI dapat digunakan sebagai instrumen monitoring lingkungan untuk mendeteksi perubahan tutupan lahan, mengidentifikasi kawasan kritis, dan mengevaluasi efektivitas program rehabilitasi DAS. Dengan demikian, pendekatan spasial berbasis citra satelit memiliki potensi besar dalam mendukung sistem pengelolaan DAS yang lebih adaptif dan berbasis data ilmiah. Secara keseluruhan, hasil penelitian ini menegaskan bahwa penurunan NDVI, penyusutan vegetasi penyangga, dan peningkatan area non-vegetasi telah memengaruhi fungsi ekologis dan hidrologis DAS Wae Batu Merah secara signifikan. Oleh sebab itu, strategi pengelolaan DAS ke depan perlu diarahkan pada konservasi vegetasi, pengendalian konversi lahan, rehabilitasi kawasan kritis, dan penguatan tata kelola DAS berbasis keberlanjutan ekologis.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa DAS Wae Batu Merah mengalami perubahan ekologis dan hidrologis yang signifikan selama periode 2013–2024, yang ditandai oleh

penurunan kualitas tutupan vegetasi, peningkatan area non-vegetasi, serta meningkatnya respons limpasan permukaan DAS. Analisis berbasis Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) memperlihatkan bahwa nilai NDVI rata-rata hulu DAS menurun dari 0,46 menjadi 0,28 atau mengalami penurunan sebesar 39,13%, yang mengindikasikan terjadinya degradasi vegetasi secara progresif akibat tekanan urbanisasi dan konversi penggunaan lahan. Penurunan kualitas vegetasi tersebut diikuti oleh penyusutan luas vegetasi penyangga sebesar 42%, sementara luas permukiman dan lahan terbangun meningkat sebesar 84%, menunjukkan adanya transformasi lanskap DAS dari kawasan yang didominasi fungsi ekologis menuju kawasan dengan tekanan antropogenik yang semakin tinggi. Interpretasi spasial peta NDVI tahun 2014 dan 2024 memperlihatkan bahwa kelas high greenness dan medium greenish mengalami fragmentasi dan penyusutan area, sedangkan kategori low greenness, very low greenness, dan non-vegetation semakin meluas, terutama pada wilayah barat dan zona transisi DAS. Kondisi tersebut berdampak langsung terhadap penurunan kapasitas infiltrasi, melemahnya fungsi retensi air, serta meningkatnya limpasan permukaan yang tercermin melalui kenaikan debit puncak dari 58,0 m³/det menjadi 69,8 m³/det atau meningkat sebesar 20,34%. Temuan ini menegaskan adanya hubungan ekologis-hidrologis yang kuat antara degradasi vegetasi dan perubahan respons hidrologi DAS perkotaan di wilayah tropis kepulauan. Dengan demikian, NDVI terbukti efektif sebagai indikator spasial dalam memantau kesehatan lingkungan DAS dan mengevaluasi dampak perubahan penggunaan lahan terhadap fungsi hidrologi kawasan. Penelitian ini merekomendasikan perlunya strategi pengelolaan DAS berbasis konservasi vegetasi melalui rehabilitasi kawasan kritis, pengendalian ekspansi permukiman di wilayah hulu, perlindungan zona resapan air, serta penguatan tata ruang berkelanjutan guna menjaga stabilitas ekologis dan ketahanan

hidrologi DAS Wae Batu Merah di masa mendatang.

B. Saran

Berdasarkan hasil penelitian, pengelolaan DAS Wae Batu Merah perlu diarahkan pada pendekatan konservasi berbasis ekohidrologi yang menitikberatkan pada rehabilitasi vegetasi penyangga, pengendalian konversi lahan di kawasan hulu, serta penguatan tata ruang berbasis daya dukung lingkungan. Pemerintah daerah dan pemangku kepentingan disarankan untuk meningkatkan program revegetasi, perlindungan sempadan sungai, dan pengembangan ruang terbuka hijau guna menekan peningkatan limpasan permukaan dan risiko banjir. Selain itu, penelitian lanjutan perlu dilakukan dengan mengintegrasikan analisis curah hujan, karakteristik tanah, kemiringan lereng, serta pemodelan hidrologi kuantitatif agar diperoleh pemahaman yang lebih komprehensif mengenai dinamika hidrologi DAS perkotaan tropis.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmed, K. R., & Akter, S. (2017). Analysis of landcover change in southwest Bengal delta due to floods by NDVI, NDWI and K-means cluster with landsat multi-spectral surface reflectance satellite data. *Remote Sensing Applications: Society and Environment*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.rsase.2017.08.010>
- Ajar, B. (n.d.). *Hidrologi Pulau Kecil*.
- An, T. T., Izuru, S., Narumasa, T., Raghavan, V., Hanh, L. N., An, N. Van, Long, N. V., Thuy, N. T., & Minh, T. P. (2022). Flood vulnerability assessment at the local scale using remote sensing and GIS techniques: a case study in Da Nang City, Vietnam. *Journal of Water and Climate Change*, 13(9). <https://doi.org/10.2166/wcc.2022.029>
- Askar, S., Zeraat Peyma, S., Yousef, M. M., Prodanova, N. A., Muda, I., Elshabi, M., & Hatamiafkoueih, J. (2022). Flood Susceptibility Mapping Using Remote Sensing and Integration of Decision Table Classifier and Metaheuristic Algorithms. *Water (Switzerland)*, 14(19). <https://doi.org/10.3390/w14193062>
- Bejagam, V., & Sharma, A. (2023). Remote sensing-based multi-scale characterization of ecohydrological indicators (EHIs) in India. *Ecological Engineering*, 187. <https://doi.org/10.1016/j.ecoleng.2022.106841>
- Daao, B., Loppies, R., & Latuamury, B. (2023). Studi Empiris Pengelolaan Hutan Kota Berkelanjutan Di Taman Makmur Siwalima Kota Ambon. *Jurnal Geografi, Lingkungan Dan Kesehatan*, 1(2), 131–142. <https://doi.org/10.30598/jglk.1.2.12021>
- Franke, J., & Menz, G. (2007). Multi-temporal wheat disease detection by multi-spectral remote sensing. *Precision Agriculture*, 8(3). <https://doi.org/10.1007/s11119-007-9036-y>
- Gandri, L., Indriyani, L., Bana, S., Ahmaliun, L. De, Alwi, L. O., & Fitriani, V. (2023). Analisis Perubahan Kerapatan Vegetasi Mangrove untuk Perencanaan Pengelolaan Konservasi Perairan Berkelanjutan di Teluk Moramo. In *Jurnal Perencanaan Wilayah* (Vol. 8, Issue 1, pp. 107–115). <https://doi.org/10.33772/jpw.v8i1.380>
- Haulussy, R., Latuamury, B., & Iskar, I. (2024). Analisis Pemangku Kepentingan (Stakeholder) Terhadap Pengelolaan Sumberdaya Air Das Wae Batu Merah Kota Ambon. *Makila*, 18(1), 52–67. <https://doi.org/10.30598/makila.v18i1.10561>
- Intopiana, L. V., Putuhena, J. D., & Boreel, A. (2020). Pemetaan Daerah Rawan Erosi Di DAS Wae Batu Merah Kota Ambon. *MAKILA*, 14(1). <https://doi.org/10.30598/makila.v14i1.2508>
- Lai, C., Sun, H., Wu, X., Li, J., Wang, Z., Tong, H., & Feng, J. (2024). Water availability may not constrain vegetation growth in Northern Hemisphere. *Agricultural Water Management*, 291. <https://doi.org/10.1016/j.agwat.2023.108649>
- Latuamury, B. (2013). Hubungan Antara Indeks Vegetasi Ndzi (Normalized Difference Vegetation Index) Dan Koefisien Resesi Baseflow Pada Beberapa SubDAS Propinsi Jawa Tengah Dan Daerah Istimewa Yogyakarta. *Jurnal Teknosains*, 2(2). <https://doi.org/10.22146/teknosains.5998>
- Latuamury, B. (2020). Buku Ajar Manajemen DAS Pulau-Pulau Kecil. *Sustainability (Switzerland)*, 11(1).
- Latuamury, B., Aponno, H. S. E. S., Marasabessy, H., Hadijah, M. H., & Imlabla, W. (2020). The spatial dynamics of land cover change along the Wallacea corridor in the key biodiversity area 'Buano Island', Maluku, Indonesia. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*, 7(4). <https://doi.org/10.15243/JDMLM.2020.074.2241>
- Latuamury, B., Gunawan, T., & Suprayogi, S. (2012). Pengaruh kerapatan vegetasi penutup lahan terhadap karakteristik resesi hidrograf pada beberapa subdas di Propinsi Jawa Tengah dan Propinsi DIY. *Mgi*, 26(2).
- Latuamury, B., Marasabessy, H., & Hadidjah, M. H. (2019). Menakar Kesiapsiagaan Masyarakat

- Pemukim Di Sempadan Sungai Das Wae Batu Merah Kota Ambon Dalam Menghadapi Banjir. *Prosiding Seminar Perhutanan Sosial, Fakultas Pertanian Universitas Pattimura*, 230.
- Latuamury, B., Sahureka, M., Hadijah, M. H., Parera, L. R., Iskar, & Talaohu, M. (2025). The community understanding and attitude related to the protection area function of the Wae Batu Merah watershed in Ambon City. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1527(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1527/1/012012>
- Latuamury, B., Sudarmadji, S., & Suprayogi, S. (2016). Variasi Perubahan Penggunaan Lahan Pada Berbagai Tipe Bentuklahan Dan Kaitannya Dengan Aliran Dasar Sungai Pada DAS Keduang Provinsi Jawa Tengah (The Variation of Land-Use Change in Various Landform Type and Its Correlation With River Baseflow). *Jurnal Manusia Dan Lingkungan*, 23(2). <https://doi.org/10.22146/jml.18790>
- Latuamury, B., & Talaohu, M. (2021). Correlating Spatial Pattern of Canopy Greenness Derived from the NDVI with Hydrological Characteristics of Small Island Watersheds. *Journal of Geographical Studies*, 5(1). <https://doi.org/10.21523/gcj5.21050101>
- Marasabessy, S., Latuamury, B., Iskar, I., & Suhendy, C. C. V. (2019). Persepsi Masyarakat Mengenai Peranan Vegetasi Kawasan Sabuk Hijau Di Sempadan Sungai DAS Wae Batu Gajah. *MAKILA*, 13(1). <https://doi.org/10.30598/makila.v13i1.2317>
- Mehmood, K., Anees, S. A., Rehman, A., Pan, S., Tariq, A., Zubair, M., Liu, Q., Rabbi, F., Khan, K. A., & Luo, M. (2024). Exploring spatiotemporal dynamics of NDVI and climate-driven responses in ecosystems: Insights for sustainable management and climate resilience. *Ecological Informatics*, 80. <https://doi.org/10.1016/j.ecoinf.2024.102532>
- Pettorelli, N., Ryan, S., Mueller, T., Bunnefeld, N., Jedrzejewska, B., Lima, M., & Kausrud, K. (2011). The Normalized Difference Vegetation Index (NDVI): Unforeseen successes in animal ecology. In *Climate Research* (Vol. 46, Issue 1). <https://doi.org/10.3354/cr00936>
- Priya, M. V., Kalpana, R., Pazhanivelan, S., Kumaraperumal, R., Ragunath, K. P., Vanitha, G., Nihar, A., Prajesh, P. J., & Vasumathi, V. (2023). Monitoring vegetation dynamics using multi-temporal Normalized Difference Vegetation Index (NDVI) and Enhanced Vegetation Index (EVI) images of Tamil Nadu. *Journal of Applied and Natural Science*, 15(3). <https://doi.org/10.31018/jans.v15i3.4803>
- Siahaya, J. S., Latuamury, B., & Loppies, R. (2025). Persepsi Pemangku Kepentingan Terhadap Pengelolaan Lanskap Hutan DASs Wae Batu Merah Kota Ambon. *Jurnal Nusa Sylva*, 24(2). <https://doi.org/10.31938/jns.v24i2.760>
- Syamsul Fallah Kelihul, Bokiraiya Latuamury, & Rina Suryani Oktari. (2025). Pemetaan Kerentanan Banjir Berbasis Karakteristik Sosio-Hidrologi di DAS Wae Batu Merah, Kota Ambon. *MAKILA*.
- Tempa, K., Ilunga, M., Agarwal, A., & Tashi. (2024). Utilizing Sentinel-2 Satellite Imagery for LULC and NDVI Change Dynamics for Gelephu, Bhutan. *Applied Sciences (Switzerland)*, 14(4). <https://doi.org/10.3390/app14041578>
- Waiyasuri, K. (2021). Monitoring the land cover changes in mangrove areas and urbanization using normalized difference vegetation index and normalized difference built-up index in Krabi Estuary Wetland, Krabi province, Thailand. *Applied Environmental Research*, 43(3). <https://doi.org/10.35762/AER.2021.43.3.1>
- Wiedarti, S., Ramdan, H., & Sudrajat, C. (2014). Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Pencegah Erosi di Daerah Aliran Sungai (DAS) Ciliwung. *Ekologia*, 14(2), 1–9.
- Xu, Y., Yang, Y., Chen, X., & Liu, Y. (2022). Bibliometric Analysis of Global NDVI Research Trends from 1985 to 2021. In *Remote Sensing* (Vol. 14, Issue 16). <https://doi.org/10.3390/rs14163967>
- Zha, Y., Gao, J., & Ni, S. (2003). Use of normalized difference built-up index in automatically mapping urban areas from TM imagery. *International Journal of Remote Sensing*, 24(3). <https://doi.org/10.1080/01431160304987>
- Zhao, Q., & Qu, Y. (2024). The Retrieval of Ground NDVI (Normalized Difference Vegetation Index) Data Consistent with Remote-Sensing Observations. *Remote Sensing*, 16(7). <https://doi.org/10.3390/rs16071212>
- Zhihao, W., & Wei, F. (2024). UV-NDVI for real-time crop health monitoring in vertical farms. *Smart Agricultural Technology*, 8. <https://doi.org/10.1016/j.atech.2024.100462>

WOMEN'S LOCAL KNOWLEDGE ON PLANT UTILIZATION AND ITS RELATION TO FOREST CONSERVATION IN THE WAN ABDUL RACHMAN FOREST PARK

Melya Riniarti^{1*}, Inggar Damayanti¹ dan Dian Rahmalia²

¹Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Lampung, Jl Sumantri Brojonegoro No 1,
Gd. Meneng Bandar Lampung, 35145, Indonesia; e-mail: melya.riniarti@fp.unila.ac.id ;
e-mail: inggar.damayanti@fp.unila.ac.id

²Department of Agribusiness, Faculty of Agriculture, University of Lampung, Jl Sumantri Brojonegoro No 1
Gd. Meneng Bandar Lampung, 35145, Indonesia ; e-mail: dian.rahmalia@fp.unila.ac.id

Correspondent author : e-mail: melya.riniarti@fp.unila.ac.id

Diterima 18-05-2026

direvisi 24-05-2026

disetujui 25-05-2026

ABSTRACT

The Tahura Wan Abdul Rachman area plays an important role in maintaining biodiversity and supporting the lives of the people of the buffer villages through various plant resources used in daily life. Local community knowledge of plant use is an important part of supporting forest conservation, especially through women's role as guardians of cultural and ecological knowledge. This research aimed to explore the role of women in preserving plant knowledge and forest conservation in Talang Mulya Village, a buffer village for Tahura WAR. The research was conducted using survey methods and semi-structured interviews with 65 female respondents. Data were analyzed descriptively, quantitatively, and qualitatively. The results showed that most respondents had high knowledge of the types of plants around the forest (83.10%), the traditions of plant use (90.77%), and the cultural and spiritual values associated with certain plants (78.46%). Most of this knowledge (75.38%) was obtained from parents and ancestors. Most respondents (57.11%) also replanted plants in the environment around their homes, although their involvement in formal forest conservation activities remained relatively low. This research shows that women play an important role in sustaining ethnobotanical knowledge and supporting local knowledge-based conservation in forest areas.

Keywords: Ethnobotany, tradition, local knowledge, biopharmaceuticals, gender

ABSTRAK

Kawasan Tahura Wan Abdul Rachman memiliki peran penting dalam menjaga keanekaragaman hayati dan mendukung kehidupan masyarakat desa penyangga melalui berbagai sumber daya tumbuhan yang dimanfaatkan dalam kehidupan sehari-hari. Pengetahuan lokal masyarakat mengenai pemanfaatan tumbuhan menjadi bagian penting dalam mendukung konservasi hutan, khususnya melalui peran perempuan sebagai penjaga pengetahuan budaya dan ekologis. Penelitian ini bertujuan untuk menggali kearifan lokal para perempuan tentang manfaat tumbuhannya dan hubungannya konservasi hutan di Desa Talang Mulya sebagai desa penyangga Tahura WAR. Penelitian dilakukan menggunakan metode survei dan wawancara semi terstruktur terhadap 65 responden perempuan. Data dianalisis secara deskriptif kuantitatif dan kualitatif. Hasil penelitian menunjukkan bahwa sebagian besar responden memiliki pengetahuan yang tinggi mengenai jenis tumbuhan di sekitar hutan (83,10%), tradisi pemanfaatan tumbuhan (90,77%), serta nilai budaya dan spiritual yang berkaitan dengan tumbuhan tertentu (78,46%). Pengetahuan tersebut sebagian besar (75,38%) diperoleh secara turun-temurun dari orang tua dan nenek moyang. Sebagian besar responden (57,11%) juga melakukan penanaman kembali tumbuhan di lingkungan sekitar rumah, meskipun keterlibatan mereka dalam kegiatan konservasi hutan secara formal masih relatif rendah. Penelitian ini menunjukkan bahwa perempuan memiliki peran penting dalam menjaga keberlanjutan pengetahuan etnobotani dan mendukung konservasi berbasis pengetahuan lokal di sekitar kawasan hutan.

Kata kunci: Etnobotany, tradisi, kearifan lokal, biofarmaka, gender .

I. INTRODUCTION

One of the important conservation areas in Lampung Province is Tahura Wan Abdul Rachman, which has an area of about 22,249.31 ha and plays an important role in maintaining the tropical forest ecosystem of Sumatra, including the hydrological functions and water systems of the surrounding area (Wicaksono et.al., 2025; Minarningsih & Murniati, 2020). This area has a diverse land cover, including primary and secondary forests, shrubs, reeds, and community agroforestry systems, thereby supporting a range of flora and fauna with high ecological, economic, and cultural value (Abidin et al., 2025). In addition to serving as a biodiversity conservation area, Tahura WAR also provides various resources used by the surrounding community to meet food, health, and socio-cultural needs. However, like other tropical forest areas, Tahura WAR faces various pressures from land-use change, deforestation, and human activities, which could threaten the sustainability of its ecosystems and biodiversity (Mayangsari et al., 2019).

Local wisdom and ethnobotanical approaches have proven to be important components in biodiversity protection and conservation efforts (Hidayah & Hakim, 2022). Local wisdom is the traditional knowledge and practice of the community in managing nature, providing valuable insights for sustainable environmental management. Meanwhile, ethnobotanical approaches, which study the relationships between humans and plants in cultural contexts, can help design effective conservation strategies that meet local needs (Dewi et al., 2023; Hidayah & Hakim, 2022; Ristanto et al., 2020).

Women have an important role in maintaining and transmitting local knowledge related to plant utilization and forest resource management to communities around conservation areas (Agarwal, 2009). In many rural communities, women not only meet household needs but also serve as guardians of

knowledge about food plants, medicines, ritual plants, and various practices for using natural resources, passed down from generation to generation. This knowledge develops through daily interaction with the environment and forms an important part of local ecological knowledge that supports the sustainability of forest management and biodiversity conservation (Carvalho & Frazão-Moreira, 2011). Some recent research shows that women make a major contribution to sustaining culturally-based conservation practices, including through the protection of certain species, the replanting of exploited plants, and the transmission of ecological values to the next generation (Sood et al., 2016). In addition, local ecological knowledge possessed by women in communities around forest areas is considered to be able to strengthen the socio-ecological resilience of the community and support the sustainable management of conservation areas (Robert et.al., 2022; Sachde & Udhwani, 2025).

Although various studies have discussed biodiversity, plant utilization, and management of the Tahura Wan Abdul Rachman area, studies that specifically explore the role of women in maintaining plant knowledge and its relationship to forest conservation in buffer villages are still very limited. In fact, women are closely involved in the utilization of plant resources, the transmission of local knowledge, and cultural practices related to environmental management (Joshi & Bhardwaj, 2015). Talang Mulya Village, as one of the Tahura WAR buffer villages, has high interaction with forest areas, so it holds the potential of local ecological knowledge that is important to be studied (Mayangsari et al., 2019; Santoso et.al., 2023). However, information on how women understand, use, inherit, and maintain the sustainability of plants in forest areas remains poorly documented scientifically. Therefore, this research aimed to explore the role of women in preserving plant knowledge and forest conservation in Talang Mulya Village,

the Tahura Wan Abdul Rachman buffer area. This research is expected to contribute to the development of ethnobotanical and social forestry studies and to serve as a basis for supporting conservation efforts grounded in local community knowledge.

II. METHOD

The research was carried out in the buffer village of the Wan Abdul Rahman Forest Park, namely Talang Mulya Village, Teluk Pandan District, Pesawaran Regency. This village was chosen because it is directly adjacent to Tahura WAR. Respondents were selected using purposive sampling based on predetermined criteria, including married women, those aged over 20 years, native residents of the village, and individuals considered familiar with the use of plants in daily life.. Interview data collection continued until saturation was reached, indicated by repetitive responses and the absence of new information or themes from additional respondents (Morse 2015). The number of respondents obtained was 65 women. Women were chosen because, based on previous research, it is known that in terms of inheriting knowledge related to the benefits of plants, both as medicinal plants, food, and

cultural benefits, more women do it. This is suspected because women's interactions with plants in daily life are more than men's.

Data were collected through semi-structured interviews focusing on several aspects, including: (1) the characteristics of the community (2) knowledge about the types of plants that live around the forest (3) the existence of plants of spiritual value (4) the existence of traditions/rituals/customs about the use of plants (5) the existence of traditions in utilizing plants for food/medicine (6) the importance of plants in a culture (7) methods of inheriting local knowledge related to The use of plants from generation to generation (8) rules related to the use of plants (9) the habits of planting plants used (10) involvement in forest conservation and beneficial plants. qualitatively. Respondents' answers were categorized into three levels: know, uncertain, and do not know. A score of 1 was assigned when respondents were able to clearly recognize or explain the plants and their uses, a score of 2 indicated uncertainty or incomplete understanding, and a score of 3 indicated that respondents did not know or could not provide relevant information. The collected data were then analyzed descriptively using quantitative tabulation and qualitative interpretation

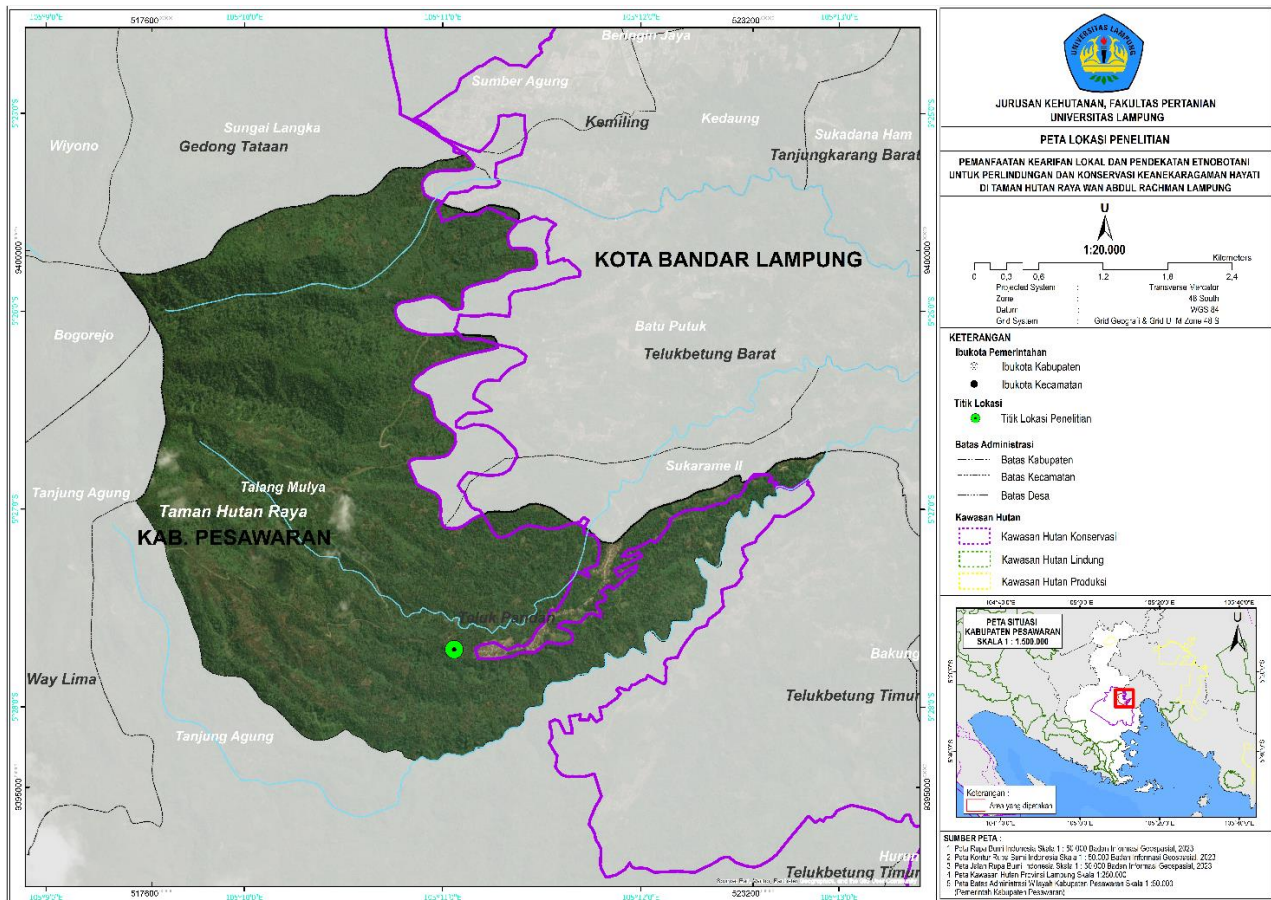


Figure 1. Map of Research Location.

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Results

1. Characteristic of Respondents

This study involved 100% female respondents; respondents were almost entirely in the productive age group. Only 11% of respondents who reported their age were no longer productive (Figure 2). 54% of the female respondents in this study were housewives, while 32% also worked as farmers. The involvement of women as respondents in ethnobotanical studies is crucial because they often have a central role in managing plant resources in household and community contexts. Women are usually responsible for the collection, processing, and use of various plant species, especially those related to food, medicine, and other domestic needs. Therefore, they tend to have in-depth knowledge of the

various local plant species used in daily life, from food plants to medicinal plants.

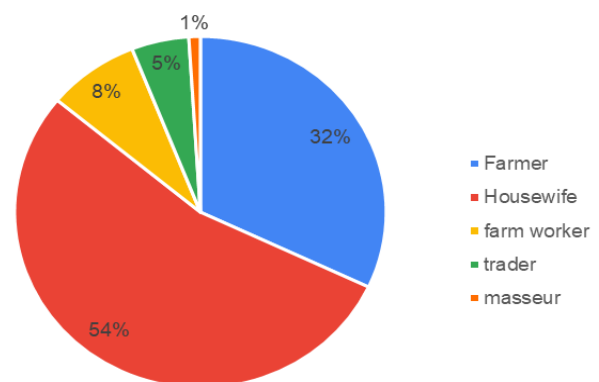


Figure 2. Characteristics of respondents based on age

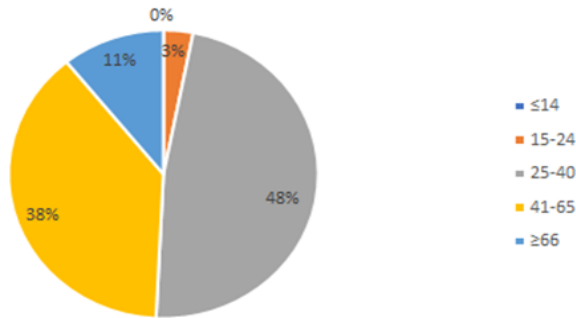


Figure 3. Characteristics of respondents based on occupations

2. Respondents' Knowledge of Plant Types and Uses.

The results of the interview on respondents' knowledge of plant types and uses are shown in Figure 4. The results showed that most respondents reported good knowledge of plants and cultural practices related to the use of forest resources. As many as 83.10% of respondents said they knew the types of plants that grow in forest areas, while only 1.50% said they did not have knowledge related to this. The respondents' knowledge of the traditions and use of plants for food and medicine was high (90.77%), indicating that the use of plants in daily activities is still very strong.

Respondents' knowledge of plants considered to have spiritual or symbolic value in the local culture is also relatively high, at 71.67%. In addition, 78.46% of respondents know certain plant species considered important for social and cultural life. These findings suggest that plants are not only viewed as economic and food resources but also carry cultural meaning that is still preserved by communities living around the forest.

Unlike other knowledge aspects, respondents' knowledge of certain rules or taboos regarding the use of forest plants shows

lower value. Only 16.92% of respondents said they know about rules or taboos in forest plant use, while most respondents (83.08%) said they do not know. This condition suggests a possible decline or reduction of traditional practices related to customary forest resource management among communities around Tahura WAR

3. Traditions Carried Out Related to the Utilization of Plants

The results of interviews revealing various plant-related traditions still practiced by the community are presented in Table 1.

Various traditions related to the use of plants in social, cultural, and spiritual life that are still practiced by women in Talang Mulya Village are presented in Table 1. Various uses of plants in rituals such as weddings, childbirth, harvest thanksgiving, house building, offerings, and protection from misfortune or supernatural disturbances. The most commonly used plant is banana (*Musa* spp.), followed by several spice species such as *Kaempferia galanga*, turmeric (*Curcuma longa*), *Etilingera elatior*, and *Zingiber cassumunar*, which are used in traditional medicine and postpartum rituals. These findings suggest that local knowledge of plant use is still preserved and remains an important part of the cultural identity of the buffer communities around the Wan Abdul Rachman Forest Park (Tahura WAR), and has the potential to support plant conservation through cultural practices that are passed down from generation to generation.

4. Inheritance of Local Knowledge Related to Plant Utilization

The results of the interviews on the method of inheriting local knowledge of plant utilization are presented in Figure 5.

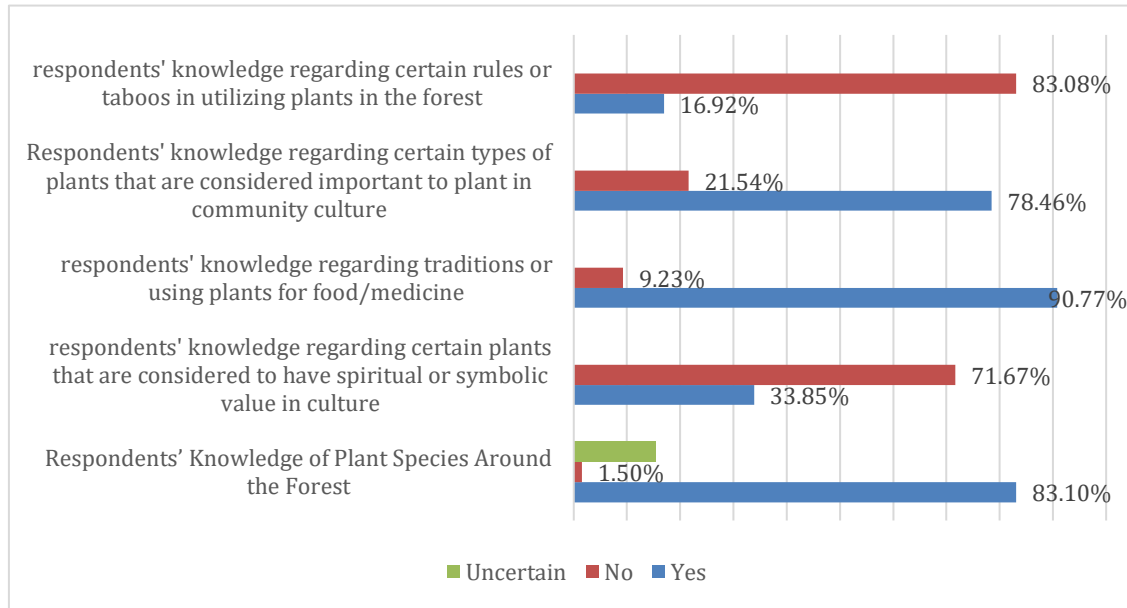


Figure 4. Percentage of women respondents' knowledge regarding plant species, traditional plant uses, spiritual values of plants, culturally important plants, and customary rules or taboos related to plant utilization in the forest area.

Table 1. Traditions regarding plants used in the community

No.	Plant Species/Material	Traditional Practice and Cultural Use
1	Coconut leaves (<i>Cocos nucifera</i>)	Young coconut leaves (janur) are commonly used in traditional celebration ceremonies and community feasts.
2	Raja banana (<i>Musa paradisiaca</i>)	Raja banana is hung inside houses or on rooftops as a symbol to ward off misfortune or negative spirits.
3	Areca nut palm (<i>Areca catechu</i>)	Areca nut is used in wedding ceremonies as a symbol of hope and harmony for married couples.
4	Aromatic ginger (<i>Kaempferia galanga</i>) and turmeric (<i>Curcuma longa</i>)	Kencur and turmeric are traditionally used in childbirth rituals to protect mothers and newborns.
5	Raja banana and Mas banana (<i>Musa</i> spp.)	Bananas are commonly served during traditional ceremonies such as weddings and circumcision celebrations.
6	Banana (<i>Musa</i> spp.)	Bananas are used as offerings in traditional ritual ceremonies.
7	Yellow bamboo (<i>Bambusa vulgaris</i>)	Yellow bamboo is believed to protect children from misfortune or negative supernatural influences.
8	Bangle (<i>Zingiber montanum</i>), ponglai, and turmeric	These plants are used in traditional healing practices for postpartum recovery and spiritual disturbances.
9	Banana (<i>Musa</i> spp.)	Bananas are hung on rooftops during house construction rituals for protection and safety.
10	Seven-flower mixture	Mixed flowers are used in blessing rituals for newly purchased vehicles.
11	Raja banana (<i>Musa paradisiaca</i>)	After harvest, communities conduct thanksgiving ceremonies by serving Raja bananas.
12	Bangle (<i>Zingiber montanum</i>)	During initial land preparation, bangle is chewed and sprayed onto the land as part of a traditional ritual.
13	Kembar mayang flowers	Kembar mayang flowers are used in funeral ceremonies for unmarried men or women.

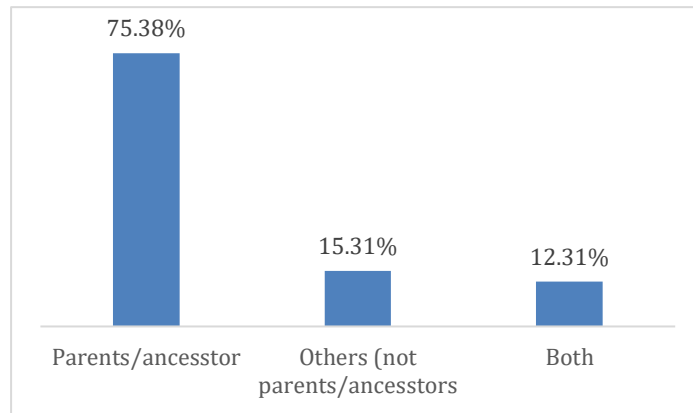


Figure 5. Methods of inheriting local knowledge related to the use of plants

The results of interviews on local knowledge of plant use (Figure 5) indicate that most information is transmitted intergenerationally within families. As many as 75.38% of respondents reported obtaining their knowledge of plants from parents or ancestors, and 15.31% admitted to learning from others outside the family, such as neighbors, the surrounding community, or personal experience. And as many as 12.31% of respondents said they obtained their knowledge from a combination of these two sources. These results show that families still play a major role in transmitting local knowledge about plant use downward. This process of passing on knowledge across generations is an important

factor in maintaining the sustainability of ethnobotanical knowledge among the buffer communities of the Wan Abdul Rachman Forest Park (Tahura WAR).

5. Involvement In Forest and Environmental Conservation

The results of the analysis of forest conservation involvement, as reported by respondents, are presented in Figure 6. The questions asked were (1) how often do you replant frequently used plants, and (2) how often are you involved in forest and environmental conservation activities.

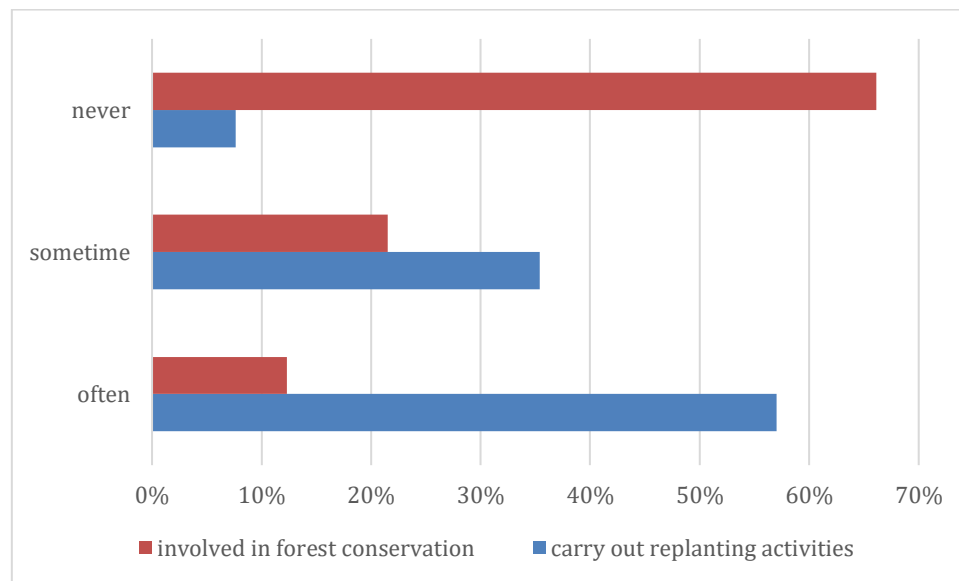


Figure 6. The involvement in forest conservation.

From Figure 6, it can be seen that most female respondents still have concerns about the sustainability of plants through planting activities around them. A total of 57.14% of respondents stated that it is their habit to replant the plants they use, although only 35.71% do so occasionally, and only a small number never do so, because they can buy them or ask their neighbors to get them. These results show that plant maintenance and cultivation are still carried out primarily by women in Talang Mulya Village to meet household needs and preserve plant resources.

The results of the interviews showed that respondents' involvement in direct forest conservation was relatively low. Most respondents (66.15%) said they had never participated in forest conservation activities, while only 12.31% reported being involved frequently, and 21.54% being involved occasionally. This is interesting because it suggests that, although women have a close relationship with the use and maintenance of plants, their participation in formal forest conservation activities remains limited. This situation appears to be due to the lack of access, opportunity, and involvement of women in community-level forest conservation programs

B. Discussion

The results showed that women in Talang Mulya Village have a high level of knowledge about the types of plants in the forest area, including their uses in daily life, cultural traditions, and local medicinal practices. Plant diversity in Talang Mulya Village is still high because it is a fruit producer (Herwanti, 2016) and a producer of medicinal plants (Mayangsari et al., 2019). This condition has been reported in various studies that calculated plant diversity in Tahura WAR (Maulita & Asmarahman, 2022; Abidin et al., 2025; Asmarahana et al., 2023), where plant management is based on the agroforestry system. The respondents' high knowledge of plants shows that the buffer village community still has a strong attachment to forest resources and the surrounding environment. This is similar to the results of research by Kristin et al., (2018) which showed that the people living around Tahura WAR have high interaction related to land and plant utilization. Local *ecological knowledge* (LEK) is an important part of supporting the sustainable management of natural resources because it is formed through long-term interactions between people and the environment in which they live (Aswani et al., 2018). In the communities around forest areas,

this knowledge is not only about identifying plant species but also about their utilization, management, and cultural values. The existence of this local knowledge is considered important in supporting community-based conservation and maintaining the sustainability of biodiversity in tropical forest areas (Rizki & Asteria, 2023).

According to Aluko (2018) women have an important position in preserving and passing on local knowledge related to plants to the next generation. Most respondents reported obtaining knowledge about plant use from parents or ancestors, indicating that the family remains the primary channel for transmitting local knowledge. This is consistent with what Wicaksono et al. (2024) found regarding the family's role in the palm sugar business in Tahura WAR. The results of their research also found that knowledge of the palm sugar business was passed down from generation to generation, thereby strengthening its sustainability. The process of inheriting knowledge from generation to generation generally takes place through daily activities, traditional medicine practices, the use of food plants, and women's involvement in the community's domestic and socio-cultural activities. Recent studies show that women in rural areas and forest buffer areas often serve as guardians of local ecological knowledge because they have intensive interactions with plant resources, particularly for food, health, and cultural rituals. In addition, women also contribute to maintaining the socio-ecological resilience of the community through practices based on local wisdom and traditional conservation (Dovie et al., 2008)

This research also shows that various plant species still hold strong cultural and spiritual value for the people of Talang Mulya Village. Several plants, such as bananas, areca nuts, janur, turmeric, kencur, and yellow bamboo, are used in various traditions, including weddings, births, harvest thanksgiving, house construction, and rituals for personal and family protection (Hidayat,

2018; Wang et al., 2026). These findings show that plants are not only seen as biological resources, but also have social and symbolic functions in people's cultural systems. The cultural values inherent in plants play an important role in sustaining the use and preservation of certain species, as communities tend to maintain plants considered culturally and spiritually important. It seems that this is what keeps the forest condition in Tahura WAR classified as good, according to the results of research by Safei et al. (2020). Santoso et al. (2023) also revealed that the management model in Talang Mulya Village is an agroforestry system that supports the community's economic needs. Ethnoecological research in several Indonesian conservation areas also shows that local wisdom and community cultural values can indirectly support plant conservation practices and forest area protection (Abas et al., 2022; Mulyadi et al., 2022; Yasir et al., 2022).

However, the results of the study showed a tendency to decrease public knowledge of customary rules or taboos regarding the use of forest plants. Most respondents stated that they were not aware of any special rules or restrictions on the use of plants in forest areas. This condition indicates social and cultural changes that may affect the sustainability of the community's traditional knowledge. Several studies show that modernization, lifestyle changes, and increasing external influences can lead to declines in local cultural practices and ecological knowledge in rural communities (Inglehart & Baker, 2000; Spaargaren & Van Vliet, 2000). The loss of local knowledge can lead to the reduction of traditional conservation practices that have helped maintain the sustainability of biological resources and ecosystem balance (Aswani et al., 2018). Therefore, the documentation and preservation of local community knowledge are important as part of a culture-based conservation strategy in forest areas.

Interestingly, most respondents stated that they often replant plants in the environment

around their homes, yet their involvement in formal forest conservation activities remains relatively low. This condition shows that women actually have concern for plant sustainability, even though they are not much involved in institutional or institution-based forest conservation programs (Bocci & Mishra, 2021). This is in line with the findings by Mufidah et al (2024), who examined the supporting and inhibiting factors that hinder the effectiveness of conservation partnership programs in Tahura WAR. The role of women is seen as one of the supporting factors that need improvement for the program to be successful. The practice of planting plants in the yard and the surrounding environment can be seen as a form of local-scale conservation that contributes to the preservation of plant diversity and the sustainability of biological resources (Sood et al., 2016). Sarker & Das (2002) had shown that women's involvement in forest area management and community-based conservation can strengthen community socio-ecological resilience and increase long-term conservation effectiveness. Therefore, strengthening women's participation in conservation activities and forest area management should be a priority in the development of community-based social forestry and conservation programs around Tahura Wan Abdul Rachman.

IV. CONCLUSION AND RECOMMENDATION

A. Conclusion

This study shows that women in Talang Mulya Village have a fairly high level of local knowledge about plant types, their uses, and various cultural and spiritual values related to the community's life around the Tahura Wan Abdul Rachman area. This knowledge is mostly inherited from parents and ancestors, thus showing that the family still plays an important role in the transmission of ethnobotanical knowledge within the community. Various

plants are not only used for food and health, but also in traditional rituals, social traditions, and spiritual practices that are still maintained today. This condition shows that women have an important role as guardians of the local knowledge and cultural identity of the village communities that buffer forest areas.

This study also shows that most of the respondents replant plants in the environment around the house as a form of plant resource maintenance. However, women's involvement in formal forest conservation activities is still relatively low. In addition, public knowledge about customary rules or taboos in the use of forest plants began to decline. These findings indicate social changes that could affect the sustainability of local knowledge and traditional conservation practices of communities around forest areas.

B. Recommendation

There is a need to increase women's involvement in forest conservation activities and community-based natural resource management in the Tahura Wan Abdul Rachman area. Social forestry, environmental education, and local plant conservation programs should involve women as the primary actors, as they possess strong local knowledge of plant utilization and management. In addition, documentation and inheritance of local ethnobotanical knowledge needs to be encouraged through education, training, and strengthening the role of families and indigenous peoples so that cultural values and traditional conservation practices are maintained and can support the sustainability of forest areas in the future.

ACKNOWLEDGEMENT

Gratitude is extended to Universitas Lampung for providing funding for this research through the 2024 DIPA BLU Grant of Universitas Lampung under the Fundamental Research Scheme. And to the Talang Mulya

Village community, who had provided data to this research.

REFERENCES

- Abas, A., Aziz, A., & Awang, A. (2022). A systematic review on the local wisdom of indigenous people in nature conservation. *Sustainability*, 14(6), 3415. <https://doi.org/10.3390/su14063415>
- Abidin, Z., Kaskoyo, H., Lengkana, D., & Puspasari, E. (2025). Community and forest linkages in food, water, fuelwood of community residing nearby Wan Abdul Rachman Forest Park, Indonesia. *Forestry Ideas: An International Journal*, 3
- Agarwal, B. (2009). Gender And Forest Conservation: The Impact Of Women's Participation In Community Forest Governance. *Ecological economics*, 68(11), 2785-2799. <https://doi.org/10.1016/j.ecolecon.2009.04.025>
- Aluko, Y. A. (2018). Women's use of indigenous knowledge for environmental security and sustainable development in Southwest Nigeria. *International Indigenous Policy Journal*, 9(3), 1-23. <https://doi.org/10.18584/iipj.2018.9.3.2>
- Asmarahman, C., Tsani, M. K., & Santoso, T. (2023). Productivity and Constraint in Multipurpose Tree Species Cultivation: A Case Study from Cilimus Village, Wan Abdul Rachman Forest Park, Indonesia. *International Journal of Design & Nature and Ecdynamics*, 18(6), 1453-1458.
- Aswani, S., Lemahieu, A., & Sauer, W. H. (2018). Global trends of local ecological knowledge and future implications. *PloS one*, 13(4), e0195440.
- Bocci, C., & Mishra, K. (2021). Forest power: The impact of community forest management on female empowerment. *Ecological Economics*, 187, 107105.
- Carvalho, A. M., & Frazão-Moreira, A. (2011). Importance of local knowledge in plant resources management and conservation in two protected areas from Trás-os-Montes, Portugal. *Journal of Ethnobiology and Ethnomedicine*, 7(1), 36.
- Dewi, A. P., Peniwidiyanti, P., Hariri, M. R., Hutabarat, P. W. K., Martiansyah, I., Lailaty, I. Q., ... & Ambarita, E. (2023). Ethnobotany Of Food, Medicinal, Construction And Household Utilities Producing Plants In Cikaniki, Gunung Halimun Salak National Park, Indonesia. *Journal of Mountain Science*, 20(1), 163-181.
- Dovie, D. B., Witkowski, E. T. F., & Shackleton, C. M. (2008). Knowledge of plant resource use based on location, gender and generation. *Applied Geography*, 28(4), 311-322.
- Herwanti, S. (2016). Analisis pemasaran durian di Desa Talang Mulya Kabupaten Pesawaran. *Jurnal Ilmiah Esai*. 10 (1): 64-70.
- Hidayah, H. A., & Al Hakim, R. R. (2022). Etnobotani: Belajar dari pemanfaatan tumbuhan liar. *Sintesa: Jurnal Ilmu Pendidikan*, 17(1).
- Hidayat, T. (2018). Survey on ethnobotanic value of banana (*Musa spp*; Musaceae) in Bali Province, Indonesia. *HAYATI Journal of Biosciences*. <https://doi.org/10.4308/hjb.25.1.31>
- Inglehart, R., & Baker, W. E. (2000). Modernization, cultural change, and the persistence of traditional values. *American sociological review*, 65(1), 19-51.
- Joshi, K., & Bhardwaj, N. (2015). Women And Natural Resource Management: A Study Of 'Communities Of Practice'prevailing In Women Farmers' Community Management Of Water And Forests Of Lesser Himalayan Region In India. *Int. J. Adv. Res*, 3, 363-374.
- Kristin, Y., Qurniati, R., & Kaskoyo, H. (2018). Interaksi masyarakat sekitar hutan terhadap pemanfaatan lahan taman hutan raya wan abdul rachman. *Jurnal Sylva Lestari*, 6(3), 1-8. <https://doi.org/10.23960/jsl361-8>
- Mufidah, S., Febryano, I. G., Puspasari, E., Bakri, S., Nurindarwati, R., & Sugiantoro, S. (2024). Kemitraan Konservasi di Taman Hutan Raya Wan Abdul Rachman, Provinsi Lampung: Faktor-Faktor Pendukung dan Penghambatnya. *Jurnal Belantara*, 7(1), 163-177. <https://doi.org/10.29303/jbl.v7i1.978>
- Maulita, K., & Asmarahman, C. (2022). Jenis Tanaman Penghasil Pangan pada Tegakan Hutan di Areal Garapan KTH Sejahtera 4 dalam Tahura Wan Abdul Rachman. *Journal Of Forestry Research*, 5(2), 70-80.
- Mayangsari, A., Indriyanto, I., Bintoro, A., & Surnayanti, S. (2019). Identification of Medicinal Plants in The Area of KPPH Farmer at Talang Mulya on Wan Abdul Rachman Great Forest Park. *Jurnal Sylva Lestari*, 7(1), 1-9. 1(1), 159-173. <https://doi.org/10.23960/jsl171-9>
- Minarningsih, & Murniati. (2020, August). Complex agroforestry system in Wan Abdul Rachman Grand Forest Park: composition and characteristics of food-producing plants. In IOP Conference Series: Earth and Environmental Science (Vol. 533, No. 1, p. 012018). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/533/1/012018>

- Morse, J. M. (2015). Data were saturated... Qualitative health research, 25(5), 587-588.
- Mulyadi, A., Dede, M., & Widiawaty, M. A. (2022). The role of tradisional belief and local wisdom in forest conservation. *Jurnal Geografi Gea*, 22(1), 55-66. <https://doi.org/10.17509/gea.v22i1.43702>
- Rizki, M. N., & Asteria, D. (2023). Local ecological knowledge and it's benefit to conservation programs in indonesia. *International Journal of Conservation Science*, 14(4), 1527-1548. <https://doi.org/10.36868/ijcs.2023.04.18>
- Ristanto, R. H., Suryanda, A., Rismayati, A. I., Rimadana, A., & Datau, R. (2020). Etnobotani: tumbuhan ritual keagamaan hindu-bali. *JPBIO (Jurnal Pendidikan Biologi)*, 5(1), 96-105. <https://doi.org/10.31932/jpbio.v5i1.642>
- Robert, E. A., Ebu, V. T., & Ekpoto, D. A. V. I. D. (2022). Indigenous knowledge of rural women in forest resources utilization and conservation in Agoi-Ibami and Agoi-Ekpo, Yakurr local government area, cross river state, Nigeria. *Riscuri Şi Catastrofe*, 31(1). https://doi.org/10.24193/rcj2022_7
- Sachde, N. R., & Udhwani, R. (2025). A study on preserving Indigenous healing: The role of tribal medicinal knowledge in biodiversity conservation and sustainable health care. *Journal of Informatics Education and Research*, 5(3), 45-56. <https://doi.org/10.56975/ijert.v13i10.294933>
- Safe'i, R., Darmawan, A., Kaskoyo, H., & Rezinda, C. F. G. (2021, March). Analysis of changes in forest health status values in conservation forest (case study: plant and animal collection blocks in wan abdul rachman forest park (tahura war)). In *Journal of Physics: Conference Series* (Vol. 1842, No. 1, p. 012049). IOP Publishing. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1842/1/012049>
- Santoso, T., Darmawan, A., Sari, N., Syadza, M. A. F., Himawan, E. C. B., & Rahman, W. A. (2023). Clusterization of agroforestry farmers using K-means cluster algorithm and elbow method. *Jurnal Sylva Lestari*, 11(1), 107-122. <https://doi.org/10.23960/jsl.v11i1.646>
- Sarker, D., & Das, N. (2002). Women's participation in forestry: some theoretical issues. *Economic and political weekly*, 4407-4412.
- Spaargaren, G., & Van Vliet, B. (2000). Lifestyles, consumption and the environment: The ecological modernization of domestic consumption. *Environmental politics*, 9(1), 50-76. <https://doi.org/10.1080/09644010008414512>
- Sood, M., Gupta, V., & Jan, A. (2016). Role of women in conserving plant genetic resources and related traditional knowledge for food security. In *Plant genetic resources and traditional knowledge for food security* (pp. 237-253). Singapore: Springer Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-10-0060-7_14
- Wang, Z., Zhong, W., Zhao, W., Zhou, Q., Wang, Y., Zhang, B., & Lin, Z. (2026). Turmeric: A Comprehensive Review of Its Botany, Traditional Uses, Phytochemistry, and Mechanisms as a Functional Food. *Nutrients*, 18(8), 1197. <https://doi.org/10.3390/nu18081197>
- Wicaksono, M. D., Nasor, M., Wiranto, B. B., & Setiawati, R. (2025). Development of Healing Forest Nature Tourism and Health in Tahura Wan Abdul Rachman Lampung. *RADEN INTAN: Proceedings on Family and Humanity*, 2(1), 58-63. <https://doi.org/10.47352/3032-503x.55>
- Wicaksono, M.D., Setiawati, R. and Mawardi, M., 2024. Family Role in Sugar Palm Agroforestry Management at Community Forest Park (Tahura) Wan Abdul Rachman Lampung. *RADEN INTAN: Proceedings on Family and Humanity*, 1(1), pp.366-373.
- Yasir, Y., Firzal, Y., Yesicha, C., & Sulistyani, A. (2022). Environmental communication based on local wisdom in forest conservation: A study on Sentajo forbidden forest, Indonesia. *Journal of Landscape Ecology (Czech Republic)*, 15(2), 127-145. <https://doi.org/10.2478/jlecol-2022-0014>

ANALYSIS OF VISITORS' PERCEPTIONS OF THE QUALITY OF *JUNGLE TRACKING* TOURISM: A CASE STUDY OF SUMBER AGUNG VILLAGE

Heyrica Karendewe¹, Gunardi Djoko Winarno¹, Trio Santoso¹, Dian Iswandar¹

¹ Department of Forestry, Faculty of Agriculture, University of Lampung;

*Corresponding author: heyricakarendewe@gmail.com

Diterima : 15-04-2026

Direvisi : 24-04-2026

Disetujui : 26-05-2026

ABSTRACT

Nature-based tourism continues to grow as a popular tourism activity among the public. Effective destination management must prioritize destination quality to provide an optimal visitor experience. This study aimed to analyze visitors' perceptions of the quality of the Jungle Tracking nature tourism destination in Sumber Agung Village. Perceptions were assessed based on five aspects: tourist attractions, infrastructure, facilities and services, accommodation, and organization and human resources. This study used a survey method with questionnaires distributed to 68 visitors participating in Jungle Tracking activities during the research period. Most respondents were dominated by young visitors aged 17–25 years. Data were analyzed descriptively using a Likert scale. The results showed that visitors' perceptions of the quality of the Jungle Tracking destination were generally in the "fairly good" to "good" categories. The tourist attraction aspect received the highest assessment due to the natural scenery and environmental conditions of the area. Meanwhile, infrastructure and tourism facilities were considered adequate, although several components still need improvement, particularly directional signs, tourist information, and management coordination. Improving facilities and destination management is necessary to support sustainable nature tourism development in Sumber Agung Village.

Keywords: visitor perception, destination quality, nature tourism, *Jungle Tracking*, Sumber Agung Village

I. INTRODUCTION

Nature tourism is a rapidly growing form of tourism that plays a significant role in supporting economic development and regional growth. Various activities, such as exploring forest areas, provide visitors with the opportunity to enjoy natural beauty while gaining recreational and educational experiences about the environment. Proper management of nature-based tourism can also benefit local communities, particularly through increased income, job creation, and the sustainable utilization of regional potential (Sudiarta et al., 2022; Wahim, 2024). The development of nature tourism destinations requires attention to several key aspects, including tourist attractions, infrastructure conditions, the availability of supporting facilities, and the quality of service provided to visitors. The quality of these tourism destinations is one of the factors influencing

tourist satisfaction levels and the sustainability of tourism area management (Setiawan et al., 2023; Zulfa et al., 2023).

Tourists' perceptions of the quality of a tourist destination are one of the indicators that can be used to assess the success of destination management (Hu & Geng, 2024). These perceptions are formed from the experiences tourists gain while engaging in tourism activities, including those related to the condition of tourist attractions, available facilities, the service provided, and the comfort of the tourism environment (Setiawan et al., 2023). A positive perception of destination quality can increase tourist satisfaction and encourage the desire to revisit or recommend the destination to other tourists (Apriana & Ahmad Hudaiby Galih Kusumah, 2025; Sahabuddin et al., 2024).

The village of Sumber Agung possesses natural tourism potential that is harnessed through *Jungle Tracking* activities, with the

forest and landscape serving as the main attractions. These activities offer visitors the opportunity to explore the forest area while enjoying the beauty of the well-preserved natural scenery. The development of a tourism destination is not determined solely by the available natural resources. The quality of destination management also influences tourist comfort, which includes infrastructure conditions, the availability of tourism facilities, service to visitors, and the role of the managing organization. Several studies indicate that service quality, perceived value, and destination image have a significant relationship with tourist satisfaction levels and the intention to revisit (Erliyanto & Isa, 2025; Ivanka & Eviana, 2024).

Research on tourists' perceptions of the quality of tourist destinations has been widely conducted at various tourist sites. However, studies that specifically assess visitors' perceptions of the quality of nature-based tourist destinations centered on Jungle Tracking activities in Sumber Agung Village remain limited. Yet, evaluating destination quality is essential to support the sustainable management and development of nature-based tourism.

Given these circumstances, this study aims to analyze visitors' perceptions of the quality of the Jungle Tracking nature tourism destination in Sumber Agung Village based on the aspects of tourist attractions, infrastructure, facilities and services, accommodation, as well as the organization and human resources of the tourism management. The results of this study are expected to serve as evaluation material for managers in improving the quality of the tourism destination.

II. RESEARCH METHODOLOGY

A. Research Location and Timen

The research was conducted from September to November 2025 in the *Jungle Tracking* tourist area of Sumber Agung Village, Kemiling District, Bandar Lampung City,

Lampung Province, which is located within the Wan Abdul Rachman Forest Park. Geographically, the research site is located at coordinates 5°25'03.8" S and 105°11'11.5" E. The location was selected based on the consideration that the area is one of the developing nature tourism destinations in the buffer zone of the conservation area. *Jungle tracking* activities at this location are quite popular among visitors, making it relevant to study in research on perceptions of the quality of nature tourism destinations.

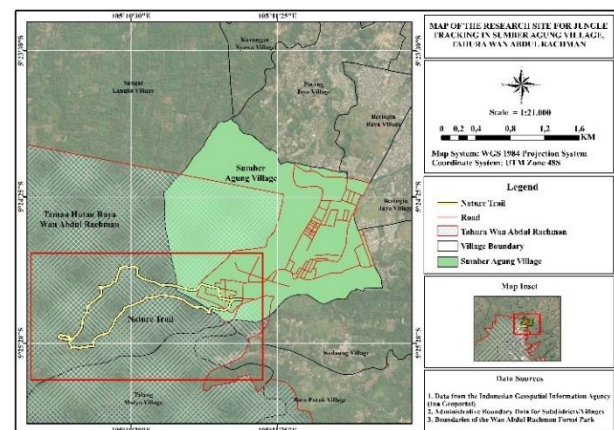


Figure 1. Map of the *Jungle Tracking* Research Location in Sumber Agung Village

B. Data Collection Method

Data collection was conducted by distributing questionnaires directly to visitors after they participated in the Jungle Tracking activity in Sumber Agung Village. The study population included all visitors to the site. According to management data, the number of tourist visits has increased in recent years, with a total of 195 visitors during the study observation period. The sample size was determined using the Slovin formula with a 10% margin of error, resulting in a minimum sample size of 66 respondents.

Respondents were selected using purposive sampling, which involves selecting a sample based on specific criteria related to the

research objectives. The respondents were visitors who had visited the *Jungle Tracking* nature tourism site in Sumber Agung Village and were over 17 years of age. This age restriction was applied because individuals of this age are considered to have sufficient cognitive maturity to provide an objective assessment of their experience nature tourism. The number of visitors to the Sumber Agung Village Jungle Tracking nature tourism site during the study period of September–October was recorded at 195 people, which served as the study population. Based on the Slovin formula with a 10% margin of error, the minimum sample size was calculated to be 66 respondents. However, during data collection, 68 respondents were willing to complete the questionnaire, so all of them were included in the study.

The research instrument consisted of a questionnaire designed using a five-point Likert scale, where a score of 1 indicated the “very poor” category and a score of 5 indicated the “very good” category. A five-point Likert scale was chosen because it provides clear response options and makes it easier for respondents to rate their answers. This scale is also widely used in social research to measure respondents’ attitudes, perceptions, and evaluations of a research subject (Joshi et al., 2015). The statements in the questionnaire were designed to capture visitors’ perceptions of the quality of natural tourism destinations.

C. Research Instrument Validation

The questionnaire was tested for validity and reliability before being used in data collection. The validity test was conducted using the product-moment correlation by comparing the calculated *r* value with the table *r* value. The test results showed that all statement items had a calculated *r* value greater than the table *r* value, thus they were deemed valid. The reliability test using Cronbach’s Alpha yielded a value greater than 0.70, so the instrument was deemed reliable (Taber, 2018).

D. Data Analysis Techniques

Data analysis was conducted using descriptive quantitative methods in SPSS based on the mean to identify trends in visitor perceptions (Prabhaker et al., 2017). Ordinal-scale questionnaire data were transformed into an interval scale using the Method of Successive Intervals (MSI).

Perception categories were determined by dividing the range of minimum and maximum MSI values into five equal interval classes. The minimum value was 1.00 and the maximum was 4.89, resulting in the following interval width:

$$I = \frac{(4,89-1,00)}{5} = 0,78$$

Based on these calculations, the classification of respondents’ perception levels is presented in Table 1 and serves as the basis for interpreting the research results.

Table 1. Value Ranges and Categories of Visitor Perception

No	Value Range	Description
1.	1,00-1,78	Very bad
2.	1,79-2,56	Not good
3.	2,57-3,34	Fair
4.	3,35-4,12	Good
5.	4,13-4,89	Very good

III. RESULTS AND DISCUSSION

A. Visitor Characteristics

Visitor characteristics provide an overview of the profile of tourists visiting the *Jungle Tracking* destination in Sumber Agung Village. This information is important for identifying the groups of tourists who most frequently participate in the available tourism activities. The results of the visitor characteristic analysis are presented in Table 2.

Table 2. Visitor Characteristics

No	Criteria	Number of Respondents	Percentage (%)
1.	Age		
	17–25 years	41	60,3%
	26–35 years	20	29,4%
	36–45 years	1	1,5%
	>45 years	6	8,8%

No	Criteria	Number of Respondents	Percentage (%)
2.	Gender		
	Female	48	70,6%
	Male	20	29,4%
3.	Region of Origin		
	Bandar Lampung	50	73,5%
	Outside Bandar Lampung	18	26,5%
4.	Employment		
	Student/	32	47,1%
	College Student		
	Private Sector	21	30,9%
	Employee		
	Self-Employed	4	5,9%
	Civil Servant	2	2,9%
	Others	9	13,2%

The 17–25 age group was the largest group of visitors with 41 respondents (60.3%), followed by the 26–35 age group with 20 respondents (29.4%). Interest in nature-based tourism activities such as *trekking* is generally higher among younger tourists who enjoy outdoor activities (Zulfa et al., 2023) .

Female visitors dominated the group, with 48 respondents (70.6%), while male visitors numbered 20 respondents (29.4%). Nature tourism is popular among various groups of visitors who wish to enjoy natural beauty and engage in recreational activities in open spaces (Hermawan, 2021) .

Most visitors came from Bandar Lampung, totaling 50 respondents (73.5%), while the rest came from outside the region. Proximity and ease of access were factors driving visits by local tourists (Huda et al., 2024). The types of employment were dominated by students, with 32 respondents (47.1%), followed by private-sector employees at 30.9%. Nature-based tourism activities are also utilized as a means of recreation and environmental education (Agus Trimandala et al., 2023) .

B. Visitors' Perceptions of Destination Quality

Visitor perceptions were analyzed to determine tourists' evaluations of the conditions at the Jungle Tracking destination in

Sumber Agung Village. The aspects evaluated included tourist attractions, infrastructure, facilities and services, accommodations, as well as organization and human resources. The results of the perception evaluations for each aspect are as follows.

1. Visitor Perceptions of Tourist Attractions and Sites

Tourist attractions and points of interest are key factors influencing tourists' interest in visiting a destination. Visitors' perceptions of tourist attractions and points of interest are shown in Figure 2.

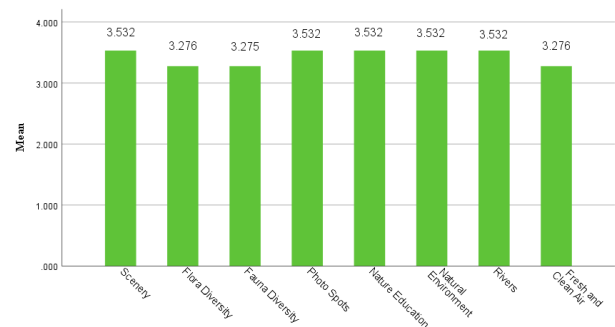


Figure 2. Average Visitor Perceptions of Tourist Attractions and Sites

Most indicators received a “good” rating, with the highest average score of 3.53. This score was achieved by the indicators for natural scenery, photo spots, nature education, environmental naturalness, and the presence of a river. These results indicate that the primary strength of the *Jungle Tracking* destination in Sumber Agung Village lies in its beautiful landscape and unspoiled natural environment. The scenic beauty and well-preserved natural atmosphere provide a more engaging recreational experience for tourists. A natural environment can also enhance satisfaction and interest in visiting nature-based tourism destinations (Wahyu et al., 2025) . Attractions such as natural panoramas and environmental uniqueness are known to play a role in shaping tourists' positive perceptions of a destination (Apriana & Ahmad Hudaiby Galih Kusumah, 2025) . An engaging tourism experience also

encourages tourists to return and recommend the destination to others (Liana et al., 2025). An example of the natural landscape that serves as a tourist attraction along the *Jungle Tracking* trail in Sumber Agung Village can be seen in Figure 3.



Figure 3. Panoramic view of the natural landscape along the *Jungle Tracking* trail in Sumber Agung Village

The indicators for plant diversity, animal diversity, and air quality received an average score of 3.28, falling into the “fairly good” category. These indicators were assessed based on visitors’ perceptions through direct observation during the *Jungle Tracking* activity, including the variety of plants and animals encountered and the air quality experienced in the tourist area. This score indicates that the potential for biodiversity has become one of the attractions for visiting tourists. The provision of information regarding the flora and fauna found in the area still needs to be improved so that visitors can better understand the existing environmental potential. The availability of interpretive media such as information boards, educational trails, and tour guides can help tourists gain knowledge about the natural resources encountered during tourism activities (Setiawan et al., 2023). Environmental interpretation in ecotourism activities also plays a role in enhancing the educational experience

while fostering visitors’ awareness of the importance of preserving the environment (Izaati et al., 2023). Effective management of information regarding biodiversity potential can strengthen the appeal of nature-based tourism and improve the quality of the tourism experience for visitors (Zamroni et al., 2024).

2. Visitors’ Perceptions of Infrastructure

Infrastructure is a key component that supports tourists’ comfort and safety during their travel activities. Visitors’ perceptions of the condition of the tourism area’s infrastructure are presented in Figure 4.

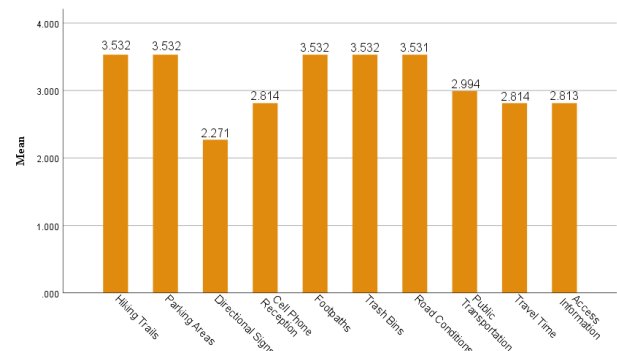


Figure 4. Average Visitor Perception of Infrastructure

Several indicators, such as hiking trails, parking areas, footpaths, trash bins, and road conditions, received an average score of 3.53, falling into the “good” category. This score indicates that the basic infrastructure in the *Jungle Tracking* area of Sumber Agung Village has been able to support nature tourism activities quite comfortably. The availability of hiking trails and supporting facilities makes it easier for visitors to explore the forest area. Adequate infrastructure also plays a role in enhancing the quality of the tourism experience and visitor satisfaction (Apriana & Ahmad Hudaiby Galih Kusumah, 2025).

The directional signage indicator received the lowest average score of 2.27, falling into the “poor” category. This score indicates that directional signage in the tourist area remains limited. This situation has the

potential to cause difficulties for visitors in determining their route. The clarity of the information system and directional signage is a crucial aspect of destination management, as it helps tourists understand the tourist routes and enhances their sense of safety during their visit (Nurmita et al., 2023) .

Indicators for telephone networks, public transportation, travel time, and access information received average scores ranging from 2.81 to 2.99, falling into the “fairly good” category. These scores indicate that accessibility to tourist areas still needs to be improved. Ease of access to destinations makes it easier for tourists to reach tourist sites and can increase the potential for visits (Ayun et al., 2024) . Good accessibility also supports the development of tourist destinations in a region (Dinan et al., 2025).

3. Visitors' Perceptions of Facilities and Services

Facilities and services are key elements that contribute to tourists' comfort while in a tourist area. Visitors' perceptions of facilities and services are presented in Figure 5.

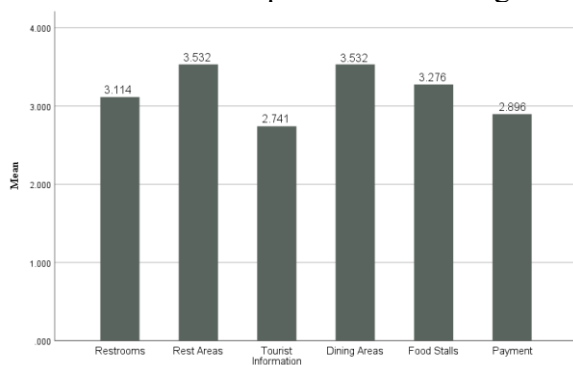


Figure 5. Average Visitor Perceptions of Facilities and Services

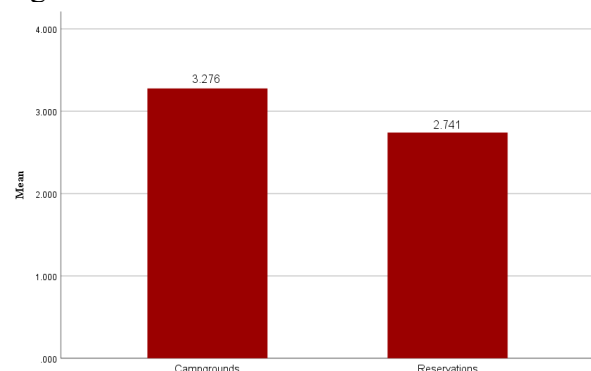
The rest area and dining area indicator received an average score of 3.53, falling into the "good" category. This score indicates that rest facilities are sufficiently available for visitors after completing a tracking activity. The presence of rest areas and dining areas helps tourists recover physically after engaging

in nature-based tourism activities. The availability of basic facilities at tourist destinations plays a role in enhancing the comfort and quality of tourists' experiences during their visit (Javada et al., 2025)

Indicators for restrooms, food stalls, payment systems, and tourist information received average scores ranging from 2.74 to 3.28, falling into the “fairly good” category, which indicates that facilities are available but still require improvements in both quality and quantity. This situation indicates that facility management and service delivery need to be improved to be more optimal, given that the quality of facilities and services influences tourists' perceptions and satisfaction (Setiawan et al., 2023) , and can enhance the experience and encourage repeat visits (Sariani & Lubis, 2024) .

4. Visitors' Perceptions of Accommodation

Accommodations are essential facilities for visitors who wish to enjoy tourist activities over a longer period of time. Visitors' perceptions of accommodations are shown in Figure 6.



Gambar 6. Rata-rata Persepsi Pengunjung terhadap Akomodasi

The *camping ground* indicator received an average score of 3.28, classified as “fairly good.” This score indicates that camping areas are available and can be utilized by visitors as an alternative for nature-based tourism activities. The availability of camping facilities provides tourists with the opportunity to enjoy

a travel experience that brings them closer to the natural environment. Camping facilities are also part of simple accommodations that support nature and adventure tourism (Marcelina et al., 2018) . The provision of accommodations at nature tourism destinations is known to enhance the tourism experience and encourage tourists to stay longer in the tourism area (Kurniati et al., 2025) .

The reservation system indicator received an average score of 2.74, falling into the “fairly good” category. This score indicates that the reservation system still needs to be improved to make it more accessible to visitors. Effective reservation management helps tourists plan their visits more systematically and makes it easier for managers to regulate visitor capacity. A clear and organized reservation system can improve service quality and support more effective management of tourist destinations (Irwan Tamrin et al., 2021).

5. Visitor Perceptions of the Organization and Human Resources

Organization and human resources play a crucial role in tourism destination management, as they directly impact service quality and visitor satisfaction (Gilang Ramadhan et al., 2023) . Visitors’ perceptions of organizational and human resource aspects are presented in Figure 7.

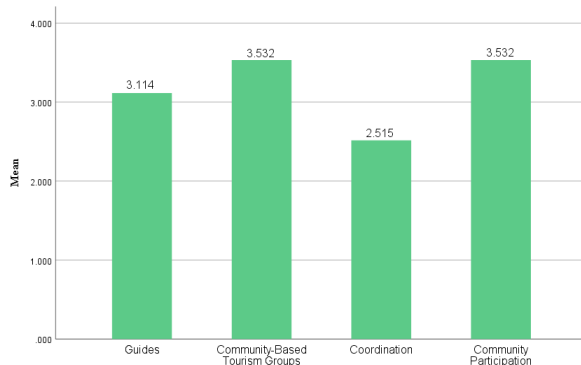


Figure 7. Average Visitor Perceptions of Organization and Human Resources

The indicators for the Tourism Awareness Group (Pokdarwis) and community

participation received an average score of 3.53, falling into the “good” category. This score indicates that community involvement in tourism management has been quite effective. Community participation supports the sustainability of destination management and strengthens community-based tourism development (Agus Trimandala et al., 2023; Isna Salsabila & Yuli, 2023) .

The tour guide indicator received an average score of 3.11, classified as “fairly good.” This score indicates that the presence of tour guides assists visitors during *trekking* activities. Tour guides play a role in providing information about the trail, the condition of the area, and tourism potential, thereby enhancing the visitors’ experience (Siregar & Ahyuni, 2023) .

The management coordination indicator received an average score of 2.51, falling into the “poor” category. This score indicates that coordination among stakeholders in destination management still needs to be strengthened. Effective coordination is necessary to ensure that area management and visitor services can operate more effectively (Salisul et al., 2026; Syaiful Amin & RM. Moch. Wispandono, 2023) .

C. Average Visitor Perceptions of 5 Aspects of Destination Quality

The assessment of tourism destination quality can be determined through the average scores of visitor perceptions regarding several aspects related to the destination’s conditions. The average visitor perceptions regarding the five aspects of the *Jungle Tracking* destination’s quality in Sumber Agung Village are presented in Figure 8.

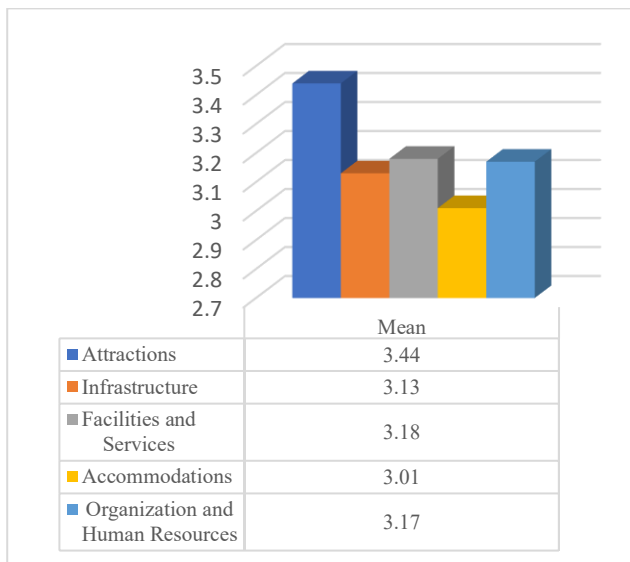


Figure 8. Average Visitor Perceptions of Five Aspects of Destination Quality

The results of the assessment of five aspects of destination quality indicate that, in general, visitors' perceptions of the *Jungle Tracking* activity in Sumber Agung Village fall into the "fairly good" to "good" categories. This suggests that the destination's primary strength lies in its natural resources, which serve as a major draw for tourists. The scenic beauty, the unspoiled natural environment, and the experience of exploring nature are key attractions for visitors. Several supporting aspects such as infrastructure, facilities, accommodation, and management still need to be gradually improved so that tourism activities can run more smoothly. Tourist attractions play a crucial role in shaping tourists' evaluations of a destination's quality while also influencing the decision to visit (Apriana & Ahmad Hudaiby Galih Kusumah, 2025). Perceptions of destination quality are influenced not only by natural beauty, but also by the availability of facilities and infrastructure, service quality, and management systems capable of ensuring visitor comfort (Iqbal et al., 2023). Destination development efforts must focus on improving facility quality, upgrading infrastructure, and enhancing the capabilities of human resources involved in tourism management. These improvements are expected to enhance the

quality of tourism services and have a positive impact on tourist satisfaction and their desire to return (Hussain et al., 2023).

IV. CONCLUSION AND RECOMMENDATIONS

A. CONCLUSION

Visitors' perceptions of the quality of the *Jungle Tracking* nature tourism destination in Sumber Agung Village generally fall into the fairly good to good category. The aspects of attractions and features received the highest ratings with mean scores of approximately 3.28–3.53, indicating that the beauty of the landscape and the natural environmental conditions are the main attractions of the tourism destination.

Infrastructure, facilities, services, and accommodations are rated as fair to good. The condition of *hiking* trails, parking areas, and rest facilities is considered to sufficiently support tourism activities. Several indicators still require improvement, particularly signage, tourist information, reservation systems, and coordination among managers.

The research results indicate that efforts to improve the quality of tourism destination management should focus on supporting infrastructure, tourism services, and strengthening tourism management institutions.

B. RECOMMENDATIONS

Efforts to improve the quality of tourist destinations should focus on providing directional signs and interpretive information along *hiking* trails. Improvements to supporting facilities—such as restrooms, tourist information centers, and reservation systems—are also necessary to enhance visitor comfort. Strengthening coordination among area managers, tourism awareness groups, and local communities is essential to support the sustainable management of tourist destinations.

ACKNOWLEDGMENTS

We would like to express our gratitude to the Head of the Wan Abdul Rachman Forest Park and his staff, as well as the *POKDARWIS* Gunung Betung of Sumber Agung Village, for their support and cooperation in this research project.

REFERENCES

- Agus Trimandala, N., Putu Kiskenda E. P., D., & Kuntariati, U. (2023). Empowering Community Groups in the Development of a Virtual Water Tourism Tour at Tukad Bindu, Denpasar. *Scientific Publication in the Field of Community Service (SIKEMAS)*, 1 (4), 149–156. <https://doi.org/10.47353/sikemas.v1i4.712>
- Apriana, A., & Ahmad Hudaiby Galih Kusumah. (2025). The Influence of Perceived Quality of Tourist Attractions and Tourist Satisfaction on Word of Mouth at Tanah Lot. *Altasia Indonesian Tourism Journal*, 7 (1), 94–106. <https://doi.org/10.37253/altasia.v7i1.10090>
- Ayun, F. K., Prasetyo, D., & Nusanto, T. S. (2024). The Effect of Tourism Accessibility on the Number of Tourist Visits at the Borobudur Temple Tourism Destination. *Journal of Tourism Destinations*, 12 (2), 212. <https://doi.org/10.24843/jdepar.2024.v12.i02.p03>
- Dinan, R., Qonita, F., & Naila, U. (2025). A Review of Accessibility to Tourism Destinations on Sumba Island, Indonesia Using Space Syntax Analysis. *Journal of Tourism*, 8 , 114–122. <https://doi.org/10.32528/sw.v8i2.3579>
- Erliyanto, M. A., & Isa, M. (2025). The Influence of Destination Awareness and Image on Visit Interest in Telaga Madirda, Mediated by Perceived Quality. *Journal of Management Science*, 15 (1), 77–90. <https://doi.org/10.32502/jim.v15i1.767>
- Gilang Ramadhan, Saefullah, M. A. S., Iskandar, R., Rusmana, O., & Romi Okta Viano, M. (2023). Analysis of the Role of Human Resources in Tourism Development in Alamendah Rancabali Tourism Village, Bandung Regency. *Masyarakat Pariwisata: Journal of Community Services in Tourism*, 4 , 33–37. <https://doi.org/10.34013/mp.v4i1.877>
- Hermawan, H. (2021). The Influence of Tourist Attractions, Safety, and Tourism Facilities on Satisfaction and Their Impact on Tourist Loyalty. *Media Wisata*, 15 (1). <https://doi.org/10.36276/mws.v15i1.57>
- Hu, T., & Geng, J. (2024). Research on the perception of the terrain image of the tourism destination based on multimodal user-generated content data. *PeerJ Computer Science*, 10 . <https://doi.org/10.7717/peerj-cs.1801>
- Huda, 2 (12), 119–130. <https://doi.org/10.61722/jiem.v2i12.3049>
- Hussain, A., Li, M., Kanwel, S., Asif, M., Jameel, A., & Hwang, J. (2023). Impact of Tourism Satisfaction and Service Quality on Destination Loyalty: A Structural Equation Modeling Approach concerning China Resort Hotels. *Sustainability (Switzerland)*, 15 (9). <https://doi.org/10.3390/su15097713>
- Iqbal, U. P., Hamza, V. K., Nooney, L. K., & Sainudeen, S. (2023). Exploring the determinants of destination satisfaction: a multidimensional approach. *Future Business Journal*, 9 (1), 1–14. <https://doi.org/10.1186/s43093-023-00240-1>
- Irwan Tamrin, Rusdin Tahir, & M. Liga Suryadana. (2021). Attraction Strategy for Curug Leuwi Bumi Nature Tourism in the Implementation of a Digital Reservation System. *Pusaka: Journal of Tourism, Hospitality, Travel and Business Event*, 3 (2), 145–151. <https://doi.org/10.33649/pusaka.v3i2.99>
- Isna Salsabila, & Yuli, P. A. (2023). The Role of the Tourism Awareness Group (POKDARWIS) in the Development of Tourism Villages. *Journal of Spatial Studies*, 3(2), 241–264.
- Ivanka, A. S., & Eviana, N. (2024). Destination Image and Price Perception as Predictors of Tourist Satisfaction. *Eduturisma*, 8 (2), 40–48. <https://doi.org/10.70157/e.v8i2.2631>
- Izaati, I. A., Dalem, A. G. R., & Joni, M. (2023). Interpretation of Ecotourism by Tour Guides at Mangrove Tour Attractions in Bali. *Simbiosis*, 11(2), 138–148.
- Javada, A., Anasi, P. T., Harjanti, D. T., & Wiyono, H. (2025). The Effect of Tourist Facilities on Visitor Satisfaction at Gunung Kelam Nature Park, Sintang Regency. *Tourism: Scientific Journal*, 19 (1), 131. <https://doi.org/10.47256/kji.v19i1.749>
- Joshi, A., Kale, S., Chandel, S., & Pal, D. (2015). Likert Scale: Explored and Explained. *British Journal of Applied Science & Technology*, 7 (4), 396–403. <https://doi.org/10.9734/bjast/2015/14975>
- Kurniati, R., Broto, D. P., Sumintarsih, & Nugraheningsih, G. (2025). Integration of Outdoor Physical Activities at Camping Ground Destinations. *Indonesian Journal of Sport and Tourism*, 7 (1), 13–24. <https://doi.org/10.23887/ijst.v7i1.96554>
- Liana, E., Vita, M., & Ningrum, R. (2025). The Influence of Attractions and Tourist Motivation at the Gunung Boga Nature Tourism Destination in Paser Regency. *Journal of*, 13(1), 108–117.
- Marcelina, S. Dewi, Febryano, I. G., Setiawan, A., & Yuwono, S. B. (2018). Tourists' Perceptions of

- Tourism Facilities at the Elephant Training Center in Way Kambas National Park. *Jurnal Belantara*, 1 (2), 45–53. <https://doi.org/10.29303/jbl.v1i2.60>
- Marisa, C., & Fitriyanti, E. (2019). Enhancing Cognitive Abilities in Adolescents through Information Services. *TERAPUTIK: Journal of Guidance and Counseling*, 3 (2), 64–70. <https://doi.org/10.26539/teraputik.32127>
- Nurmita, Kartika, A., Anwar, N. F., & H, H. (2023). Installation of Information Boards and Directional Signs at Tamasapi Waterfall in Tamasapi Hamlet, Mamuju. *Jurnal Lepa-Lepa Open*, 3(5), 879–883.
- Prabhaker, M., Chandra, M. P., Uttam, S., Anshul, G., & Sahu, C. (2017). Descriptive Statistics and Normality Tests for Statistical Data. *Annals of Cardiac Anaesthesia*, 20 (4), 456–458. <https://doi.org/10.4103/aca.ACA>
- Sahabuddin, M., Shariful Alam, M., & Nekomahmud, M. (2024). Tourist Satisfaction, Loyalty, and Environmental Awareness? *Environment, Development and Sustainability*, 7817–7840.
- Salisul, M., Publik, J. A., Yogyakarta, U. A., & Glagah, P. (2026). Community Participation in Community-Based Tourism Self-Management: A Case Study of Mlarangan Asri Beach. *Journal of Management and Public Administration (JMIAP)*, 8, 58–70.
- Sariani, T., & Lubis, A. L. (2024). The Influence of Facilities and Location on Visitor Satisfaction at Sultan Mahmud Ri' Ayat Shah Mosque, Batam City. *Journal of Hospitality and Tourism Management*, 7(3), 1–15.
- Setiawan, H., Ridho, S. L. Z., Saputra, A. R., & Munandar, R. M. H. (2023). Visitor attitudes as a mediator between destination image, perceived value, service quality, and beach tourism visitor loyalty. In *Journal of Business Management and Entrepreneurship* (Vol. 7, Issue 6, pp. 1364–1377). <https://doi.org/10.24912/jmbk.v7i6.24120>
- Siregar, T. E. P. U. S., & Ahyuni, W. (2023). Training in Tour Guiding Techniques and Storytelling for the Community and Local Tour Guides in the Segunung Traditional Village. *Journal of Tourism Charm*, 2(2), 82–86.
- Sudiarta, N., Wirawan, P. E., Astina, I. N. G., & Dewi, I. G. A. M. D. (2022). Service Quality and Tourist Destinations on Satisfaction. *Journal of Business Management*, 4(1), 508–526.
- Syaiful Amin, & RM. Moch. Wispandono. (2023). The Role of Employees of the Department of Culture and Tourism in Human Resource Development in the Digital Era at the Tlangoh Beach Community-Based Tourism Group in Bangkalan. *Journal of Business, Finance, and Economics (JBFE)*, 4 (2), 97–110. <https://doi.org/10.32585/jbfe.v4i2.4674>
- Taber, K. S. (2018). The Use of Cronbach's Alpha When Developing and Reporting Research Instruments in Science Education. *Research in Science Education*, 48 (6), 1273–1296. <https://doi.org/10.1007/s11165-016-9602-2>
- Wahim, I. (2024). A Study on Service Quality, Tourist Value Perception, and Destination Image for Revisit Intention in Lombok. *Journal of Tourism: Destinations, Hospitality, and Travel*, 8 (2), 146–160. <https://doi.org/10.34013/jk.v8i2.1596>
- Wahyu, V., Anam, M. S., & Afriliansyah, M. A. (2025). Tourists' Perceptions of : Natural and Geotourism Destinations in East Java. *Journal of Communication and Social Politics*, 03 (01), 10–14. <https://jurnal.ittc.web.id/index.php/jiksp/article/view/2989>
- Zamroni, Y., Tresnani, G., Hadi, I., & Suana, I. W. (2024). Utilization of Wildlife Observation Decks for Introducing Wildlife Diversity at Kembang Kuning Resort, Gunung Rinjani National Park. *Jurnal Warta Desa (JWD)*, 6 (1), 31–37. <https://doi.org/10.29303/jwd.v6i1.289>
- Zulfa, N. R., Sucahyo, C. A., Agustina, A., Supriyadi, S., & Fatma, H. N. (2023). Tourists' Perceptions of the Development of Nature Tourism at Mount Pundak, Raden Soerjo Grand Forest Park. *Jurnal Silva Tropika*, 7 (2), 49–61. <https://doi.org/10.22437/jurnalsilvatropika.v7i2.36864>

EKSPLORASI KERAGAMAN BURUNG DAN CAPUNG SEBAGAI BIO-INDIKATOR LINGKUNGAN PERTAMBANGAN

Exploration of Bird and Dragonfly Diversity as Bio-Indicators of Mining Environment

Dian Iswandaru^{1,6*}, Hendry Micky^{1,2}, Novita Sari¹, Aniessa Rinny Asnaning¹, Sepnina Like Lestari¹, Tugiyono³, Syamsurijal Rasimeng^{1,4}, Jujur Prasetyo⁵

¹Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, Program Pascasarjana, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

²Direktorat Jenderal Mineral dan Batubara, Kementerian ESDM

Jl. Prof. DR. Soepomo No.10 Kota Jakarta Selatan, Daerah Khusus Ibukota Jakarta 12870

³Jurusan Biologi, Fakultas MIPA, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

⁴Jurusan Teknik Geofisika, Fakultas Teknik, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

⁵PT. Andesit Lumbang Sejahtera

Jl. Lintas Sumatera, Bandar Dalam, Kec. Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, Lampung 35353

⁶Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung

Jl. Prof. Sumantri Brojonegoro No.1 Bandar Lampung 35145

Corresponding Author: ndaruforest57@gmail.com

Diterima 2 Juni 2026,

direvisi 24 Juni 2026,

disetujui 29 Juni 2026

ABSTRACT

Birds and dragonflies are two taxonomic groups with high potential as environmental bioindicators, particularly in andesite mining areas. Both groups are highly responsive to changes in terrestrial and aquatic environments. This study aimed to explore the species diversity of birds and dragonflies in a mining environment as a database for environmental management and biodiversity conservation efforts. Bird data were collected using the point count method, while dragonfly data were obtained through an exploratory method with purposive sampling. The results recorded 10 bird species from 7 families, namely Alcedinidae, Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae, and Pycnonotidae, as well as 6 dragonfly species from 1 family, Libellulidae. The bioecological index of birds and dragonflies is categorized as medium for diversity index (H'), low for richness index (R), high for evenness index (E), and low for dominance index (C). The bird feeding guilds are dominated by granivores, omnivores, insectivores (30% each), and frugivores (10%). All birds and dragonflies are of Least Concern (LC), Non-Appendix (NA) status and are not protected. The presence of birds and dragonflies indicates that the andesite mining exploration area still functions ecologically as a habitat for these taxa, despite experiencing moderate levels of environmental pressure. All recorded species belong to generalist groups that are relatively tolerant of disturbance and pressure from anthropogenic activities, particularly mining. Repeated population surveys (monitoring) of birds and dragonflies, along with a strong commitment to maintaining protected areas for these taxa within the mining scope, are necessary to support biodiversity conservation.

Keywords: *Birds, dragonflies, environmental bioindicators, mining environment*

ABSTRAK

Burung dan capung merupakan dua taksa organisme yang potensial digunakan sebagai bio-indikator lingkungan, khususnya pertambangan andesit. Keduanya sangat baik dalam merespon perubahan lingkungan daratan dan perairan. Penelitian ini bertujuan mengeksplorasi keragaman spesies burung dan capung di lingkungan pertambangan sebagai database penataan lingkungan dan upaya konservasi keanekaragaman hayati. Metode point count digunakan untuk mengumpulkan data burung, sedangkan metode transek visual digunakan untuk mengumpulkan data capung dengan peletakan sampel secara purposive. Hasil penelitian mencatat 10 spesies burung dari 7 famili yaitu Alcedinidae,

Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae dan Pycnonotidae serta 6 spesies capung dari 1 famili yaitu Libellulidae. Indeks bioekologi burung dan capung berada pada kategori sedang (H'), rendah (R), tinggi (E) dan rendah (C). Kelompok pakan burung didominasi oleh granivora, omnivora, insektivora masing-masing 30% dan frugivora 10%. Semua burung dan capung berstatus *Least Concern* (LC), *Non-Appendix* (NA) dan tidak dilindungi. Keberadaan burung dan capung mengindikasikan bahwa area eksplorasi pertambangan andesit masih berfungsi secara ekologis sebagai habitat burung dan capung meskipun mengalami tekanan level moderat. Keseluruhan spesies merupakan kelompok spesies generalis yang relatif toleran terhadap gangguan dan tekanan dari aktivitas antropogenik khususnya pertambangan. Diperlukan upaya pendataan berulang (monitoring) populasi burung dan capung serta komitmen serius dalam mempertahankan area perlindungan bagi burung dan capung pada scope area pertambangan dalam rangka mendukung konservasi keanekaragaman hayati.

Kata kunci: Burung, capung, bio-indikator, lingkungan, pertambangan.

I. PENDAHULUAN

Perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia, khususnya kegiatan pertambangan dan industri ekstraktif, telah menjadi salah satu faktor utama yang memengaruhi stabilitas ekosistem darat dan perairan. Alih fungsi lahan, fragmentasi habitat, serta perubahan kualitas air dan vegetasi berimplikasi langsung terhadap keberadaan dan komposisi keanekaragaman hayati (MEA, 2005; Foley et al., 2011). Dalam konteks tersebut, pemantauan lingkungan berbasis organisme hidup (bio-indikator) menjadi pendekatan penting untuk menilai kondisi ekologis suatu wilayah secara efektif, relatif murah, dan berkelanjutan (Dale & Beyeler, 2001).

Burung (Aves) merupakan salah satu kelompok fauna yang paling banyak digunakan sebagai bio-indikator lingkungan karena memiliki sebaran luas, sensitivitas tinggi terhadap perubahan habitat, serta posisi penting dalam jejaring trofik ekosistem (Bibby et al., 2000; Gregory et al., 2005). Keanekaragaman dan struktur komunitas burung sering kali mencerminkan kualitas habitat, kompleksitas vegetasi, serta tingkat gangguan antropogenik (Sekercioglu, 2006). Selain itu, burung relatif mudah diamati dan diidentifikasi, sehingga sering dimanfaatkan dalam kajian ekologi terapan dan pengelolaan lingkungan industri.

Di sisi lain, capung (Ordo Odonata) juga diakui sebagai bio-indikator yang sangat baik, terutama dalam menilai kualitas ekosistem perairan dan kawasan riparian. Fase larva capung yang hidup di perairan menjadikannya

sangat sensitif terhadap perubahan fisik dan kimia air, seperti pencemaran, sedimentasi, dan perubahan aliran (Corbet, 1999; Dolný et al., 2012). Keberadaan dan komposisi spesies capung sering digunakan untuk mengindikasikan tingkat kesehatan lingkungan perairan serta integritas ekosistem di sekitarnya (Clausnitzer et al., 2012).

PT. Andesit Lumbung Sejahtera sebagai kawasan industri berbasis sumber daya alam memiliki dinamika lingkungan yang khas, di mana aktivitas operasional berpotensi memengaruhi struktur dan fungsi ekosistem lokal. Namun demikian, kawasan industri juga dapat berperan sebagai habitat sekunder bagi berbagai organisme apabila dikelola dengan prinsip keberlanjutan dan konservasi keanekaragaman hayati (Newbold et al., 2015). Oleh karena itu, eksplorasi keragaman burung dan capung di wilayah PT Andesit Lumbung Sejahtera menjadi penting untuk memperoleh gambaran kondisi ekologis aktual serta mengevaluasi peran kawasan tersebut dalam mendukung biodiversitas. Penelitian ini merupakan studi pertama yang mengintegrasikan dua taksa bio-indikator (burung dan capung) secara simultan dengan data kualitas air sungai pada kawasan pertambangan andesit di Provinsi Lampung, yang belum pernah dilaporkan pada studi bio-indikator tambang sebelumnya. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keragaman burung dan capung sebagai bio-indikator lingkungan di kawasan PT Andesit Lumbung Sejahtera. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar ilmiah dalam pengelolaan lingkungan perusahaan, mendukung upaya konservasi keanekaragaman hayati, serta menjadi referensi

dalam pengembangan praktik industri yang berwawasan ekologis dan berkelanjutan.

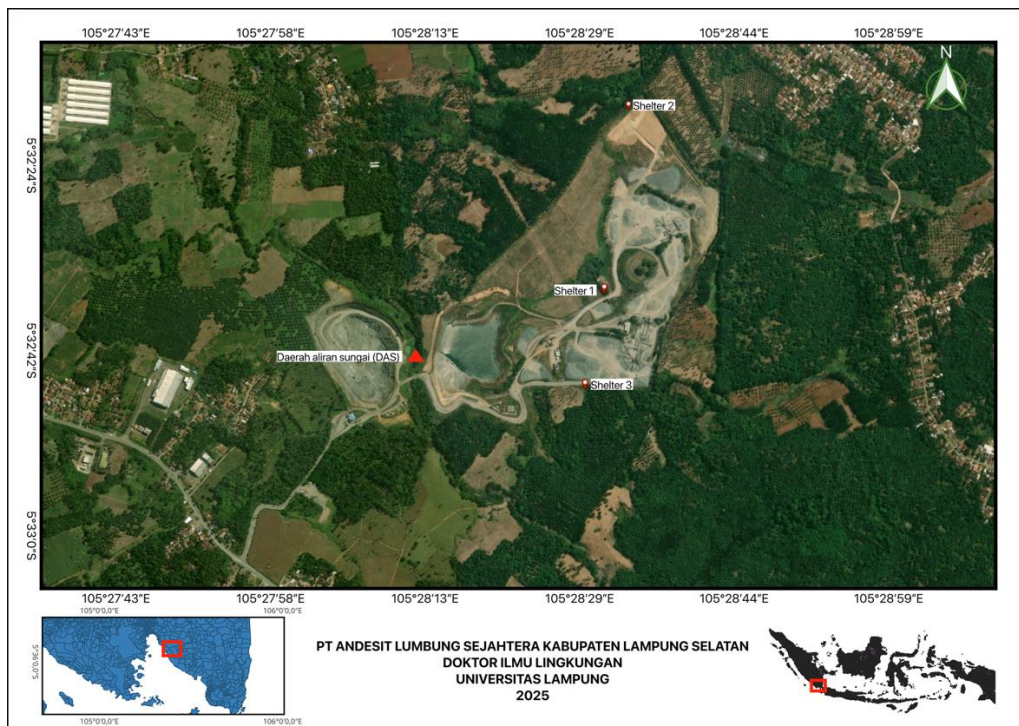
II. METODE PENELITIAN

A. Lokasi Kajian dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di kawasan operasional PT Andesit Lumbung Sejahtera (PT. ALS) yang berada di Kecamatan Sidomulyo, Kabupaten Lampung Selatan, yang mencakup area tambang aktif, sempadan perairan, serta vegetasi penyangga di sekitarnya. PT ALS merupakan perusahaan yang bergerak di bidang pertambangan batu

andesit dan produksi batu split. Secara geografis terletak pada $105^{\circ}27'57.619''$ – $105^{\circ}28' 51.336''$ BT dan $5^{\circ}32' 11.271''$ – $5^{\circ}32' 58.201''$ LS.

Pemilihan lokasi didasarkan pada variasi tipe habitat yang berpotensi memengaruhi keberadaan burung dan capung. Pengambilan data dilakukan pada bulan Oktober 2025, dengan mempertimbangkan kondisi cuaca yang relatif stabil untuk memaksimalkan deteksi satwa.



Gambar 1. Lokasi Kajian

B. Desain Penelitian dan Pengumpulan Data

Penelitian ini menggunakan pendekatan survei eksploratif-deskriptif untuk menginventarisasi jenis burung dan capung serta menganalisis keragaman dan struktur komunitasnya sebagai bio-indikator lingkungan. Setiap lokasi pengamatan diperlakukan sebagai unit sampling yang mewakili karakteristik habitat berbeda yaitu

area reklamasi dan badan air. Pengamatan burung dilakukan menggunakan metode point count (Bibby et al., 2000). Pada metode point count, pengamat berdiam diri dan mencatat seluruh perjumpaan individu burung yang terlihat dalam radius ± 50 m selama 10–15 menit di setiap titik pengamatan. Jumlah titik pengamatan sebanyak 2 dengan jarak antar titik sekitar 200 meter. Titik-titik pengamatan ditetapkan secara purposive berdasarkan

karakteristik habitat yang berbeda untuk menghindari penghitungan ganda.

Pengamatan dilakukan pada pagi hari (06.00–09.00 WIB) dan sore hari (15.30–18.00 WIB), saat aktivitas burung relatif tinggi (Mackinnon et al., 2010; Iswandaru et al., 2023). Identifikasi burung dilakukan berdasarkan ciri morfologi dan suara, mengacu pada MacKinnon et al., (2010); Taufiqurrahman et al., (2022). Data yang dicatat meliputi nama spesies, aktivitas, dan tipe habitat (area reklamasi dan badan air). Pengamatan capung dilakukan menggunakan metode transek visual aktif di sepanjang badan air, kolam, (Corbet, 1999) Pengumpulan data dilakukan dengan berjalan di sepanjang kolam dan sekitar sungai. Pengamatan dilakukan pukul 07.00-09.00 dan 15.00-17.30 WIB. Individu yang teramati diidentifikasi secara langsung atau didokumentasikan menggunakan kamera untuk identifikasi lanjutan. Identifikasi capung mengacu pada karakter morfologi seperti warna tubuh, bentuk sayap, dan pola toraks-abdomen berdasarkan Setyono et al., (2017). Data yang dicatat meliputi nama spesies, tipe habitat, dan kondisi perairan secara umum.

Pengelompokkan jenis burung dan capung dalam famili menggunakan studi literatur pada proses identifikasi berdasarkan buku panduan burung dan capung diatas. Termasuk pengelompokkan data spesies berdasarkan status keterancaman yang merujuk pada IUCN RedList (*International Union for Conservation of Nature*), status perdagangan merujuk pada dokumen CITES (*Convention on International in Trade of Endangered Species of Wild Fauna and Flora*) dan status perlindungan merujuk pada Permen LHK Nomor P.106/MENLHK/SETJEN/KUM.1/12/2018.

C. Parameter Lingkungan Pendukung

Data parameter lingkungan yang dikumpulkan adalah kualitas air. Data ini diperoleh melalui data sekunder dari Laporan Pelaksanaan Dokumen Lingkungan (RKL-RPL AMDAL) tahun 2025.

D. Analisis Data

Komposisi spesies Analisis bioekologi lingkungan menggunakan pendekatan kuantitatif seperti indeks Shannon-Wiener, Indeks Kekayaan Margalef, Indeks Kemerataan Pielou dan famili burung dihitung berdasarkan Indeks Dominansi Simpson. Secara matematis, fomulasi keempat indeks tersebut sebagai berikut:

1. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H')

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

2. Indeks Kekayaan Jenis Margalef (R)

$$R = \frac{S - 1}{\ln N}$$

3. Indeks Kemerataan Pielou (E)

$$E = \frac{H'}{\ln S}$$

4. Indeks Dominansi Simpson (C)

$$C = \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Keterangan:

Pi = n_i/N dimana n_i adalah jumlah perjumpaan (frekuensi) pada individu jenis ke- i dan N adalah jumlah total individu seluruh titik pengamatan, kemudian ditabulasi. jenis
S = Jumlah jenis
Ln = Logaritma Natural

Kategorisasi merujuk pada Magurran (1988); Odum (1993); Fachrul (2007):

$H' < 1$ (rendah); $1 \leq H' \leq 3$ (sedang); $H' > 3$ (tinggi)
 $R < 2,5$ (rendah); $2,5 \leq R \leq 4$ (sedang); $R > 4$ (tinggi)
 $E < 0,4$ (rendah); $0,4 \leq E \leq 0,6$ (sedang); $E > 0,6$ (tinggi)
 $C < 0,5$ (rendah); $0,5 \leq C \leq 0,75$ (sedang); $C > 0,75$ (tinggi)

Interpretasi peran burung dan capung sebagai bio-indikator dilakukan secara deskriptif-komparatif dengan mengacu pada karakter ekologi spesies, seperti afiliasi habitat, toleransi terhadap gangguan, ketergantungan terhadap kualitas perairan dan vegetasi (Sekercioglu, 2006; Clausnitzer et al., 2012).

Keberadaan spesies sensitif digunakan sebagai indikator kondisi lingkungan yang relatif baik, sedangkan dominasi spesies toleran mengindikasikan adanya tekanan lingkungan.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Komposisi Spesies Burung

Tabel 1. Daftar Spesies Burung

No	Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	IUCN	CITES	P.LHK/106/2018
1	Alcedinidae	Cekakak sungai	<i>Todyramphus chloris</i>	LC	NA	TD
2	Campephagidae	Kapasan kemiri	<i>Lalage nigra</i>	LC	NA	TD
3	Columbidae	Tekukur biasa	<i>Spilopelia chinensis</i>	LC	NA	TD
4	Columbidae	Perkutut jawa	<i>Geopelia striata</i>	LC	NA	TD
5	Cuculidae	Wiwik kelabu	<i>Cacomantis merulinus</i>	LC	NA	TD
6	Cuculidae	Bubut alang-alang	<i>Centropus bengalensis</i>	LC	NA	TD
7	Estrildidae	Bondol peking	<i>Lonchura punctulata</i>	LC	NA	TD
8	Pycnonotidae	Cucak kutilang	<i>Pycnonotus aurigaster</i>	LC	NA	TD
9	Pycnonotidae	Merbah cerukcuk	<i>Pycnonotus goiavier</i>	LC	NA	TD
10	Rallidae	Kareo padi	<i>Amaurornis phoenicurus</i>	LC	NA	TD

Keterangan: LC (Least Concern); NA (Non-Appendix); TD (Tidak Dilindungi)

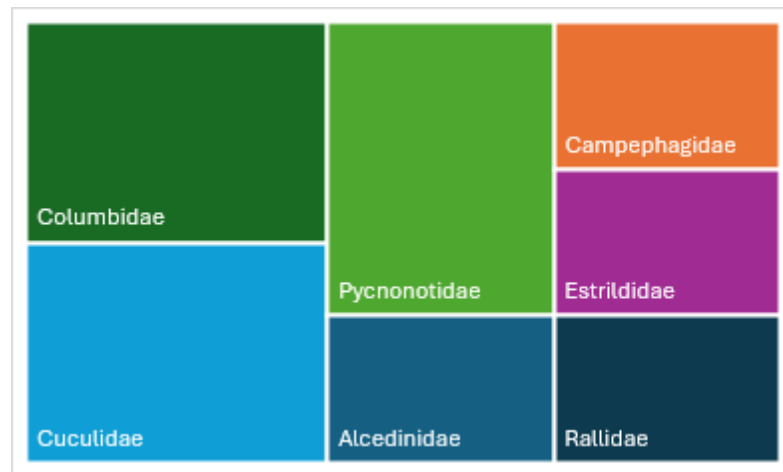
Kesepuluh spesies burung yang tercatat semuanya berstatus Least Concern (LC) menurut IUCN Red List, menunjukkan bahwa secara global populasi mereka belum tergolong terancam punah saat ini. Status LC umumnya menunjukkan bahwa populasi masih cukup besar dan tersebar luas, serta tidak menunjukkan tren penurunan drastis yang saat ini signifikan secara global. IUCN LC juga berarti spesies ini belum termasuk dalam daftar nyaris terancam (*Near Threatened*) atau lebih tinggi (*Vulnerable*, *Endangered*, *Critically Endangered*) menurut standar global saat ini (IUCN, 2024). Sementara itu CITES pada semua spesies tercatat NA (tidak tercantum), yang berarti tidak ada batasan perdagangan internasional yang signifikan untuk spesies ini di tingkat global. Ini konsisten dengan status LC mereka. Berdasarkan Permen LHK No. P.106/2018, semua jenis dikategorikan TD

Berdasarkan pengamatan, tercatat 10 spesies burung dari 7 famili (Tabel 1). Kesepuluh spesies burung memiliki status keterancaman IUCN, status perdagangan CITES dan status Perlindungan Permen LHK Nomor : P.106/MENLHK/SETJEN/ KUM.1/12/2018

(tidak dilindungi). Ini menandakan bahwa menurut regulasi konservasi Indonesia saat ini, burung-burung ini belum termasuk daftar yang mendapat perlindungan hukum langsung, berbeda dengan spesies yang dikategorikan ‘D’ (Dilindungi). Ketidakterlindungan ini biasanya dikarenakan fakta bahwa spesies-spesies tersebut memiliki populasi yang relatif stabil, mudah menjalar di berbagai tipe habitat, dan belum menunjukkan penurunan akut di wilayah Indonesia.

B. Komposisi Famili Burung

Komposisi famili burung yang tercatat terdiri dari 7 famili dengan jumlah spesies berbeda (Gambar 1). Jumlah spesies terbanyak diantaranya famili Columbidae, Cuculidae dan Pycnonotidae masing-masing 2 spesies, sedangkan sisanya masing-masing hanya 1 spesies.



Gambar 1. Pebandingan famili burung dan spesies
Figure 1. Comparison of Bird Families and Species

1. Famili Alcedinidae (Cekakak Sungai – *Todiramphus chloris*)

Kehadiran Alcedinidae menunjukkan ketersediaan habitat perairan atau area semi-terbuka yang masih fungsional. Cekakak sungai merupakan pemangsa serangga dan vertebrata kecil yang sangat bergantung pada kejernihan perairan dan ketersediaan mangsa. Dalam konteks bio-indikator, famili ini sering diasosiasikan dengan kondisi riparian yang relatif stabil, meskipun masih mampu bertahan pada habitat yang telah terfragmentasi (Martin et al., 2021). Keberadaan Alcedinidae pada kawasan studi mengindikasikan bahwa sistem perairan di sekitar lokasi masih mendukung rantai trofik tingkat menengah.

2. Famili Campephagidae (Kapas Kemiri – *Lalage nigra*)

Campephagidae merupakan kelompok insektivora arboreal yang bergantung pada struktur tajuk vegetasi. Kehadiran kapas kemiri mencerminkan adanya vegetasi berlapis dan kanopi pohon yang cukup, meskipun tidak selalu dalam kondisi hutan primer. Studi terkini menunjukkan bahwa famili ini sering menjadi indikator transisi antara habitat alami dan habitat yang telah dimodifikasi (Mansor & Sah, 2020). Dengan demikian, keberadaan Campephagidae mengindikasikan bahwa

kawasan studi belum sepenuhnya kehilangan kompleksitas vegetasi.

3. Famili Columbidae (Tekukur Biasa dan Perkutut Jawa)

Columbidae merupakan famili granivora yang sangat toleran terhadap gangguan manusia. Dominasi dua spesies Columbidae dalam komunitas burung menunjukkan tingginya proporsi habitat terbuka atau semi-terbuka, seperti area tambang, lahan reklamasi, atau sempadan vegetasi sekunder. Secara ekologis, peningkatan proporsi Columbidae sering dikaitkan dengan penyederhanaan struktur habitat, meskipun masih menyediakan sumber pakan berupa biji-bijian (Callaghan et al., 2021).

4. Famili Cuculidae (Wiwik Kelabu dan Bubut Alang-alang)

Cuculidae memiliki strategi hidup yang unik, termasuk parasitisme sarang dan ketergantungan terhadap komunitas serangga. Kehadiran dua spesies Cuculidae mencerminkan ketersediaan sumber pakan serangga yang relatif stabil serta keberadaan habitat semak dan tepi vegetasi. Famili ini sering ditemukan pada lanskap mosaik yang terdiri dari vegetasi alami dan area terganggu (Santos et al., 2023). Oleh karena itu, Cuculidae dapat dianggap sebagai indikator bahwa habitat

masih mampu menopang interaksi ekologis yang cukup kompleks.

5. Famili Estrildidae (Bondol Peking – *Lonchura punctulata*)

Estrildidae merupakan burung kecil granivora yang sangat adaptif dan sering diasosiasikan dengan lingkungan terfragmentasi dan agro-industri. Kehadirannya dalam jumlah signifikan sering digunakan sebagai indikator habitat terbuka dengan tekanan antropogenik sedang hingga tinggi (Kumar et al., 2020). Dalam konteks kawasan PT Andesit Lumbung Sejahtera, Estrildidae mengindikasikan bahwa sebagian area telah mengalami perubahan fungsi lahan, namun masih menyediakan sumber pakan yang mencukupi.

6. Famili Pycnonotidae (Cucak Kutilang dan Merbah Cerukcuk)

Pycnonotidae adalah famili omnivora-frugivora yang sangat fleksibel secara ekologis. Dominasi famili ini sering diasosiasikan dengan habitat sekunder, semak belukar, dan tepi hutan. Studi terbaru menunjukkan bahwa Pycnonotidae sering meningkat kelimpahannya pada lanskap yang mengalami gangguan sedang, sekaligus berperan penting dalam dispersi biji dan regenerasi vegetasi (Zhang et al., 2022). Hal ini mengindikasikan bahwa

kawasan studi masih memiliki fungsi ekologis dalam siklus regenerasi tumbuhan.

7. Famili Rallidae (Kareo Padi – *Amaurornis phoenicurus*)

Rallidae merupakan kelompok burung yang erat kaitannya dengan habitat basah dan vegetasi riparian. Kehadiran kareo padi menunjukkan bahwa area lembap, rawa kecil, atau sempadan perairan di kawasan studi masih tersedia dan relatif berfungsi. Famili ini sering digunakan sebagai indikator kondisi mikrohabitat basah dalam lanskap industri (Li et al., 2021).

C. Komposisi Spesies Capung

Data menunjukkan keberadaan enam spesies capung yang seluruhnya berasal dari famili Libellulidae (Tabel 2). Famili ini dikenal sebagai kelompok capung sejati (skimmers) yang memiliki sebaran luas, daya adaptasi tinggi, dan sering mendominasi komunitas capung di habitat perairan terbuka maupun semi-terganggu. Seluruh spesies berstatus Least Concern (LC) menurut IUCN, tidak terdaftar dalam CITES (NA), serta termasuk Tidak Dilindungi (TD) berdasarkan P. LHK No. 106 Tahun 2018. Komposisi ini mengindikasikan bahwa komunitas capung yang teramati didominasi oleh spesies umum dengan toleransi ekologis yang luas.

Tabel 2. Daftar Spesies Capung

No	Famili	Nama lokal	Nama ilmiah	IUCN	CITES	P.LHK/106/2018
1	Libellulidae	Capung-sayap oranye	<i>Brachythemis contaminata</i>	LC	NA	TD
2	Libellulidae	Capung-tengger biru	<i>Diplacodes trivialis</i>	LC	NA	TD
3	Libellulidae	Capung-sambar hijau	<i>Orthetrum sabina</i>	LC	NA	TD
4	Libellulidae	Capung-lorenz tombak	<i>Igtnogomphus decoratus</i>	LC	NA	TD
5	Libellulidae	Capung-sambar dada karat	<i>Brachydiplax chalybea</i>	LC	NA	TD
6	Libellulidae	Capung-jala lurus	<i>Neurothemis terminata</i>	LC	NA	TD

Keterangan: LC (Least Concern); NA (Non-Appendix); TD (Tidak Dilindungi)

Dominasi Libellulidae mencerminkan kondisi habitat yang kemungkinan berupa perairan dangkal, seperti kolam, saluran irigasi, sawah, atau sungai berarus lambat dengan paparan cahaya matahari tinggi. Spesies seperti *Brachythemis contaminata*, *Diplacodes trivialis*, dan *Orthetrum sabina* dikenal sebagai indikator perairan terbuka dan habitat yang mengalami tekanan antropogenik ringan hingga sedang, karena mampu berkembang pada kualitas air yang fluktuatif. Kehadiran *Neurothemis terminata* dan *Brachydiplax chalybea* menunjukkan adanya mikrohabitat dengan vegetasi tepi perairan yang cukup, karena spesies ini memerlukan struktur vegetasi untuk bertengger dan beraktivitas reproduktif. Sementara itu, keberadaan *Igtnogompus decoratus* (meskipun masih tercatat LC) relatif menarik karena genus ini umumnya memiliki preferensi habitat yang sedikit lebih spesifik dibanding Libellulidae tipikal, sehingga dapat mencerminkan heterogenitas habitat dalam lokasi pengamatan.

D. Keanekaragaman Jenis Burung dan Capung

Pemantauan kondisi ekologis di area operasional dilakukan melalui pengukuran empat indeks bioekologi pada dua kelompok fauna yang berfungsi sebagai bioindikator, yaitu burung dan capung (Odonata). Keempat indeks yang dianalisis meliputi Indeks Keanekaragaman Jenis (H'), Indeks Kekayaan Jenis (R), Indeks Kemerataan Jenis (E), dan Indeks Dominansi Jenis (C), yang secara bersama-sama menggambarkan struktur dan kestabilan komunitas pada kedua kelompok takson tersebut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keempat indeks bioekologi menunjukkan hasil yang berbeda (Tabel 3).

Tabel 3. Indeks Bioekologi Burung dan Capung

Indeks Bioekologi	Burung	Capung	Kategori
H'	1,73	1,69	Sedang
R	2,34	1,70	Rendah
E	0,75	0,95	Tinggi
C	0,16	0,20	Rendah

Nilai H' burung sebesar 1,73 termasuk dalam kategori sedang, yang berarti komunitas burung memiliki variasi jenis yang cukup baik namun berada dalam kondisi tertekan secara moderat, sebuah pola yang umum dijumpai pada kawasan dengan gangguan aktivitas manusia seperti area pertambangan, di mana sebagian habitat alami telah terfragmentasi (Gunarto et al., 2021).

Nilai R sebesar 2,34 berada pada batas bawah kategori rendah-sedang, mengindikasikan bahwa jumlah jenis burung yang ditemukan relatif terbatas dibandingkan jumlah individu yang tercatat. Hal ini selaras dengan karakteristik kawasan tambang yang umumnya memiliki struktur vegetasi lebih sederhana dibandingkan hutan alami, sehingga ketersediaan relung ekologis (niche) bagi berbagai jenis burung menjadi lebih terbatas (Fuadi et al., 2024).

Nilai E sebesar 0,75 dan nilai C sebesar 0,16 menunjukkan pola yang konsisten: pemerataan tinggi dan dominansi rendah. Artinya, meskipun jumlah jenis burung yang ditemukan tidak terlalu banyak, individu-individu yang ada tersebar relatif merata di antara jenis-jenis tersebut tanpa adanya satu jenis yang secara mencolok mendominasi komunitas. Kondisi ini mencerminkan komunitas yang relatif stabil meski berada pada tingkat keanekaragaman sedang.

Nilai H' capung sebesar 1,69 juga berada pada kategori sedang, hampir setara dengan komunitas burung. Capung dikenal luas sebagai bioindikator kualitas perairan karena fase nimfanya yang akuatik sangat sensitif terhadap perubahan kualitas air, termasuk perubahan pH, kekeruhan, dan kandungan sedimen yang dapat dipengaruhi oleh aktivitas pertambangan di sekitar badan air (Husnia, et al., 2019).

Nilai R capung sebesar 1,70 termasuk kategori rendah, menunjukkan kekayaan jenis capung yang lebih terbatas dibandingkan burung. Kondisi ini umum terjadi pada badan air yang telah mengalami gangguan, karena famili-famili capung tertentu, misalnya *Chlorocyphidae*, *Calopterygidae*, dan

Gomphidae hanya dapat bertahan pada perairan dengan kualitas baik, sehingga rendahnya kekayaan jenis dapat menjadi sinyal awal adanya tekanan terhadap ekosistem perairan (Alista et al., 2024).

Nilai E sebesar 0,95, yang merupakan nilai tertinggi di antara seluruh indeks pada Tabel 3 menunjukkan pemerataan individu antarjenis capung yang sangat tinggi, sementara nilai C sebesar 0,20 menunjukkan dominansi yang rendah. Kombinasi ini berarti bahwa walaupun jenis capung yang ditemukan tidak banyak, kelimpahan individu antarjenis sangat seimbang, tanpa adanya jenis yang dominan secara ekstrem.

Burung dan capung merupakan dua kelompok bioindikator yang merepresentasikan kompartemen ekosistem yang berbeda namun saling melengkapi: burung lebih banyak merespons kondisi vegetasi dan struktur habitat darat, sementara capung merespons kualitas dan ketersediaan habitat perairan (Husnia et al., 2019; Alita et al., 2024). Ditemukannya nilai keanekaragaman sedang pada kedua kelompok ini di area PT Andesit Lumbung Sejahtera menunjukkan bahwa, meskipun terdapat tekanan akibat aktivitas pertambangan, kondisi habitat di kawasan tersebut belum mengalami degradasi yang parah, karena keanekaragaman jenis yang rendah secara ekstrem ($H' < 1$) tidak teramati pada kedua takson.

E. Peran Bio-Indikator dan Interpretasi Lingkungan

Komposisi burung yang tercatat di kawasan pertambangan andesit menunjukkan keberadaan berbagai famili yang mewakili beberapa guild ekologis utama (Gambar 4),

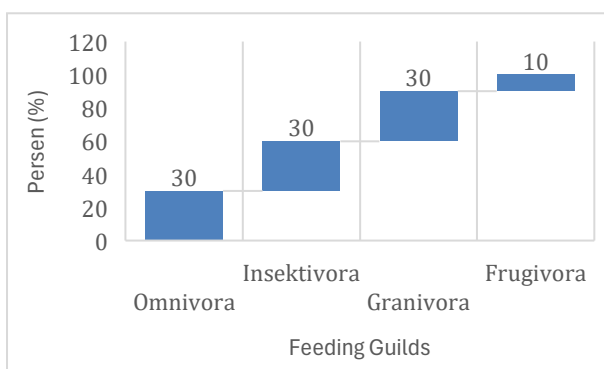
seperti insektivora, granivora, omnivora, dan spesies yang berasosiasi dengan habitat basah. Kehadiran famili Alcedinidae dan Rallidae, yang masing-masing diwakili oleh *Todiramphus chloris* dan *Amaurornis phoenicurus*, mengindikasikan bahwa elemen habitat perairan dan riparian di sekitar area tambang masih berfungsi secara ekologis. Burung-burung ini dikenal sensitif terhadap perubahan kualitas air, sedimentasi, dan gangguan fisik habitat basah, sehingga keberadaannya mencerminkan kondisi perairan yang relatif stabil meskipun berada dalam lanskap industri ekstraktif (Li et al., 2021; Şekercioglu et al., 2022).

Di sisi lain, dominasi famili Columbidae, Pycnonotidae, dan Estrildidae masing-masing 30% mencerminkan karakteristik umum komunitas burung pada lanskap yang telah mengalami modifikasi antropogenik. Spesies seperti *Spilopelia chinensis*, *Geopelia striata*, *Pycnonotus aurigaster*, dan *Lonchura punctulata* dikenal memiliki toleransi tinggi terhadap perubahan habitat, terutama pada area terbuka, vegetasi sekunder, dan lahan reklamasi (Gambar 2). Kehadiran kelompok ini dalam komunitas burung pertambangan andesit menunjukkan bahwa habitat di lokasi penelitian cenderung berada pada kondisi gangguan moderat, di mana struktur vegetasi sederhana masih mampu menyediakan sumber pakan dan ruang hidup bagi spesies generalis (Callaghan et al., 2021; Santana et al., 2020).



Gambar 2. Kiri: Cucak kutilang (*Pycnonotus aurigaster*) sedang bertengger pada tanaman restorasi, Kanan: Tekukur biasa (*Spelopelia chinensis*) sedang mencari makan di permukaan tanah.

Burung kelompok insektivora seperti Campephagidae dan Cuculidae memberikan indikasi tambahan terkait kualitas struktur vegetasi dan ketersediaan sumber pakan serangga. Kehadiran *Lalage nigra*, *Cacomantis merulinus*, dan *Centropus bengalensis* menunjukkan bahwa kawasan pertambangan tidak sepenuhnya homogen atau terdegradasi, melainkan masih memiliki mosaik habitat berupa semak, pepohonan, dan area transisi yang mendukung rantai trofik serangga. Studi terkini menunjukkan bahwa burung insektivora arboreal dan semak merupakan indikator penting bagi kompleksitas vegetasi dan proses suksesi habitat pascatambang (Mansor & Sah, 2020; Santos et al., 2023).



Gambar 3. Persentase feeding guilds burung

Komposisi feeding guild yang relatif seimbang antara insektivora, granivora, dan omnivora (masing-masing 30%), diiringi proporsi frugivora yang rendah,

menggambarkan pola umum komunitas burung pada kawasan dengan tutupan vegetasi yang belum sepenuhnya pulih atau pada habitat sekunder yang mengalami modifikasi, sebagaimana lazim dijumpai di sekitar area operasional pertambangan. Pola ini konsisten dengan prinsip bahwa struktur guild burung dapat mencerminkan kondisi keseimbangan habitat suatu ekosistem (Soegiharto, 2020), karena dominasi guild generalis (omnivora, insektivora, granivora) dibandingkan guild spesialis (frugivora) umumnya berasosiasi dengan tingkat gangguan habitat yang lebih tinggi.

Tetap ditemukannya proporsi insektivora yang signifikan menjadi indikasi positif, karena guild ini berperan penting sebagai pengendali alami populasi serangga di kawasan tersebut, sekaligus menunjukkan bahwa ketersediaan sumber daya serangga di area operasional masih dapat mendukung kebutuhan pakan kelompok burung ini (Pardede et al., 2025). Namun, rendahnya proporsi frugivora perlu menjadi perhatian dalam pengelolaan lingkungan, karena keberadaan burung pemakan buah berkaitan erat dengan fungsi penyebaran biji (*seed dispersal*) yang mendukung regenerasi vegetasi alami di kawasan revegetasi tambang. Oleh sebab itu, upaya penanaman pohon penghasil buah pada program reklamasi dan revegetasi area tambang dapat menjadi strategi yang efektif untuk meningkatkan proporsi guild frugivora, yang

pada akhirnya akan mendukung proses regenerasi vegetasi secara alami dan meningkatkan keanekaragaman fungsional komunitas burung secara keseluruhan.

Komposisi capung yang seluruhnya berasal dari famili Libellulidae menunjukkan karakter khas komunitas Odonata pada lanskap yang telah mengalami modifikasi antropogenik, termasuk kawasan pertambangan andesit. Famili Libellulidae dikenal sebagai kelompok capung yang relatif toleran terhadap perubahan habitat, terutama pada perairan terbuka, kolam buatan, saluran air, dan habitat lentik sementara yang umum terbentuk akibat aktivitas penambangan (Clausnitzer et al., 2017; Dolný et al., 2020).

Kehadiran *Brachythemis contaminata* dan *Diplacodes trivialis* sering diasosiasikan dengan perairan terbuka yang terpapar cahaya matahari tinggi, substrat berlumpur, dan tingkat sedimentasi relatif besar. Kondisi tersebut lazim dijumpai pada kolam bekas galian, saluran drainase tambang, atau genangan air di area produksi andesit. Berbagai studi menunjukkan bahwa dominasi spesies-spesies ini mencerminkan lingkungan perairan yang telah terdisturbansi, namun masih mampu mendukung siklus hidup Odonata, khususnya fase larva yang sensitif terhadap perubahan hidromorfologi (Kalkman et al., 2018; Harabiš & Dolný, 2019).



Gambar 4. Kiri: Capung sayap oranye (*Brachythemis contaminata*) sedang bertengger di ranting kering tepi perairan; Kanan: Capung sambar dada karat (*Brachydiplax chalybea*) sedang terbang berburu kemudian bertengger.

Kehadiran *Orthetrum sabina* dan *Brachydiplax chalybea* memberikan indikasi tambahan terkait fleksibilitas ekologis komunitas capung di kawasan pertambangan. Kedua spesies ini dikenal sebagai predator serangga yang adaptif dan mampu bertahan pada perairan dengan kualitas sedang, termasuk area dengan vegetasi air terbatas dan tekanan aktivitas manusia. Dalam konteks bioindikator, keberadaan spesies ini menunjukkan bahwa meskipun terjadi perubahan lingkungan akibat penambangan andesit, sistem perairan masih mempertahankan fungsi ekologis dasar seperti

ketersediaan mangsa dan stabilitas mikrohabitat (Samways & Steytler, 2020).

Sementara itu, keberadaan *Neurothemis terminata* dan *Igtingomphus decoratus* mengindikasikan adanya heterogenitas habitat perairan di kawasan studi. *Neurothemis terminata* umumnya ditemukan pada perairan tenang dengan vegetasi tepi yang cukup, sedangkan kelompok Gomphidae (seperti *Igtingomphus*) umumnya lebih selektif terhadap kondisi substrat dan aliran air. Kehadiran spesies ini menunjukkan bahwa tidak seluruh elemen perairan di kawasan pertambangan berada dalam kondisi

terdegradasi berat, melainkan masih terdapat mikrohabitat yang relatif lebih stabil dan mendukung spesies dengan kebutuhan ekologis yang lebih spesifik (Clausnitzer et al., 2017; Dolný et al., 2020).

Lokasi pertambangan batu andesit PT. ALS, mengalir Sungai Way Napal. Pengujian nilai kualitas air sungai pada daerah pertambangan andesit PT. ALS dilakukan dengan mengacu pada Peraturan Pemerintah No. 22 Tahun 2021 tentang baku mutu air.

Standar baku mutu air yang digunakan adalah air kategori 3 yang merupakan air yang peruntukannya dapat digunakan untuk pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman, dan/atau peruntukan lain yang mempersyaratkan mutu air yang sama dengan kegunaan tersebut (PP No 22, 2021). Hasil pengujian kualitas air Sungai Way Napal pada daerah hulu dan hilirnya dapat dilihat dalam Tabel 3 di bawah ini:

Tabel 3. Nilai Kualitas Air Sungai Way Napal PT. ALS

No	Parameter	Hasil Uji pada Lokasi Sungai		Baku Mutu	Satuan	Keterangan	
		Hulu	Hilir			Hulu	Hilir
1.	Suhu	28	27	Dev3	°C	memenuhi	memenuhi
2.	TSS	6	7	100	mg/L	memenuhi	memenuhi
3.	pH	7	7	6-9	-	memenuhi	memenuhi
4.	BOD	5	5	6	mg/L	memenuhi	memenuhi
5.	COD	39	34	40	mg/L	memenuhi	memenuhi
6.	NH ₃	0,2	0,2	0,5	mg/L	memenuhi	memenuhi
7.	MBAS	<0,019	<0,019	0,2	mg/L	memenuhi	memenuhi
8.	Minyak dan Lemak	<0,03	<0,03	1	mg/L	memenuhi	memenuhi
9.	Fecal Coliform	840	1.025	2000	Jml/100mL	memenuhi	memenuhi

Berdasarkan hasil uji kualitas air sungai pada lokasi hulu dan hilir menunjukkan bahwa seluruh parameter fisik, kimia, dan mikrobiologi masih berada dalam batas baku mutu yang ditetapkan. Nilai suhu, TSS, dan pH pada kedua lokasi relatif stabil, mencerminkan kondisi fisik perairan yang masih mendukung keberlangsungan ekosistem akuatik. Konsentrasi TSS yang rendah mengindikasikan minimnya gangguan sedimen tersuspensi, yang sering menjadi salah satu dampak utama aktivitas penambangan batuan. Kondisi ini menunjukkan bahwa kontribusi limpasan material tambang terhadap kekeruhan air sungai masih terbatas.

Parameter pencemar organik, yang direpresentasikan oleh nilai BOD dan COD, juga menunjukkan tingkat yang relatif rendah dan masih memenuhi baku mutu. Hal ini mengindikasikan bahwa beban bahan organik di perairan sungai belum menimbulkan tekanan signifikan terhadap ketersediaan oksigen

terlarut. Konsentrasi amonia, MBAS, serta minyak dan lemak yang sangat rendah memperkuat indikasi bahwa masukan limbah domestik maupun industri ke badan sungai masih dalam tingkat yang terkendali.

Dari aspek mikrobiologi, jumlah Fecal Coliform pada lokasi hilir menunjukkan peningkatan dibandingkan hulu, namun masih berada di bawah ambang batas baku mutu. Pola ini mengindikasikan adanya aktivitas antropogenik di sepanjang aliran sungai, meskipun belum mencapai tingkat pencemaran yang mengkhawatirkan. Perbedaan nilai antara hulu dan hilir menjadi indikator awal adanya tekanan lingkungan yang perlu dimonitor secara berkelanjutan.

Hasil analisis kualitas air sungai secara menyeluruh di lokasi hulu dan hilir menunjukkan bahwa seluruh parameter fisika, kimia, dan mikrobiologi memenuhi baku mutu lingkungan pada baku mutu air kategori tiga untuk pembudidayaan ikan air tawar,

peternakan, air untuk mengairi tanaman. Kondisi ini mengindikasikan bahwa kualitas air sungai masih relatif baik dan belum terdampak berat oleh aktivitas di sekitarnya, termasuk aktivitas pertambangan andesit. Namun demikian, pemantauan berkala tetap diperlukan untuk mendeteksi potensi perubahan kualitas air secara dini dan menjaga keberlanjutan fungsi ekosistem sungai.

Kondisi kualitas air yang masih berada dalam batas baku mutu tidak hanya menunjukkan fungsi ekologis perairan yang masih berjalan, tetapi juga memiliki relevansi terhadap keberlanjutan sosial ekonomi masyarakat di sekitar kawasan pertambangan. Masyarakat yang bermukim pada radius <1000–10.000 m masih memanfaatkan sumber daya lingkungan untuk kebutuhan domestik, pertanian, dan aktivitas pendukung lainnya. Dalam konteks ini, keberadaan burung dan capung sebagai bioindikator memberikan gambaran bahwa tekanan ekologis akibat aktivitas pertambangan belum melampaui batas toleransi lingkungan secara signifikan. Kondisi tersebut memperlihatkan bahwa pengelolaan lingkungan yang dilakukan perusahaan berpotensi berkontribusi terhadap stabilitas fungsi ekologis sekaligus menjaga keberlanjutan dan daya dukung lingkungan bagi masyarakat sekitar.

Kondisi ini sejalan dengan temuan penelitian sebelumnya yang menunjukkan bahwa penerapan pengendalian debu, getaran, dan kebisingan, telah melakukan penyesuaian teknis operasional tambang secara bertahap dan berkelanjutan. Pengendalian tersebut berkontribusi signifikan terhadap penurunan persepsi negatif masyarakat terhadap gangguan fisik lingkungan (Lestari et al., 2025; Pratama & Yanuwadi, 2023). Meskipun demikian, aspek kompensasi ekonomi dan evaluasi umum pengelolaan lingkungan masih menunjukkan ruang perbaikan. Temuan ini konsisten dengan hasil studi sosial lingkungan pada kawasan pertambangan yang menegaskan bahwa penerimaan masyarakat tidak hanya dipengaruhi oleh keberhasilan pengelolaan

dampak fisik, tetapi juga oleh keadilan distribusi manfaat dan efektivitas komunikasi perusahaan dengan masyarakat terdampak (Rahman et al., 2022; Sari et al., 2024).

Secara keseluruhan, dominasi famili Columbidae, Pycnonotidae, Cuculidae dari burung dan Libellulidae dari capung menunjukkan bahwa kombinasi spesies toleran dan semi-sensitif mencerminkan kondisi lingkungan pertambangan andesit yang berada pada tingkat gangguan moderat, di mana perubahan fisik habitat vegetasi dan perairan telah terjadi, namun masih fungsional dan belum sepenuhnya menghilangkan fungsi ekologisnya meskipun telah mengalami tekanan aktivitas pertambangan. Kondisi perairan yang relatif masih baik menjadi representasi indikator lingkungan yang relevan dengan kehadiran burung dan capung. Pola ini sejalan dengan konsep bioindikator, di mana dominasi spesies generalis menunjukkan adanya gangguan, sementara keberadaan spesies riparian, insektivora dan capung menunjukkan bahwa batas toleransi ekologis belum terlampaui (Şekercioğlu et al., 2022). Dalam kerangka bioindikator, komunitas burung dan capung ini dapat digunakan untuk menilai kualitas lingkungan dan perairan pascatambang, efektivitas pengelolaan area vegetasi, drainase dan kolam tambang, serta potensi pemulihan ekosistem perairan melalui revegetasi dan pengendalian sedimentasi. Dengan demikian, burung dan capung berperan penting sebagai indikator biologis yang sensitif dan relevan dalam pemantauan lingkungan pertambangan andesit.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

Ditemukan sebanyak 10 spesies burung dari 7 famili yaitu Alcedinidae, Estrildidae, Campephagidae, Columbidae, Cuculidae, Rallidae dan Pycnonotidae serta 6 spesies capung dari 1 famili yaitu Libellulidae. Famili burung yang dominan adalah Columbidae, Cuculidae dan Pycnonotidae masing-masing 2 spesies. Keseluruhan spesies burung dan capung memiliki status keterancaman IUCN

resiko rendah (LC), status perdagangan CITES non-appendix (NA) dan status perlindungan Permen LHK 106/2018 yaitu tidak dilindungi. Indeks bioekologi burung dan capung menunjukkan kategori sedang (H'), rendah (R), tinggi (E) dan rendah (C). Hal ini mengindikasikan bahwa kondisi habitat tidak terdegradasi signifikan meski mengalami tekanan akibat aktivitas pertambangan. Keberadaan spesies burung dan capung mengindikasikan bahwa area pertambangan andesit masih fungsional secara ekologis sebagai habitat burung meskipun mengalami tekanan moderat. Hal ini dikuatkan juga dengan hasil analisis kualitas air pada daerah hulu dan hilir sungai yang memenuhi syarat baku mutu air kategori tiga untuk memenuhi kebutuhan sumber air bagi burung dan capung serta pembudidayaan ikan air tawar, peternakan, air untuk mengairi tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH (ACKNOWLEDGEMENT)

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Lampung, khususnya Program Studi Doktor Ilmu Lingkungan, atas dukungan akademik dalam pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada PT Andesit Lumbung Sejahtera yang telah memberikan akses data dan informasi pendukung, khususnya dokumen dan laporan pemantauan lingkungan.

DAFTAR PUSTAKA

- Alita A, Nurtjahya E, Sutrisno H. (2024). Capung (Ordo: Odonata) di Kawasan Reklamasi Bekas Tambang Timah, Belinyu, Bangka. *BIO-EDU: JURNAL PENDIDIKAN BIOLOGI* 9(1):31-42. <https://doi.org/10.32938/jbe.v9i1.6568>
- Bibby CJ, Burgess ND, Hill DA and Mustoe S. 2000. Bird census techniques. 2nd ed. Academic Press.
- Callaghan CT, Major RE, Lyons MB and Cornwell WK. 2021. The effects of habitat modification on bird functional diversity. *Journal of Applied Ecology* 58(5):946–957. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.13827>
- Clausnitzer V, Kalkman VJ, Ram M, Collen B, Baillie JEM, Bedjanić M *et al.* 2012. Odonata enter the biodiversity crisis debate: The first global assessment of an insect group. *Biological Conservation* 152:12–22. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2012.03.028>
- Corbet PS. 1999. Dragonflies: Behaviour and ecology of Odonata. Harley Books.
- Dale VH and Beyeler SC. 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. *Ecological Indicators* 1(1):3–10. [https://doi.org/10.1016/S1470-160X\(01\)00003-6](https://doi.org/10.1016/S1470-160X(01)00003-6)
- Devictor V, Julliard R, Couvet D and Jiguet F. 2008. Birds as ecological indicators of habitat modification. *Ecological Indicators* 8(6):933–942.
- Direktorat Jenderal KSDAE. 2025. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup dan Kehutanan No. P.106/2018 tentang jenis tumbuhan dan satwa dilindungi. Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia.
- Dolný A, Harabiš F and Mižičová H. 2012. Home range, movement, and migration of dragonflies. *Insect Conservation and Diversity* 5(4):255–265. <https://doi.org/10.1111/j.1752-4598.2012.00179.x>
- Dolný A, Harabiš F, Bárta D, Lhota S and Drozd P. 2020. Aquatic insects indicate terrestrial habitat degradation: Dragonflies as sentinels of landscape change. *Ecological Indicators* 109:105779. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.105779>
- Fachrul MF. (2007). Metode Sampling Bioekologi. Bumi Aksara. Jakarta.
- Fleishman E, Thomson JR, Mac Nally R, Murphy DD and Fay JP. 2005. Using indicator species to predict species richness of multiple taxonomic groups. *Conservation Biology* 19(4):1125–1137.
- Foley JA, Ramankutty N, Brauman KA, Cassidy ES, Gerber JS, Johnston M *et al.* 2011. Solutions for a cultivated planet. *Nature* 478(7369):337–342. <https://doi.org/10.1038/nature10452>
- Fuadi AN, Oktafitri D, Satriyo R, Asyidiqi MH, Suseno T. (2024). Kekayaan Jenis dan Guild Pakan Komunitas Burung di Area Greenbelt Penambangan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk. Pabrik Tuban. *Biology Natural Resource Journal* 3(1):6-14.
- Gregory RD, van Strien A, Vorisek P, Gmelig Meyling AW, Noble DG, Foppen RPB and Gibbons DW. 2005. Developing indicators for European birds. *Philosophical Transactions of the Royal Society B* 360(1454):269–288. <https://doi.org/10.1098/rstb.2004.1602>
- Gunarto T, Mulyani AY, Rushayati SB, Kartono AP. (2021). Bird Diversity on Reclaimed Nickel Mine-Land in Kolaka District Southeast Sulawesi. *Media Konservasi* 26(3):183-192. DOI:10.29244/medkon.26.3.183-192.
- Harabiš F and Dolný A. 2019. Odonates need natural disturbances: How human-induced habitat changes affect

- dragonfly diversity. *Biological Conservation* 236:443–452. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2019.06.004>
- Husnia F, Hidayat S, Setyowati SM. (2019). Biodiversitas Capung Subordo Zygoptera Sebagai Bioindikator Kualitas Air Di Aliran Sungai Kawasan Muria Desa Colo Kabupaten Kudus Jawa Tengah. *Journal of Biology Education* 2(2):128-135.
- IUCN. 2024. The IUCN Red List of Threatened Species. International Union for Conservation of Nature.
- Iswandaru D, Hariyono H, Rohman F. 2023. Birding and Avitourism: Potential Analysis of Birds in the Buffer Villages Around Conservation Area. *Jurnal Sylva Lestari* 11(2): 247-269. <https://doi.org/10.23960/jsl.v11i2.681>
- Kalkman VJ, Boudot JP, Bernard R, Conze KJ, De Knijf G, Dyatlova E *et al.* 2018. Diversity and conservation of European dragonflies and damselflies (Odonata). *Hydrobiologia* 811:269–282. <https://doi.org/10.1007/s10750-017-3495-6>
- Kumar A, Gupta S and Kanaujia A. 2020. Avifaunal response to habitat alteration in industrial landscapes. *Environmental Monitoring and Assessment* 192:1–14. <https://doi.org/10.1007/s10661-020-08529-3>
- Lestari N, Widodo P dan Handayani R. 2025. Persepsi masyarakat terhadap pengelolaan kualitas udara pada kegiatan pertambangan batuan andesit. *Jurnal Pengelolaan Lingkungan Berkelanjutan* 9(1):45–56.
- Li X, Zhang Y and Chen J. 2021. Wetland birds as indicators of habitat quality in modified landscapes. *Ecological Indicators* 125:107508. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2021.107508>
- MacKinnon J, Phillips K, van Bales SB. 2010. *urung-Burung di Sumatera, Jawa, Bali dan Kalimantan (Termasuk Sabah, Serawak dan Brunei Darussalam). Burung Indonesia*. Bogor.
- Magurran, AE. (1988). *Ecological Diversity and Its Measurements*. Princeton University Press. Princeton, NJ. <https://doi.org/10.1007/978-94-015-7358-0>
- Mansor MS and Sah SAM. 2020. Bird community responses to forest structure in disturbed tropical habitats. *Global Ecology and Conservation* 23:e01191. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01191>
- Millennium Ecosystem Assessment (MEA). 2005. *Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis*. World Resources Institute.
- Newbold T, Hudson LN, Hill SLL, Contu S, Lysenko I, Senior RA *et al.* 2015. Global effects of land use on local terrestrial biodiversity. *Nature* 520(7545):45–50. <https://doi.org/10.1038/nature14324>
- Nugroho S, Santosa MA dan Riyanto B. 2021. Pengelolaan lingkungan berbasis partisipasi masyarakat dalam kegiatan pertambangan mineral. *Jurnal Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* 11(4):624–635. <https://doi.org/10.29244/jpsl.11.4.624-635>
- Odum EP. (1993). *Dasar-dasar Ekologi*. Terjemahan Tjahjono Samingan. Edisi. Ketiga. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pardede L, Iswandaru D, Fitriana YR, Darmawan A, Kaskoyo H, Wulandari C, Safe'i R, Herwanti S, Novriyanti N, Febryano IG. (2025). Insectivorous Birds Dominate Across LandUse Gradient Revealing Unexpected Ecological Resilience in Tropical ForestCoffee Landscapes. *Jurnal Wasian* 12(1):22-34. <https://doi.org/10.62142/5vf89h84>
- Pratama AR dan Yanuwiadi B. 2023. Evaluasi penerimaan sosial masyarakat terhadap dampak fisik pertambangan berbasis UKL-UPL. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 21(3):512–523. <https://doi.org/10.14710/jil.21.3.512-523>
- [PP No 22, 2021] Pemerintah Republik Indonesia. 2021. Peraturan Pemerintah Nomor 22 Tahun 2021 tentang penyelenggaraan perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Sekretariat Negara Republik Indonesia.
- Rachmaputra A, Yanuwiadi B and Leksono AS. 2025. Species diversity of birds as bioindicators in mangrove ecosystems. *Journal of Environmental Engineering and Sustainable Technology*.
- Rahman F, Kurniawan A dan Setiawan Y. 2022. Keadilan kompensasi dan penerimaan sosial masyarakat di sekitar kawasan pertambangan. *Jurnal Sosial Ekonomi Lingkungan* 6(2):89–101.
- Samways MJ and Steytler NS. 2020. Dragonfly (Odonata) assemblages respond to urbanization and habitat quality. *Journal of Insect Conservation* 24(2):215–226. <https://doi.org/10.1007/s10841-020-00229-6>
- Santana J, Reino L, Stoate C, Borralho R, Carvalho CR, Schindler S and Moreira F. 2020. Mixed farming systems and bird diversity in human-modified landscapes. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 295:106889. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106889>
- Santos RM, Silva DP and Loyola R. 2023. Insectivorous birds as indicators of habitat heterogeneity in disturbed landscapes. *Biological Conservation* 277:109860. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109860>
- Sari DP, Putri DA dan Nugraha H. 2024. Peran komunikasi perusahaan dalam meningkatkan penerimaan masyarakat pada kegiatan pertambangan. *Jurnal Kebijakan Lingkungan* 15(1):27–38.
- Sekercioglu CH. 2006. Increasing awareness of avian ecological function. *Trends in Ecology & Evolution* 21(8):464–471. <https://doi.org/10.1016/j.tree.2006.05.007>
- Sekercioglu CH, Wenny DG and Whelan CJ. 2022. Why birds matter: Avian ecological function in

changing environments. Trends in Ecology & Evolution 37(4):303–315.
<https://doi.org/10.1016/j.tree.2021.12.006>

Setiyono J, Diniarsih S, Oscilata ENR, Budi NS. (2017). Dragonflies of Yogyakarta. Jenis Capung Daerah Istimewa Yogyakarta. Indonesian Dragonfly Society. Yogyakarta.

Soegiharto, S. (2020). Feeding Guilds Relationship Between Habitat Type and Diversity of Bird Species In Reclamation and Revegetation Sites on Post-Coal Mining Area. JURNAL Penelitian Ekosistem Dipterokarpa 6(2):95-106.

<http://doi.org/10.20886/jped.2020.6.2.95-106>

Taufiqurrahman I, Akbar PG, Purwanto AA, Iqbal M, Wibowo WK, Tirtaningsih FN, Triana DA. 2022. Panduan Lapangan Burung-Burung di Indonesia: Sunda Besar. Birdpecker Indonesia. Batu.

Zhang J, Kissling WD and Böhning-Gaese K. 2022. Functional roles of frugivorous birds in human-modified landscapes. Biological Conservation 268:109488.
<https://doi.org/10.1016/j.biocon.2022.109488>

BIOPRIMING CENDAWAN *DARK SEPTATE ENDOPHYTES* (DSE) UNTUK PENINGKATAN VIABILITAS DAN VIGOR BENIH SENGON

(*Falcataria falcata* (L.) Greuter & R. Rankin)

Biopriming Of Dark Septate Endophytes (Dse) For Enhancing Viability and Vigor of Sengon
Seed (*Falcataria falcata* (L.) Greuter & R. Rankin)

Bestaf Bestareif¹, Luluk Setyaningsih², dan Kurniawati Purwaka Putri^{3*}

^{1,2}Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, Universitas Nusa Bangsa Jl. K.H Shaleh Iskandar, Kota Bogor, Jawa Barat.
Indonesia. Indonesia. 16166

³Pusat Riset Botani Terapan, Organisasi Riset Hayati dan Lingkungan, Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jl. Raya
Bogor, Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16915

Email author : bebesbes9@gmail.com; niapurwaka70@gmail.com; luluk.setya03@gmail.com (Correspondence author)

ABSTRAK

Sengon (*Falcataria falcata*) adalah salah satu tanaman kehutanan berumur cepat yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan banyak dibudidayakan di Indonesia. Namun, tantangan utama yang sering muncul adalah menurunnya viabilitas dan vigor benih akibat proses penyimpanan. Untuk mengatasi hal ini, diterapkan teknologi biopriming menggunakan cendawan *dark septate endophytes* (DSE) sebagai metode invigorasi guna meningkatkan kualitas fisiologis benih. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh teknologi biopriming menggunakan cendawan (DSE) terhadap viabilitas dan vigor benih sengon. (Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan tiga perlakuan, yaitu tanpa DSE (kontrol), DSE isolat CPGS 3, dan DSE isolat S-115, masing-masing diulang sebanyak empat kali. Parameter yang diamati meliputi: daya kecambah, laju perkecambahan, indeks kecepatan perkecambahan, indeks vigor, keserempakan tumbuh, dan kecepatan tumbuh benih. Data dianalisis dengan analisis ragam (ANOVA), dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT). Hasil penelitian menunjukkan bahwa Perlakuan DSE CPGHS-3 dan DSE S-115 telah memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada parameter Daya Kecambah (88-89%) dan Kecepatan Tumbuh Benih (8-9%/etmal), namun pengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap parameter vigor benih lainnya, seperti Laju Perkecambahan, Indeks Kecepatan Perkecambahan, Indeks Vigor, dan Keserempakan Tumbuh Benih. Strain DSE CPGHS-3 cenderung memberikan dampak positif berupa peningkatan pada hampir semua parameter vigor, kecuali Kecepatan Tumbuh Benih yang konstan. Sementara itu DSE S-115 memberikan pengaruh yang bervariasi dengan adanya penurunan vigor benih pada parameter Indeks Vigor dan Keserempakan Tumbuh Benih dibandingkan kontrol. Aplikasi DSE sebagai agen biopriming untuk meningkatkan fisiologis benih perlu memperhatikan kompatibilitas antara strain DSE dengan jenis benih tanaman.

Kata Kunci : biopriming, endofit, isolat, viabilitas, vigor

ABSTRACT

Sengon (*Falcataria falcata*) is one of the fast-growing forestry species with high economic value and is widely cultivated in Indonesia. However, a major challenge often encountered is the decline in seed viability and vigor during storage. To address this issue, biopriming technology using dark septate endophytes (DSE) fungi was applied as an invigoration method to improve the physiological quality of seeds. This study aimed to determine the effect of biopriming technology using DSE fungi on the viability and vigor of sengon seeds. The experimental design used was a Completely Randomized Design (CRD) with three treatments, namely without DSE (control), DSE isolate CPGS 3, and DSE isolate S-115, each replicated four times. The observed parameters included germination percentage, germination rate, germination speed index, vigor index, uniformity of germination, and seedling growth rate. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT). The results of the study showed that the DSE CPGHS-3 and DSE S-115 treatments had a significant effect ($p < 0.05$) on the parameters of Germination Power (88-89%) and Seed Growth Rate (8-9%/etmal), but no significant effect ($p > 0.05$) on other seed vigor parameters, such as Germination Rate, Germination Rate Index, Vigor Index, and Seed Growth Simultaneity. The DSE CPGHS-3 strain tended to have a positive impact in the form of an increase in almost all vigor parameters, except for Seed Growth Rate which was constant. Meanwhile, DSE S-115 had a varying effect with a decrease in seed vigor on the Vigor Index and Seed Growth Simultaneity parameters compared to the control. The application of DSE as a biopriming agent to improve seed physiology needs to pay attention to the compatibility between the DSE strain and the type of plant seed.

Keywords: biopriming, endophytes, isolates, Viability, vigor

I. PENDAHULUAN

Sengon (*Falcataria falcata* Greuter & R. Rankin), anggota famili Fabaceae, merupakan jenis tanaman kayu bernilai ekonomis tinggi yang telah lama dikembangkan di Indonesia. Data menunjukkan bahwa kebutuhan kayu sengon mencapai 500.000 m³ per tahun dengan permintaan pasar yang terus meningkat (Nugroho & Salamah, 2015). Menurut Badan Pusat Statistik (BPS, 2021), produksi kayu sengon terus mengalami peningkatan pada periode 2019–2021. Keunggulan utama sengon adalah termasuk jenis tanaman cepat tumbuh (*fast growing species*), sehingga dapat dipanen dalam jangka waktu kurang dari sepuluh tahun. Indrajaya (2017) melaporkan bahwa riap tahunan rata-ratanya (*Mean Annual Increment / MAI*) dapat mencapai 30 m³/ha/tahun pada umur empat tahun. Kecepatan tumbuh serta tingginya pangsa pasar menyebabkan masyarakat banyak membudidayakan sengon di lahan-lahan milik mereka.

Sengon termasuk jenis dengan karakter benih ortodoks, yaitu mampu disimpan pada kondisi kering dan dingin selama beberapa tahun. Namun demikian, penyimpanan jangka panjang tetap dapat menyebabkan penurunan viabilitas dan vigor benih (kemunduran benih/deteriorasi), meskipun tidak signifikan. Oleh karena itu, diperlukan penerapan teknologi perbenihan yang tepat untuk mempertahankan dan meningkatkan mutu fisiologis benih yang mengalami kemunduran. Salah satu upaya yang dapat dilakukan adalah melalui perlakuan invigorasi benih.

Perlakuan *invigorasi*, seperti teknik *biopriming*, telah dilaporkan mampu meningkatkan mutu benih (Hussain et al., 2019; Houida et al., 2022). Selain itu, *biopriming* juga terbukti dapat meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman (Mudi et al., 2021). Penyediaan benih dan bibit berkualitas sangat diperlukan untuk menunjang keberhasilan program penanaman sengon, terutama karena permasalahan rendahnya viabilitas dan vigor sering dijumpai pada fase

pembibitan. Upaya meningkatkan viabilitas dan vigor bibit sengon menjadi prioritas untuk dilakukan, dan teknologi biopriming dapat menjadi alternatif untuk diaplikasikan.

Biopriming dapat menggunakan agen hayati yang berfungsi meningkatkan kualitas perkecambahan benih, misalnya mikroba pengikat nitrogen atau mikroba penghasil hormon pertumbuhan. Beberapa agen hayati yang pernah dilaporkan mampu meningkatkan kualitas bibit, antara lain: Fungi arbuskula mikoriza, rhizobium (Setyaningsih, 2023), cendawan *dark septate endophytes* (DSE) (Suroño et al. 2020). Cendawan DSE merupakan kelompok endofit yang ditandai dengan pigmentasi hifa berwarna hitam, struktur hifa bersekat (*septate*) yang tersusun dari melanin, serta pembentukan mikrosklerotia di dalam jaringan akar tanaman inang. DSE diketahui mampu meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas berbagai spesies tanaman tanpa menimbulkan gejala patogenik (Jumpponen & Trappe, 1998; Andrade-Linares et al., 2011; Suroño & Narisawa, 2017).

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pengaruh DSE strain CPGHS-3 dan S-115 sebagai biopriming terhadap viabilitas atau daya kecambah dan vigor benih sengon (dengan parameter Laju Perkecambahan, Indeks Kecepatan Perkecambahan, Indeks Vigor, dan Kecerentakan Tumbuh Benih). Diharapkan teknologi ini mampu menghasilkan bibit sengon berkualitas tinggi yang dapat menunjang keberhasilan program penanaman, konservasi, serta reintroduksi spesies ini.

II. METODE PENELITIAN

Tempat penelitian

Penelitian dilaksanakan di Rumah kaca Balai Penerapan Standar Instrumen Lingkungan Hidup dan Kehutanan (BPSILHK) Bogor

Penyiapan biopriming cendawan DSE untuk benih sengon. Isolat DSE yang digunakan merupakan koleksi Laboratorium Indonesia Culture Collection (InaCC) Badan Riset dan Inovasi Nasional. Larutan biopriming DSE dibuat dengan melarutkan miselia dari isolate padat DSE strain CPGS 3, jenis *Knufia* sp. (Putri et al. 2026) dan S-115 dalam aquades dengan konsentrasi 5% (w/v). Benih sengon distrerilisasi permukaannya dengan perendaman dalam larutan Alkohol (70%) dan NaOCl 0,5 % secara bergantian masing-masing selama 1 menit, dan dilanjutkan dengan merendamnya dalam larutan biopriming DSE selama 23 jam pada ruangan (suhu 26-30°C).

Pengecambahan benih sengon. Benih sengon yang telah mendapat perlakuan biopriming dan maupun yang kontrol, dikecambahkan pada media steril (dengan pemanasan dalam autoclave selama 15 menit pada suhu 120°C) campuran pasir : tanah (3:1 v/v), yaitu dengan menaburkan sebanyak 100 butir per ulangan, dan diulang 4 kali ulangan per perlakuan, dalam rumah kaca suhu $29 \pm 5^\circ\text{C}$ dengan kelembapan 60–75%.

Pengamatan pertumbuhan kecambah sengon. Setiap hari dilakukan pengamatan terhadap perkecambahan benih, yaitu benih yang berhasil berkecambah, kecambah normal telah tumbuh sepasang daun yang berkembang sempurna dan sehat, serta jumlah kecambah yang mati. Pengamatan dilakukan sampai tidak ada lagi benih yang berkecambah.

Rancangan percobaan

Penelitian dilakukan menggunakan rancangan percobaan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Perlakuan terdiri atas tiga taraf, yaitu: 1) Kontrol (tanpa DSE), 2) DSE isolat CPGS 3, dan 3) DSE isolat S-115.

Analisa penelitian

Parameter yang diamati meliputi Daya Kecambah (DK), dan Vigor yang terdiri dari: laju perkecambahan (LP), indeks kecepatan perkecambahan (IKP), indeks vigor (IV),

keserempakan tumbuh (KST), dan kecepatan tumbuh (KCT)). Rumus perhitungan parameter tersebut sebagai berikut:

- Daya berkecambah :**

$$DK = \frac{JK}{JC} \times 100\%$$

Keterangan:

DK = Daya kecambah;

JK = Jumlah kecambah normal yang tumbuh;

JC = Jumlah benih yang dikecambahkan

- Laju Perkecambahan (Hari)**

$$LP = \frac{N1T1 + N2T2 + \dots + NxTx}{JB}$$

Keterangan:

LP = Laju perkecambahan;

N = Jumlah benih yang berkecambah;

T = Jumlah waktu antara pengujian awal sampai pengujian akhir pada interval tertentu suatu pengamatan (N1T1 hingga N7T7)

JB = Jumlah benih yang berkecambah.

- Indeks Kecepatan Perkecambahan (IKP)**

$$IKP = \frac{G1}{D1} + \frac{G2}{D2} + \frac{G3}{D3} + \dots + \frac{Gn}{Dn}$$

Keterangan:

IKP = Indeks kecepatan perkecambahan;

G = Jumlah benih yang berkecambah;

D = Waktu yang bersesuaian dengan jumlah tersebut

N = Jumlah hari pada perhitungan akhir

- Indeks Vigor (IV) (%)**

$$IV = \frac{\sum \text{kecambah pada hitungan pertama}}{\sum \text{benih yang ditanam}} \times 100\%$$

- Keserempakan Tumbuh Benih (KST)(%)**

$$KST = \frac{KK}{TB} \times 100\%$$

Keterangan:

KST = Keserempakan tumbuh;

KK = Jumlah biji yang berkecambah pada hari ke-6;
TB = Jumlah biji yang dikecambahkan

- Kecepatan Tumbuh Benih (KCT) (%/etmal)

$$KCT = \sum_{i=1}^n \frac{N_i}{W_i}$$

Keterangan :

Ni = Persentase kecambah normal yang tumbuh pada pengamatan ke-i (%).

Wi = Waktu atau hari pengamatan (etmal) ke-i

Analisis statistik. Data hasil pengamatan dianalisis keragamannya dengan Analisis Ragam (ANOVA) untuk mengetahui adanya pengaruh perlakuan, dan dilanjutkan dengan uji Duncan's Multiple Range Test (DMRT) untuk mengetahui perbedaan antar perlakuan pada taraf kepercayaan 5%. Pengujian tersebut menggunakan instrument SPSS 19.

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Keragaman pengaruh

Hasil Analisa sidik ragam (anova) terhadap seluruh parameter perkecambahan yang diamati menunjukkan bahwa perlakuan aplikasi biopriming DSE memberikan pengaruh secara signifikan ($p < 0.05$) terhadap parameter Daya Kecambah/DK (p-value: 0,32) dan kecepatan tumbuh benih/KCT (p-value: 0,32) . Namun pengaruh tidak signifikan ($p > 0.05$) terhadap Laju Perkecambahan/ LP (p-value: 0,59), Indeks Kecepatan Perkecambahan/IKP (p-value:0,154), Indeks Vigor/IV (p-value:0,81), dan Kesperampakan Tumbuh Benih/KT (p-value:0,195).

Daya Kecambah

Hasil uji daya kecambah menunjukkan adanya pengaruh nyata dari perlakuan biopriming dengan isolate cendawan

DSE terhadap benih sengon. Perlakuan dengan isolat DSE CPGS 3 dan S-115 mampu meningkatkan daya berkecambah dibandingkan dengan kontrol. Rincian data hasil pengamatan ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Daya Kecambah (DK) benih sengon dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Daya Berkecambah (%)	Persentase peningkatan terhadap kontrol (%)
Kontrol	81± 2,42 ^a	-
CPGS 3	88,25±2,25 ^b	+8,95
S-115	89± 0,71 ^b	+9,88

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Berdasarkan hasil uji lanjut (Tabel 1), menunjukkan bahwa perlakuan biopriming isolat DSE berpengaruh terhadap Daya Kecambah (DK) benih sengon secara signifikan lebih tinggi dari pada control, yaitu isolate CPGS-3 dengan DK sebesar 88,25% dan isolate S-115 dengan DK sebesar 89%, atau meningkat masing-masing sebesar 8,95% dan 9,88% dari kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa inokulasi cendawan endofit kedua strain tersebut mampu meningkatkan viabilitas benih sengon. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian Suita et al. (2024) yang melaporkan bahwa penggunaan cendawan DSE pada benih malapari mampu mempertahankan sekaligus meningkatkan daya kecambah benih. Peningkatan ini diduga berkaitan dengan peran DSE dalam menghasilkan metabolit yang mendukung proses perkecambahan, serta membantu mengurangi tekanan fisiologis yang dialami benih selama proses perkecambahan berlangsung (Li X et al. 2019).

Laju Perkecambahan

Laju perkecambahan benih sengon yang diberi perlakuan biopriming dengan cendawan DSE menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol.

Meskipun demikian, terdapat kecenderungan peningkatan nilai laju perkecambahan pada isolat S-115 dibandingkan dengan kontrol. Data hasil pengamatan selengkapnya dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Laju Perkecambahan Benih Sengon dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Laju perkecambahan (Hari)	Persentase peningkatan dibanding kontrol (Hari)
Kontrol	6,897± 0,114 ^a	-
CPGS 3	6,887± 0,113 ^a	+0,15
S-115	6,761± 0,073 ^a	+1,98

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Berdasarkan hasil uji lanjut (Tabel 2), rata-rata laju perkecambahan pada isolat CP GS 3 (6,887 hari) dan S-115 (6,761 hari) relatif sama dengan benih sengon tanpa biopriming (kontrol) (6,897 hari). Persentase peningkatan dibandingkan kontrol hanya sebesar 0,15% pada CP GS 3 dan 1,98% pada S-115. Hal ini mengindikasikan bahwa meskipun viabilitas meningkat, proses percepatan munculnya radikula dan plumula tidak berbeda signifikan. Kemungkinan, faktor genetik sengon dengan dormansi fisiologis serta lingkungan perkecambahan yang relatif seragam menjadi penyebab tidak adanya perbedaan yang mencolok. Menurut Kaya & Rehatta (2013), menyatakan bahwa meskipun cendawan DSE mampu meningkatkan viabilitas benih, pengaruhnya terhadap percepatan laju perkecambahan tidak selalu signifikan. Faktor genetik tanaman serta kondisi lingkungan yang seragam diduga menjadi penyebab minimnya perbedaan laju perkecambahan antara perlakuan dan kontrol.

Indeks Kecepatan Perkecambahan

Indeks kecepatan perkecambahan

benih sengon menunjukkan bahwa perlakuan biopriming dengan cendawan DSE tidak berpengaruh nyata, meskipun terdapat peningkatan nilai rata-rata pada perlakuan CP GS 3 dan S-115 dibandingkan dengan kontrol. Hasil pengamatan mengenai indeks kecepatan perkecambahan secara rinci disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil Indeks Kecepatan Perkecambahan benih sengon dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Indeks Kecepatan Perkecambahan (%)	Persentase peningkatan dibanding kontrol (%)
Kontrol	12,265±0,501 ^a	-
CPGS 3	13,357± 0,498 ^a	+8,90
S-115	13,418±0,215 ^a	+9,40

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Nilai rata-rata indeks kecepatan perkecambahan pada perlakuan DSE CP GS 3 (13,357%) dan S-115 (13,418%) lebih tinggi dibandingkan kontrol (12,265%), dengan peningkatan masing-masing sebesar 8,90% dan 9,40 (Tabel 3). Meskipun peningkatan ini tidak signifikan secara statistik, hal tersebut mengindikasikan adanya potensi pengaruh biopriming terhadap percepatan pertumbuhan awal benih, dengan peran dominannya lebih terlihat pada peningkatan viabilitas dibandingkan vigor awal. Temuan ini selaras dengan hasil penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa meskipun biopriming dapat meningkatkan viabilitas benih, efeknya terhadap percepatan indeks kecepatan perkecambahan tidak selalu signifikan, kemungkinan karena faktor genetik benih dan kondisi lingkungan yang mempengaruhi proses perkecambahan secara keseluruhan (Suita et al., 2024).

Indeks Vigor

Indeks vigor perkecambahan sengon tidak berbeda secara signifikan ($p>0.05$) oleh

perlakuan biopriming dengan cendawan DSE. Nilai indeks vigor kecambah sengan berkisar antara 8 – 9%. Hasil Analisa indeks vigor disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Indeks Vigor benih sengan dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Indeks Vigor (%)	Persentase peningkatan dibanding kontrol (%)
Kontrol	9,0000± 2,160 ^a	-
CPGS 3	9,5000± 1,323 ^a	+5,56
S-115	8,0000± 1,683 ^a	-11,11

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Indeks vigor yang lebih tinggi mencerminkan kemampuan benih untuk tumbuh lebih seragam dan beradaptasi lebih baik, sehingga meningkatkan kualitas pertumbuhan pada tahap awal. Penggunaan biopriming strain CP GS 3 meningkatkan tidak signifikan nilai Indeks Vigor perkecambahan benih sengan sebesar 5,56%. Sedangkan strain DSE S-115 justru menurunkannya sebesar 11,11% dari kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa benih yang diberi perlakuan biopriming strain CP GS 3 mampu mempertahankan vitalitasnya dalam kondisi perkecambahan, namun tidak demikian jika diinokulasi strain DSE S-115.

Keserempakan Tumbuh Benih

Selain indeks vigor, parameter lain yang diamati adalah keserempakan tumbuh benih. Data hasil pengamatan terhadap keserempakan tumbuh benih sengan setelah diberi perlakuan biopriming dengan cendawan DSE disajikan pada Tabel 5.

Tabel 5. Keserempakan Tumbuh Benih sengan dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Keserempakan Tumbuh Benih (%)	Persentase peningkatan dibanding kontrol (%)
Kontrol	28,750±4,028 ^a	-
CPGS 3	28,750± 4,497 ^a	0,00

S-115 19,250± 3,010^a -33,04

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Benih sengan yang mendapat perlakuan biopriming dengan DSE CP GS 3, mempunyai keserempakan tumbuh yang sama dengan benih tanpa DSE. Sedangkan penggunaan DSE S-115 menurunkan keserempakan tumbuh benih sengan walau tidak berbeda signifikan sebesar 33 %. Keserempakan tumbuh yang baik sangat penting dalam kegiatan persemaian, karena dapat mempermudah perawatan dan meningkatkan efisiensi penggunaan lahan serta input produksi. Kondisi ini nampaknya tidak sejalan dengan laporan penelitian penelitian Suita et al. (2024) yang menyatakan bahwa DSE berperan dalam meningkatkan konsistensi dan seragaman pertumbuhan bibit melalui interaksi simbiotik yang memperbaiki penyerapan nutrisi dan kondisi fisiologis benih.

Kecepatan Tumbuh Benih

Performa kecepatan tumbuh benih sengan pada berbagai perlakuan biopriming cendawan DSE ditampilkan pada Tabel 6. Perlakuan biopriming memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap kecepatan tumbuh benih sengan, dengan kisaran 5,4 – 5,9 %/etmal.

Tabel 6. Hasil Kecepatan Tumbuh Benih sengan dengan aplikasi biopriming cendawan DSE

Perlakuan	Kecepatan Tumbuh Benih (%/etmal)	Persentase peningkatan dibanding kontrol (%)
Kontrol	5,400± 0,161 ^a	-
CPGS 3	5,883± 0,150 ^b	+8,89
S-115	5,933± 0,047 ^b	+9,81

Keterangan :

Huruf yang berbeda di belakang angka pada kolom yang sama menunjukkan perbedaan yang nyata atas perlakuan yang di berikan berdasarkan uji duncan pada taraf kesalahan 0,05.

Kecepatan tumbuh benih sengan dengan perlakuan biopriming dengan

cendawan DSE CPGS 3 (5,88%/etmal) secara signifikan meningkat sebesar 8,89% dibandingkan kontrol. Sedangkan biopriming dengan DSE S-115 dapat meningkatkan secara signifikan sebesar 9,81% kecepatan tumbuh benih sengan dari pada kontrol. Kondisi demikian mengindikasikan peran DSE dalam memperbaiki fisiologi benih melalui interaksi simbiotik yang lebih efisien. Kecepatan tumbuh yang lebih baik mencerminkan vigor benih yang lebih tinggi, sehingga benih lebih cepat beradaptasi pada kondisi lingkungan persemaian. Dengan demikian, penggunaan biopriming dengan DSE tidak hanya meningkatkan kecepatan tumbuh tetapi juga meningkatkan kesehatan dan kualitas pertumbuhan awal benih sengan (Devi, et al., 2019).

Berdasarkan hasil penelitian diatas, tampak bahwa DSE strain CPGHS-3 dan S-115, memberikan perbaikan secara nyata terhadap viabilitas atau Daya Kecambah (DK) benih, dengan peningkatan (secara berurut sebesar +8,95% dan +9,88%), dan terhadap parameter vigor Kecepatan Tumbuh (KcT) benih sengan (secara berurut sebesar +8,89 dan +9,81. Kedua strain DSE tersebut juga memberikan perbaikan walau tidak nyata pada beberapa parameter vigor seperti Laju Perkecambahan (secara berurut sebesar 8,90% dan 9,40%) dan Indeks Kecepatan Perkecambahan (secara berurut sebesar 0,15% dan 1,98%). Namun aplikasi DSE S-115 ternyata menyebabkan penurunan terhadap parameter vigor Keserempakan Tumbuh (-33,04%) dan Indeks Vigor (-11,11%) benih sengan. Hasil penelitian ini memberikan gambaran bahwa strain DSE yang berbeda memberikan pengaruh yang berbeda pula terhadap Daya Kecambah dan Vigor benih sengan. Sebagaimana dilaporkan oleh Verma et al. (2022) strain DSE CFS 5 menurunkan daya perkecambahan sorgum, namun justru meningkatkannya jika beraosiasi dengan gandum (*wheat*), kacang arab (*chick pea*) dan kacang tunggak (*cowpea*).

Pengaruh yang berbeda tersebut dapat dikaitkan dengan kompatibilitas antara variasi strain endofit dan benih inang (Yuniarti et al. 2025). Perbedaan pengaruh tersebut juga dapat disebabkan oleh kondisi sekresi fitohormon. Secara umum DSE dapat mengubah keseimbangan hormon IAA dan ABA dalam merangsang aktifitas meristem akar, namun strain DSE secara spesifik mempunyai kemampuan yang tidak sama hingga menyebabkan perbedaan panjang hipokotil dan laju pertumbuhan bibit (Wang et al. 2022).

Strain DSE CPGHS-3 secara konsisten dapat meningkatkan daya kecambah dan parameter vigor benih sengan. Perbaikan perkecambahan dan vigor benih sengan oleh DSE dapat dikaitkan dengan keberadaan DSE strain tersebut yang dapat membantu terjadinya keseimbangan hormone internal benih dengan menekan hormon penghambat perkecambahan (seperti ABA) dan memberikan dukungan giberelin dalam memecah dormansi benih (Ye et al. 2016). Metabolik ekstraseluler seperti, calycosin 7-galaktosida, yang dihasilkan DSE dapat menstimulasi ketersediaan nutrisi untuk peningkatan pertumbuhan benih (Wang et al. 2022). Fenomena ini konsisten dengan penelitian sebelumnya yang menyatakan bahwa biopriming menggunakan agen hayati seperti DSE dan *Trichoderma* dapat meningkatkan vigor dan viabilitas benih melalui produksi metabolit aktif dan hormon pertumbuhan, seperti auksin, yang mempercepat pembelahan dan pemanjangan sel pada benih (Elita et al. 2023).

Strain DSE S-115 tidak konsisten dalam memberikan pengaruh terhadap perkecambahan benih sengan, bahkan cenderung menurunkan parameter vigor Indeks vigor dan Keserempakan Tumbuh benih sengan. Diduga terdapat variasi tingkat kolonisasi DSE pada benih, sehingga terjadi ketidakseragaman hifa DSE dalam melakukan penetrasi dalam jaringan benih. Benih yang terkolonisasi awal akan tumbuh lebih cepat dan sebaliknya. Selain itu, pernah

dilaporkan pula bahwa adanya distribusi pemanfaatan karbon dan energi endosperm benih oleh endofit tidak merata antar benih dapat menyebabkan adanya perbedaan waktu pecah benih. Pengaruh negatif DSE dapat dikaitkan dengan kolonisasi DSE tertentu yang agresif pada fase awal, menyebabkan penyerapan cadangan makanan internal benih (pada endosperm atau kotiledon) sebelum benih dapat melakukan fotosintesis. Pengalihan energi tersebut dapat menghambat laju pemanjangan awal hipokotil atau akar kecambah pada fase awal pembibitan sehingga terjadi penurunan vigor benih (Harsonowati et al. 2026).

KESIMPULAN

Perlakuan biopriming DSE CPGHS-3 dan DSE S-115 telah memberikan pengaruh nyata ($p < 0,05$) pada parameter Daya Kecambah (88-89%) dan Kecepatan Tumbuh Benih (8-9%/etmal) benih sengan, namun pengaruh tidak nyata ($p > 0,05$) terhadap parameter vigor benih lainnya, seperti Laju Perkecambahan, Indeks Kecepatan Perkecambahan, Indeks Vigor, dan Kecerentakan Tumbuh Benih. Strain DSE CPGHS-3 cenderung memberikan dampak positif berupa peningkatan pada hampir semua parameter vigor, kecuali Kecepatan Tumbuh Benih yang konstan. Sementara itu DSE S-115 memberikan pengaruh yang bervariasi, meningkatkan daya kecambah dan beberapa parameter vigor, namun juga menurunkan Indeks Vigor hingga 33,04% dan menurunkan Kecerentakan Tumbuh Benih hingga 11,11% dibandingkan kontrol. Aplikasi DSE sebagai agen biopriming untuk meningkatkan fisiologis benih perlu memperhatikan kompatibilitas antara strain DSE dengan jenis benih tanaman. Penelitian ini belum memantau pengaruh perbedaan kepadatan isolat endofit dan keragaman reaksi metabolik oleh strain DSE yang diaplikasikan.

SARAN

1. Hasil penelitian ini dapat digunakan

sebagai dasar penelitian lanjutan mengenai konsentrasi isolate cendawan DSE yang optimal untuk diinokulasi pada benih sehingga memperoleh hasil yang stabil pada semua parameter vigor dan viabilitas benih.

2. Perlu dilakukan pengujian ditingkat bibit untuk mengetahui efektivitas cendawan DSE dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman sengan hingga tahap lanjut.
3. Teknologi biopriming dengan cendawan DSE dapat dikembangkan sebagai metode alternatif untuk meningkatkan kualitas benih tanaman kehutanan.

DAFTAR PUSTAKA

- Andrade-Linares DR, Grosch R, Restrepo S, Krumbein A, Franken P. (2011). Effects of dark septate endophytes on tomato plant performance. *Mycorrhiza*, 21:413–422. doi:10.1007/s00572-010-0351-1
- Badan Pusat Statistik (BPS). (2021). Statistik Perusahaan Pembudidayaan Tanaman Kehutanan 2011 – 2021. Cahyo, A. N. (2021). Peranan dark septate endophyte dalam budidaya tanaman. *Journal Galung Tropika*, 10(2), 274-282.
- Devi, K. S., Devi, P. S., Sinha, B., Singh, L. N.K., Chanu, W. T., Maibam, N., & Devi, H.C. (2019). Effects of bio priming of rice seeds with native *Trichoderma* spp. isolated from rice rhizospheric soil. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*, 8(4): 1968-1971. DOI:https://www.phytojournal.com/archives/2019/vol8issue4/PartAG/8-4-348-845.pdf
- Elita Nelson, Eka Susila, Deliana Andam Sari, dan Ayu Kurnia Illahi. (2023). Uji Peningkatan Perkecambahan dan Vigor Benih Padi Varietas Junjuang dengan Isolat *Trichoderma* spp. Indigenous. *Jurnal Agrikultura* 2023, 34 (3): 358-368 ISSN 0853-2885
- Hussain, S., Khaliq, A., Ali, S., & Khan, I. (2019). Physiological, Biochemical, and molecular aspects of seed priming bt - priming and pretreatment of seeds and seedlings: implication in plant stress tolerance and enhancing productivity in crop plants. *Priming and Pretreatment of Seeds and Seedlings*, 43–62. https://doi.org/10.1007/978-981-13-8625-1_3.
- Houida, S., Yakkou, L., Kaya, L. O., Bilen, S., Fadil, M., Raouane, M., Harti, A. El, & Amghar, S. (2022). Biopriming of maize seeds with plant growth-promoting bacteria isolated from the earthworm *Aporrectodea molleri*: effect on seed germination and seedling growth. *Letters in*

- Applied Microbiology. <https://doi.org/10.1111/LAM.13693>.
- Hartanto, R. (2011). Budi Daya Sengon: Potensi dan Prospek dalam Pengembangan Industri Kayu Cepat Tumbuh. Penebar Swadaya
- Harsonowati Wiwiek, Baswarsati, Arinal Haq Izzawati Nurrahma, and Rashid Iqbal. (2026). Review on synergistic interactions of dark septate endophyte in promoting plant growth and drought resilience in the era of climate change IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 1584 (2026) 012026. ICFAS-2025. IOP Publishing. doi:10.1088/1755-1315/1584/1/012026
- Indrajaya. Y. (2017). Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea Vol. 6 No.2, Agustus 2017: 147 - 156.
- Jumpponen A, and Trappe JM. (1998). Dark septate endophytes: a review of facultative biotrophic root-colonizing fungi. New Phytol. 140:295-310.
- Kaya, M. E., & Rehata, H. (2013). Pengaruh perlakuan pencelupan dan perendaman terhadap perkecambahan benih sengon (*Paraserianthes falcata* L.). *Agrologia*, 2(1), 10-16.
- Li X, He XL, Zhou Y, Hou YT, Zuo YL. (2019). Effects of Dark Septate Endophytes on the Performance of *Hedysarum scoparium* Under Water Deficit Stress Front. Plant Sci., 11 July 2019. Volume 10 – 2019. doi:10.3389/fpls.2019.00903.
- Mudi. L., Muhidin. Rakian. T.C., Sutariati. G.A.K., Leomo. S., & Yusuf, D.N. (2021). Effectivity of *Pseudomonas fluorescens* TBT214 in increasing soybean seed quality in different seed vigor. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science, 807 (2021) 042069. doi:10.1088/1755-1315/807/4/042069
- Nugroho, T.A. dan Z. Salamah. (2015). Pengaruh Lama Perendaman dan Konsentrasi Biji Sengon (*Paraserianthes falcata* L.). JUPEMASI-PBIO, Vol. 9 No. 3.
- Putri Kurniawati Purwaka, Dede J. sudrajata, Yulianti, Surono, Irvan Fadli Wanda, Irfan Martiansyaha, Mutiara K. Pitalokaa, Ivan Permana Putra and Sri Wilarso Budi. (2026). Dark septate endophytic fungi of *Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser and their potency for improving the seedling morphophysiological traits. Forest science and technology-issn 2158-0715, 2026, Vol. 22, no. 1, 202–216. <https://doi.org/10.1080/21580103.2025.2570357>
- Sharma, I., Raina, A., Choudhary, M., Kaul, S., & Dhar, M.K. (2023). Fungal endophyte bioinoculants as a green alternative towards sustainable agriculture. Heliyon, 9, Article e19487. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2023.e19487>
- Setyaningsih, Luluk. 2023. Reforestation in the reclamation area of Pongkor gold mining. Jurnal Sains Natural 13 (2023)212-220. <https://doi.org/10.31938/jsn.v13i4.649>
- Suita, E., Priatna, D., Sudrajat, D. J., Surono, S., & Purwanto, Y. A. (2024). Pengaruh Ultrafine Bubbles dan Dark Septate Endophytes terhadap Pertumbuhan Bibit Malapari (*Pongamia pinnata*): Effect of Ultrafine bubbles and Dark Septate Endophytes on the Seedling Growth of Malapari (*Pongamia pinnata*). *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 21(2), 101-114. <https://doi.org/10.59465/jpht.v21i2.383>
- Surono, Narisawa K. (2020). The cellulolytic activity and symbiotic potential of dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* to promote non-mycorrhizal plants growth. IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 648 012165.
- Surono, Narisawa K. (2017). The dark septate endophytic fungus *Phialocephala fortinii* is a potential decomposer of soil organic compounds and a promoter of *Asparagus officinalis* growth. Fungal Ecol. 28, 1–10. doi: 10.1016/j.funeco.2017.04.001
- Surono, Yulianti, Putri, K. P., Sudrajat, D.J., Nugraheni, Y. M. M. A., Sriherwanto, C., Syabana, M. A., Widyani, N., Yuniarti, N., Zanzibar, M., Rustam, E., & Sianturi, R. U. D. (2024). Dark septate endophytes symbiosis in *Falcata moluccana* and its potency for forest and landscape restoration. Global Journal of Environmental Science and Management, 10(SI), 19–36. <https://doi.org/10.22034/gjesm.2024.SI.02>
- Verma P, Hiremani NS, Gawande SP, Sain SK, Nagrale DT, Narkhedkar NG, Prasad YG. Modulation of plant growth and antioxidative defense system through endophyte biopriming in cotton (*Gossypium* spp.) and non-host crops. Heliyon. 2022 May 21;8(5):e09487. doi: 10.1016/j.heliyon.2022.e09487. PMID: 35663737; PMCID: PMC9157003.
- Yuniarti, N., Sudrajat, D. J., Yulianti, Zanzibar, M., Nurhasybi, Putra, K. P., Widyani, N., Nugraheni, Y. M. M. A., Rustam, E., Ramayanti, R. U., Surono, Mindawati, N., Yuskianti, N., & Haneda, N. F. (2025). Storage behavior and improving seed and seedling quality of the endangered tree species, *Agathis borneensis* Warb., using biopriming treatments. Forest Science and Technology, 1–3. <https://doi.org/10.1080/21580103.2025.2550465>
- Wang Shuhui, Yinli Bi, Wenzhi Quan, Peter Christie. (2022). Growth and metabolism of dark septate endophytes and their stimulatory effects on plant growth. Fungal Biology Volume 126, Issue 10, 2022, Pages 674-686. ISSN 1878-6146. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2022.08.006>

KEANEKARAGAMAN DAN DOMINANSI ANGGREK ALAM DI HUTAN MANDU-MANDULA, TAMAN NASIONAL RAWA AOPA WATUMOHAI, SULAWESI TENGGARA

Diversity And Dominance Of Wild Orchids In Mandu-Mandula Forest,
Rawa Aopa Watumohai National Park, Southeast Sulawesi

Mariana Zainun^{*1}, La Panga Mpalasi², Alamsyah Flamin³, Agus Setiawan⁴, Muhammad Saleh Qadri⁵,
Baharuddin Dwi Isnanto⁶.

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan Dan Ilmu Lingkungan, Universitas Halu Oleo, JL. H.E.A. Mokodompit
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kel. Laloraha, Kendari, Sulawesi Tenggara.

Korespondensi e-mail : marianazainun@uho.ac.id

²Jurusan Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Teknologi Pertanian, Universitas Sulawesi Tenggara, Jl. Kapten Piere
Tendean, No. 109, Kel. Baruga, Kendari, Sulawesi Tenggara.

e-mail : ir.lapanga61@gmail.com

³Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan Dan Ilmu Lingkungan, Universitas Halu Oleo, JL. H.E.A. Mokodompit
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kel. Laloraha, Kendari, Sulawesi Tenggara.

e-mail : alamsyah.flamin@uho.ac.id

⁴Jurusan Kehutanan, Fakultas Kehutanan Dan Ilmu Lingkungan, Universitas Halu Oleo, JL. H.E.A. Mokodompit
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kel. Laloraha, Kendari, Sulawesi Tenggara.

e-mail : agus.setiawan@uho.ac.id

⁵Jurusan Ilmu Lingkungan, Fakultas Kehutanan Dan Ilmu Lingkungan, Universitas Halu Oleo, JL. H.E.A. Mokodompit
Kampus Hijau Bumi Tridharma, Kel. Laloraha, Kendari, Sulawesi Tenggara.

e-mail : msalehqadri@uho.ac.id

⁶Jurusan Kehutanan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Kendari, Kendari, Sulawesi Tenggara.

Diterima : 26 Juni 2026

Direvisi : 29 Juni 2026

Disetujui : 28 Juli 2026

ABSTRAK

Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai (TNRAW) di Sulawesi Tenggara merupakan kawasan konservasi strategis yang mewakili ekosistem Wallacea dengan potensi floristik tinggi, namun data dasar mengenai keanekaragaman anggrek alam di kawasan ini masih sangat terbatas. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi komposisi jenis dan menganalisis struktur komunitas anggrek alam di Hutan Mandu-Mandula, TNRAW, Sulawesi Tenggara. Penelitian dilaksanakan pada Februari-Maret 2025 di kawasan seluas ±47 ha menggunakan metode eksplorasi 100% dengan teknik jelajah (*cruising method*) dan *purposive sampling*. Identifikasi spesies dilakukan melalui metode komparatif dengan validasi taksonomi menggunakan *Plants of the World Online* (POWO) dan *World Flora Online* (WFO). Analisis data meliputi perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) untuk dominansi jenis dan Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H') untuk tingkat keanekaragaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa ditemukan 11 jenis anggrek alam, terdiri atas 10 jenis teridentifikasi hingga tingkat spesies dan 1 jenis hingga tingkat genus (*Dendrobium* sp.), dengan total 920 individu. *Vandopsis lissochiloides* (Gaudich.) Pfitz. mendominasi secara mutlak dengan INP sebesar 76,85%, sementara *Dendrobium discolor* Lindl. menunjukkan kelimpahan terendah (INP = 3,27%). Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener menghasilkan nilai H' = 1,8956 (kategori sedang), namun struktur komunitas menunjukkan ketimpangan ekstrem dengan dominasi mutlak spesies generalis dan kelangkaan spesies spesialis. Dominansi tinggi *V. lissochiloides* dan rendahnya kelimpahan beberapa spesies lain mengindikasikan perlunya strategi konservasi in-situ yang memprioritaskan perlindungan pohon inang, stabilitas mikroklimat kanopi, serta pemantauan populasi berkala untuk mencegah kepunahan lokal spesies-spesies rentan di TNRAW.

Kata kunci: Anggrek Alam, Keanekaragaman Jenis, Dominansi, Konservasi In-situ, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai.

ABSTRACT

*Rawa Aopa Watumohai National Park (TNRAW) in Southeast Sulawesi is a strategic conservation area representing the Wallacea ecosystem with high floristic potential, yet baseline data on wild orchid diversity in this region remains severely limited. This study aims to identify species composition and analyze the community structure of wild orchids in Mandu-Mandula Forest, TNRAW, Southeast Sulawesi. The research was conducted from February to March 2025 in an area of approximately 47 ha using 100% exploration method with cruising technique and purposive sampling. Species identification was performed through comparative methods with taxonomic validation using Plants of the World Online (POWO) and World Flora Online (WFO). Data analysis included Importance Value Index (IVI) calculation for species dominance and Shannon-Wiener Diversity Index (H') for diversity levels. The results revealed 11 species of wild orchids, comprising 10 identified to species level and 1 to genus level (*Dendrobium* sp.), with a total of 920 individuals. *Vandopsis lissochiloides* (Gaudich.) Pfitz. showed absolute dominance with IVI of 76.85, while *Dendrobium discolor* Lindl. exhibited the lowest abundance (IVI = 3.27). The Shannon-Wiener diversity index yielded $H' = 1.8956$ (moderate category), yet the community structure demonstrated extreme inequality with absolute dominance by generalist species and rarity of specialist species. The high dominance of *V. lissochiloides* and low abundance of several other species indicate the need for in-situ conservation strategies prioritizing host tree protection, canopy microclimate stability, and regular population monitoring to prevent local extinction of vulnerable species in TNRAW.*

Keywords: Wild Orchids, Species Diversity, Dominance, In-situ Conservation, Rawa Aopa Watumohai National Park

I. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan salah satu negara dengan tingkat keanekaragaman hayati tertinggi di dunia (*megabiodiversity country*), yang memiliki kekayaan flora dan fauna melimpah serta tersebar pada berbagai tipe ekosistem, di mana *famili Orchidaceae* menjadi salah satu penyusun utama flora hutan hujan tropisnya. Secara ekologis, anggrek alam (*wild orchids*) memainkan peran krusial dalam menjaga keseimbangan ekosistem hutan. Sebagian besar anggrek tropis memiliki *habitus epifit*, yang berarti keberlangsungan hidupnya sangat bergantung pada ketersediaan pohon inang dan stabilitas mikroklimat kanopi, seperti intensitas cahaya, suhu, dan kelembapan udara (Winkler & Zotz, 2021). Karena sensitivitasnya yang tinggi terhadap fluktuasi lingkungan, komunitas anggrek epifit sering kali digunakan sebagai bioindikator yang efektif untuk menilai kesehatan dan tingkat gangguan pada suatu ekosistem hutan (Ghavami et al., 2021).

Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai (TNRAW) di Sulawesi Tenggara merupakan kawasan konservasi strategis yang mewakili ekosistem hutan dataran rendah, rawa, dan pegunungan di kawasan *Wallacea*. Kawasan ini

memiliki potensi floristik yang tinggi, termasuk berbagai jenis anggrek endemik dan langka. Hutan Mandu-Mandula, yang merupakan salah satu hutan di dalam kawasan TNRAW, memiliki struktur kanopi yang rapat dan karakteristik mikroklimat yang khas, sehingga diduga kuat menjadi habitat yang sesuai bagi berbagai spesies anggrek epifit. Namun, meskipun kawasan ini memiliki nilai konservasi yang tinggi, data dasar (*baseline data*) mengenai komposisi, struktur komunitas, dan tingkat keanekaragaman jenis anggrek alam di Hutan Mandu-Mandula masih sangat terbatas dan belum terdokumentasi secara komprehensif dalam literatur ilmiah terkini (Kurniawan et al., 2021).

Meskipun kawasan *Wallacea*, termasuk Sulawesi, dikenal memiliki kekayaan flora endemik yang tinggi, penelitian spesifik mengenai komposisi dan struktur komunitas anggrek di Sulawesi Tenggara masih sangat terbatas. Sebagian besar studi anggrek di Sulawesi berfokus pada kawasan Sulawesi Utara dan Sulawesi Tengah (Riandinata et al., 2022; Sulistiarini et al., 2022), sementara data dari Sulawesi Tenggara-khususnya di Hutan Mandu-Mandula dalam TNRAW - hampir tidak

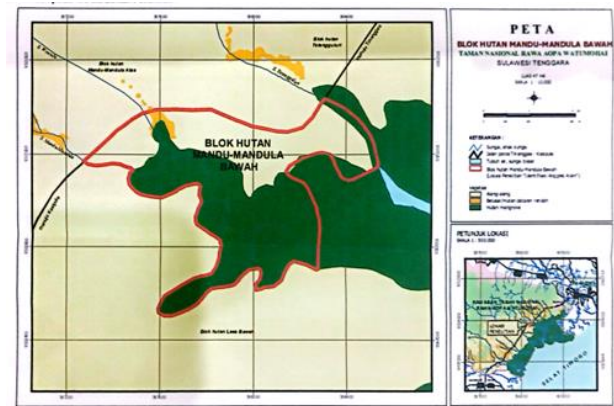
tersedia dalam literatur ilmiah terkini. Ketiadaan data komprehensif mengenai komposisi jenis, pola dominansi, dan asosiasi anggrek dengan pohon inang di kawasan ini menjadi kendala signifikan dalam penyusunan strategi manajemen konservasi. Tanpa pemahaman yang jelas mengenai spesies apa saja yang ada, seberapa besar tingkat keanekaragamannya, dan spesies mana yang berstatus langka atau mendominasi, upaya pelestarian in-situ akan sulit dilakukan secara terarah dan efektif. Selain itu, tekanan antropogenik seperti perubahan iklim mikro akibat degradasi hutan di sekitar kawasan penyangga berpotensi menggeser komunitas anggrek, di mana spesies generalis akan mendominasi dan spesies spesialis terancam mengalami kepunahan lokal. (Winkler & Zotz, 2021).

Berdasarkan urgensi tersebut, penelitian mengenai identifikasi dan analisis struktur komunitas anggrek di lokasi ini menjadi sangat mendesak untuk dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi jenis-jenis anggrek alam dan menganalisis tingkat keanekaragaman jenisnya di Hutan Mandu-Mandula, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai. Hasil dari penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data dasar ilmiah yang akurat sebagai landasan dalam upaya konservasi dan manajemen biodiversitas anggrek di kawasan TNRAW.

II. METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Hutan Mandu-Mandula, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai (TNRAW), Sulawesi Tenggara, pada Februari-Maret 2025. Lokasi penelitian memiliki luas kawasan sekitar 47 Ha dengan karakteristik hutan dataran rendah, rawa, dan perbukitan.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

Desain Pengambilan Data dan Inventarisasi

Pengambilan data menggunakan metode eksplorasi 100% dengan teknik jelajah anggrek (*cruising method*) di seluruh area penelitian seluas 47 Ha. Jalur pengamatan (*transect*) dibuat menyesuaikan kontur lapangan dengan lebar jalur 20 meter ke kanan dan kiri pengamat. Seluruh anggrek yang ditemukan dalam jalur pengamatan diamati, dicatat jumlah individunya, dan diukur parameter ekologi.

Definisi individu anggrek dalam penelitian ini adalah satu rumpun atau koloni yang tumbuh pada satu titik tempel (pohon inang) atau substrat yang sama, dengan jarak lebih dari 5 meter antar rumpun untuk menghindari bias penghitungan duplikasi genet (klonal). Maka Jarak antarplot ditetapkan untuk meminimalkan bias akibat penghitungan berulang terhadap individu yang berasal dari genet (klon) yang sama, sehingga data yang diperoleh lebih akurat dalam merepresentasikan kondisi populasi di lapangan.

Frekuensi kehadiran anggrek ditentukan berdasarkan jumlah plot pengamatan (jalur) di mana spesies tersebut ditemukan dibagi dengan total keseluruhan jalur pengamatan.

Identifikasi Spesies

Identifikasi anggrek dilakukan menggunakan metode komparatif melalui pencocokan karakter morfologi (akar, batang, daun, bunga, dan buah) dengan spesimen di Kebun Koleksi Anggrek Lanowulu serta literatur ilmiah yang relevan (Steenis, 1972; Tjitrosoepomo, 1993; Parnata, 2007). Nama ilmiah divalidasi melalui basis data *Plants of the World Online* (POWO) dan *World Flora Online* (WFO). Nama lokal diperoleh melalui wawancara dengan petugas TNRAW dan masyarakat setempat.

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis secara deskriptif kuantitatif. Untuk mengetahui dominansi jenis, dilakukan perhitungan Kerapatan (K), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi (F), Frekuensi Relatif (FR), dan Indeks Nilai Penting (INP) menggunakan rumus berikut (Annisa et al., 2025; Fachrul, 2007):

Rumus 1 : Kerapatan (K)

$$K = \frac{\text{Jumlah Suatu Jenis}}{\text{Luas Area Penelitian}}$$

Rumus 2 : Kerapatan Relatif (KR) =

$$KR = \frac{\text{Kerapatan Suatu Jenis}}{\text{Kerapatan Seluruh Jenis}} \times 100\%$$

Rumus 3 : Frekuensi (F)

$$F = \frac{\text{Jumlah Jalur Ditemukan Suatu Jenis}}{\text{Jumlah Seluruh Jenis}}$$

Rumus 4 : Frekuensi Relatif (FR)

$$FR = \frac{\text{Frekuensi Suatu Jenis}}{\text{Frekuensi Seluruh Jenis}} \times 100\%$$

Rumus 5 : Indeks Nilai Penting (INP)

$$INP = KR + FR$$

Dominansi dan Dominansi Relatif tidak dihitung karena anggrek termasuk jenis tumbuhan bawah/epifit (Fadilah, 2004).

Analisis tingkat keanekaragaman dihitung berdasarkan persamaan Shannon-Wiener (Adelina et al., 2016):

$$H' = - \sum_{i=1}^s p_i \log_e p_i$$

$$p_1 = \frac{n_1}{N}$$

Dimana :

H' = nilai Indeks Keanekaragaman Shannon dan Wiener

P = proporsi antara individu jenis

Loge = logaritma alami p_1

S = jumlah jenis dalam komunitas

Ni = jumlah Indeks Nilai Penting (INP) suatu jenis

N = jumlah Indeks Nilai Penting (INP) individu seluruh jenis

Kualitas keanekaragaman (H') diklasifikasikan berdasarkan skala Odum (1971) dan Fachrul (2007) yaitu :

1. Buruk : < 0,75
2. Kurang : 0,75 - 1,50
3. Sedang : 1,51 - 2,25
4. Cukup : 2,26 - 3,00
5. Baik : > 3,00

III. HASIL DAN PEMBAHASAN

Jenis-jenis Anggrek Alam di Hutan Mandu-Mandula Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara.

Berdasarkan hasil identifikasi, di Hutan Mandu-Mandula, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, Sulawesi Tenggara, ditemukan sebanyak 11 jenis anggrek alam.

1. *Aerides odorata* Lour. (Anggrek lilin).

Aerides odorata Lour Merupakan epifit monopodial dengan daun berdaging dan bunga waxy beraroma kuat. Ditemukan 4 individu (INP = 4,85%) yang menempel pada kulit batang kasar di hutan dataran rendah hingga mangrove. Berstatus sebagai spesialis mikroklimat yang sangat sensitif terhadap fluktuasi kelembapan dan degradasi pohon inang.

2. *Ascocentrum aureum* (Anggrek kebutan mini).

Ascocentrum aureum adalah Epifit miniatur dengan daun sukulen berbercak ungu (adaptasi fotoprotektif) dan bunga kuning-oranye cerah. Ditemukan 8 individu (INP = 3,81%) pada ranting/cabang di area dengan cahaya relatif tinggi. Merupakan spesialis cahaya tinggi yang rentan terhadap naungan kanopi yang terlalu rapat.

3. *Cymbidium finlaysonianum* Lindl. (Anggrek lidah ular).

Cymbidium finlaysonianum merupakan anggrek dengan habitus epifit hingga litofit simpodial berdaun pita panjang kaku dengan infloresensia menggantung >1 meter. Ditemukan 5 individu (INP = 6,43%) pada batang pohon besar atau tebing batu gamping. Berstatus sebagai spesialis habitat dengan persyaratan substrat spesifik, sehingga rentan terhadap gangguan fisik.

4 *Dendrobium crumenatum* Swartz. (Anggrek merpati)

Dendrobium crumenatum adalah anggrek epifit berumbi semu silindris dengan bunga putih yang mekar serentak setelah hujan. Ditemukan 57 individu (INP = 29,73%) pada *Vitex pinnata*, *Corypha utan*, dan *Xylocarpus granatum*. Merupakan generalis ekologis dengan strategi reproduksi efisien dan adaptasi kanopi yang luas.

5. *Dendrobium discolor* Lindl. (Anggrek keriting)

Dendrobium discolor Lindl merupakan anggrek epifit simpodial berdaun tidak rata dengan bunga berumbi dan labellum berbulu halus. Ditemukan hanya 3 individu (INP = 3,27%) di area hutan pantai atau mangrove yang toleran terhadap aerosol garam. Merupakan spesialis pesisir ketat dengan populasi sangat kecil, sehingga sangat rentan terhadap kepunahan lokal (*local extinction*).

6. *Dendrobium* sp. (Anggrek jarum)

Dendrobium sp. dari seksi Aporum merupakan anggrek epifit simpodial berumpun (seksi Aporum) berbatang silindris dan berdaun tebal penyimpan air. Ditemukan 53 individu (INP = 29,29%) pada berbagai inang (*Metrosideros*, *Tristania*, *Xylocarpus*, *Rhizophora*, *Cycas*). Merupakan generalis dengan fleksibilitas substrat tinggi yang mampu bersaing efektif di berbagai relung.

7. *Eria bractescens* Lindl. (Anggrek janur)

Eria bractescens Lindl merupakan anggrek Epifit berumbi semu bulat memanjang dengan daun berbentuk pedang dan bunga tandan menggantung. Ditemukan 44 individu (INP = 12,14%) secara epifit pada *Rhizophora mucronata* dan *Xylocarpus granatum* di habitat teduh. Merupakan spesialis naungan tinggi yang beradaptasi baik dengan kelembapan konsisten hutan dataran rendah.

8. *Luisia tristis* (G.Forst.) Hook.f. (Anggrek tali).

Luisia tristis (G.Forst.) Hook.f. merupakan anggrek epifit monopodial dengan daun silindris memanjang (terete) sebagai adaptasi xeromorfik untuk meminimalkan transpirasi. Ditemukan 7 individu (INP = 9,58%) pada *Vitex pubescens* dan *Xylocarpus granatum* di

relung kanopi yang lebih terbuka. Merupakan spesialis cahaya sedang-tinggi yang toleran terhadap paparan cahaya langsung.

9. *Taeniophyllum tjibodasanum* J.J. S. (Anggrek akar)

Taeniophyllum tjibodasanum J.J.S. merupakan anggrek epifit afil (tanpa daun) yang mengandalkan akar pipih melebar sebagai organ fotosintesis utama. Ditemukan 54 individu (INP = 20,58%) melekat rapat pada kulit batang *Xylocarpus*, *Tristanopsis*, *Rhizophora*, dan liana. Merupakan spesialis relung mikro batang pohon yang sangat bergantung pada iklim mikro sangat lembap dan naungan tinggi.

10. *Thrixspermum arachnites* (Bl.) Rchb.f. (Anggrek loreng)

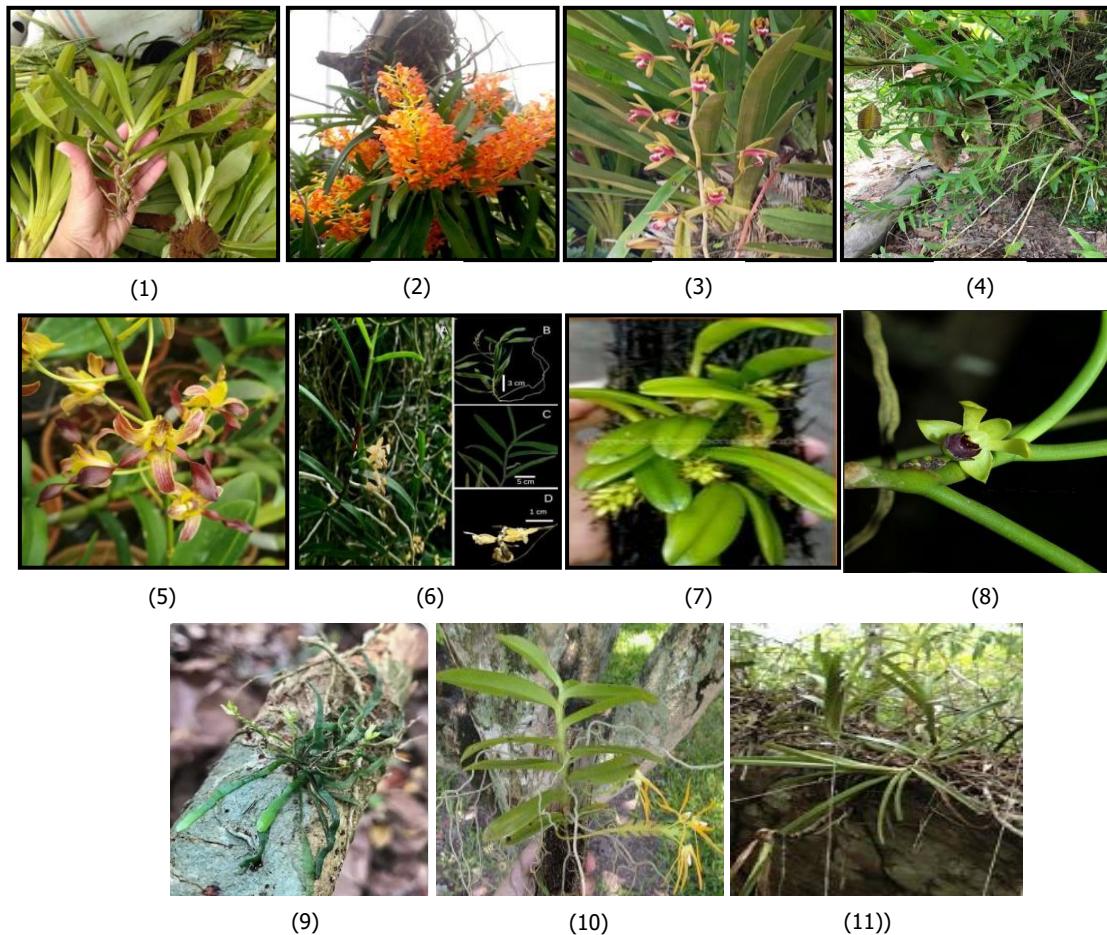
Thrixspermum arachnites (Bl.) Rchb.f. merupakan anggrek epifit monopodial berdaun distikus bermotif loreng (mottled) dengan labellum memanjang menyerupai laba-laba. Ditemukan 5 individu (INP = 3,48%) secara epifit pada *Xylocarpus granatum*. Merupakan spesialis naungan rapat dengan toleransi sempit, sehingga sangat rentan terhadap perubahan struktur kanopi.

11. *Vandopsis lissochiloides* (Gaudich.) Pfitz (Anggrek vanda merah)

Vandopsis lissochiloides (Gaudich.) Pfitz merupakan anggrek epifit hingga litofit monopodial robust berdaun tebal lanset dengan infloresensia panjang dan bunga mencolok. Ditemukan 680 individu (INP = 76,85%) pada berbagai substrat, termasuk permukaan tanah dan epifit pada *Cycas rumphii*. Merupakan generalis superior dengan dominansi mutlak yang memonopoli relung kanopi dan secara efektif menekan kelimpahan spesies lain.

Vandopsis lissochiloides merupakan anggrek epifit hingga litofit monopodial yang tumbuh robust (kekar) dengan daun tebal berbentuk lanset dan infloresensia panjang yang menghasilkan bunga besar berwarna mencolok, sebuah adaptasi morfologis yang efektif untuk menarik polinator visual di kanopi hutan (Winkler & Zotz, 2021). Spesies ini memiliki amplitudo ekologis yang sangat luas (generalis), memungkinkannya beradaptasi pada berbagai substrat dan iklim mikro di hutan dataran rendah tropis hingga ekosistem pesisir (Kurniawan et al., 2021). Di Hutan Mandu-Mandula, *V. lissochiloides* menunjukkan dominansi mutlak yang luar biasa dengan total 680 individu (menguasai 73,91% frekuensi kemunculan) dan Indeks Nilai Penting (INP) mencapai 76,85%. Dominasi ekstrem ini secara ekologis merefleksikan vigor pertumbuhan yang tinggi, efisiensi reproduksi, dan kemampuan kompetitifnya yang superior dalam memonopoli relung kanopi, sehingga secara efektif menekan kelimpahan spesies anggrek lain yang memiliki toleransi ekologis lebih sempit (Ghavami et al., 2021). Di Hutan Mandu-Mandula, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, anggrek ini ditemukan tumbuh berkelompok di permukaan tanah maupun sebagai epifit pada *Cycas rumphii* Miq. (pakis haji), dengan periode pembungaan hampir sepanjang tahun.

Hasil inventarisasi pada areal penelitian seluas 47 Ha mencatat 11 jenis anggrek alam, terdiri atas 10 jenis yang teridentifikasi hingga tingkat spesies dan 1 jenis hingga tingkat genus (Tabel 1).



Gambar 2. Foto Jenis-Jenis Anggrek di Kawasan Hutan Mandu-Mandula Taman Nasional Rawa Opa Watumohai (Nama Spesies Sesuai dengan No Urut di Marfologi diatas)

Keterangan Gambar : (1) *Aerides odorata* Lour ; (2) *Ascocentrum aureum*; (3) *Cymbidium finlaysonianum* Lindl; (4) *Dendrobium crumenatum* Swartz; (5) *Dendrobium discolor* Lindl.; (6) *Dendrobium* sp.; (7) *Eria bratescens* Lindl.; (8) *Luisia tristis* (G.Forst.) Hook.f.; (9) *Taeniophyllum tjibodasanum* J.J. S.; (10) *Thrixspermum arachnites* (Bl.) Rehb.f.; (11) *Vandopsis lissochiloides* (Gaudich.) Pfitz.

Tabel 1. Jenis-jenis Anggrek Alam yang Ditemukan di Blok Hutan Mandu-Mandula Bawah Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Sulawesi Tenggara

No.	Nama Ilmiah	Nama Lokal	Jumlah	Sifat Tumbuh	Deskripsi Habitat
1	<i>Aerides odorata</i> Lour	Anggrek lilin	4	Epifit	Hutan dataran rendah lembap, hutan hujan, mangrove, dan hutan sekunder
2	<i>Ascocentrum aureum</i>	Anggrek kebutan mini	8	Epifit	Hutan dataran rendah yang hangat
3	<i>Cymbidium finlaysonianum</i> Lindl	Anggrek lidah ular	5	Epifit / Litofit	Pepohonan besar, tebing, dan batuan kapur di wilayah tropis basah.
4	<i>Dendrobium crumenatum</i> Swartz	Anggrek merpati	57	Epifit	Hutan dataran rendah kering dan tempat teduh pada batang pohon di hutan selalu hijau

No.	Nama Ilmiah	Nama Lokal	Jumlah	Sifat Tumbuh	Deskripsi Habitat
5	<i>Dendrobium discolor</i> Lindl	Anggrek keriting	3	Epifit / Litofit	Area pesisir, hutan mangrove, atau di belakang bukit pasir
6	<i>Dendrobium</i> sp	Anggrek jarum	53	Umumnya Epifit	Bervariasi tergantung spesies, namun umumnya menempel pada batang atau cabang pohon di hutan
7	<i>Eria bratescens</i> Lindl	Anggrek janur	44	Epifit	Hutan dataran rendah dan hutan pegunungan, serta menempel pada pepohonan
8	<i>Luisia tristis</i> (G Forst.) Hook. f.	Anggrek tali	7	Epifit	Hutan dataran rendah dan pegunungan bawah, serta pada batang pohon di area teduh dan lembap
9	<i>Taeniophyllum tjiwodasanum</i> JJ.Sm.	Anggrek akar	54	Epifit	Hutan hujan hijau abadi, rawa mangrove, dan hutan pesisir
10	<i>Thrixspermum arachnites</i> (Bl.) Rchb.f.	Anggrek loreng	5	Epifit	Hutan campuran selalu hijau tropis dan hutan pegunungan bawah
11	<i>Vandopsis lissochiloides</i> (Gaud.) Pfitz	Anggrek vanda merah	680	Epifit / Litofit / Terrestrial	Dataran rendah tropis basah, hutan pesisir, dan tebing batu gamping
Jumlah			920		

Inventarisasi di Hutan Mandu-Mandula, TNRAW mengidentifikasi 11 jenis anggrek (termasuk *Dendrobium* sp.) dengan total 920 individu yang seluruhnya bersifat epifit, mengindikasikan bahwa struktur kanopi hutan masih baik dan menyediakan mikroklimat yang memadai bagi kompetisi cahaya (Winkler & Zotz, 2021). Namun, struktur komunitas menunjukkan ketimpangan ekstrem: *Vandopsis lissochiloides* mendominasi secara mutlak dengan 680 individu (73,9% populasi), disusul *Dendrobium crumenatum* (57 individu) dan *Taeniophyllum tjiwodasanum* (54 individu), yang secara ekologis merefleksikan monopoli relung kanopi oleh spesies generalis bervigor tinggi di tengah kompetisi ruang dan nutrisi yang ketat (Kurniawan et al., 2021). Sebaliknya, kelangkaan spesies seperti *Dendrobium*

discolor (3 individu) dan *Aerides odorata* (4 individu) mengonfirmasi status mereka sebagai spesialis habitat dengan persyaratan mikroklimat dan asosiasi mikoriza yang sangat spesifik, sehingga populasinya rentan terhadap perubahan lingkungan maupun tekanan antropogenik (Ghavami et al., 2021). Oleh karena itu, strategi konservasi in-situ di TNRAW harus diprioritaskan pada preservasi pohon inang dan stabilitas mikroklimat kanopi guna mendukung kelangsungan hidup spesies-spesies langka tersebut.

Indeks Keanekaragaman Hayati

Berdasarkan hasil perhitungan dominansi jenis anggrek alam di lokasi penelitian diperoleh nilai Kerapatan, Kerapatan Relatif, Frekuensi, Frekuensi Relatif, dan Indeks Nilai Penting pada lokasi penelitian yang dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Dominansi Jenis Anggrek Alam di Blok Hutan Mandu-Mandula Bawah Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Sulawesi Tenggara.

No	Jenis Anggrek	K (/ha)	KR (%)	F	FR (%)	INP
1	<i>Aerides odorata</i> Lour	0,0851	0,4348	0,0714	4,4118	4,8465
2	<i>Ascocentrum aureum</i>	0,1702	0,8696	0,0476	2,9412	3,8107
3	<i>Cymbidium finlaysonianum</i> Lindl	0,1064	0,5435	0,0952	5,8824	6,4258
4	<i>Dendrobium crumenatum</i> Swartz	1,2128	6,1957	0,3810	23,5294	29,7251
5	<i>Dendrobium discolor</i> Lindl	0,0638	0,3261	0,0476	2,9412	3,2673

6	<i>Dendrobium sp</i>	1,1277	5,7609	0,3810	23,5294	29,2903
7	<i>Eria bratescens Lindl</i>	0,9362	4,7826	0,1190	7,3529	12,1355
8	<i>Luisia tristis (G Forst.) Hook. f.</i>	0,1489	0,7609	0,1429	8,8235	9,5844
9	<i>Taeniophyllum tjbodasanum JJ.Sm.</i>	1,1489	5,8696	0,2381	14,7059	20,5754
10	<i>Thrixspermum arachnites (Bl.) Rechb.f.</i>	0,1064	0,5435	0,0476	2,9412	3,4847
11	<i>Vandopsis lissochiloides (Gaud.) Pfitz</i>	14,4681	73,9130	0,0476	2,9412	76,8542
Jumlah		19,5745	100,0000	1,6190	100,0000	200,0000

Keterangan : K = Kerapatan; KR = Kerapatan Relatif; F = Frekuensi; FR = Frekuensi Relatif; INP = Indeks Nilai Penting

Analisis struktur komunitas berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) mengungkap pola dominansi yang sangat timpang di Hutan Mandu-Mandula. *Vandopsis lissochiloides* mendominasi secara mutlak (INP = 76,85%; Frekuensi = 73,91%), mengindikasikan bahwa spesies generalis ini memiliki amplitudo ekologis yang luas dan kemampuan kompetitif yang superior dalam memperebutkan relung kanopi (Winkler & Zotz, 2021). Posisi sub-dominan ditempati oleh *Dendrobium crumenatum* (INP = 29,73%) dan *Dendrobium sp.* (INP = 29,29%), yang kelimpahannya secara ekologis sering kali dikaitkan dengan strategi reproduksi dan efisiensi penyebaran bijinya (Ghavami et al., 2021).

Tingginya dominansi *V. lissochiloides* secara ekologis menekan kelimpahan spesies lain, menyisakan beberapa jenis seperti *Aerides odorata*, *Dendrobium discolor*, dan *Thrixspermum arachnites* dengan INP yang sangat rendah (< 5%). Kelangkaan ini mengindikasikan bahwa spesies-spesies tersebut berstatus sebagai spesialis habitat dengan persyaratan mikroklimat dan asosiasi mikoriza yang sangat spesifik (Kurniawan et al., 2021). Oleh karena itu, struktur komunitas yang timpang ini mengimplikasikan bahwa upaya konservasi in-situ di TNRAW harus diprioritaskan pada preservasi pohon inang dan stabilitas mikroklimat kanopi, guna mencegah kepunahan lokal (*local extinction*) pada spesies-spesies langka tersebut.

Dominansi ekstrem *Vandopsis lissochiloides* di Hutan Mandu-Mandula (menguasai 73,91% frekuensi kemunculan) mengindikasikan bahwa spesies ini memiliki amplitudo ekologis yang sangat luas

(generalis) dan vigor pertumbuhan yang tinggi. Secara ekologis, dominansi satu spesies anggrek epifit sering kali dikaitkan dengan efisiensi produksi biji dalam jumlah besar yang mudah tersebar oleh angin (*anemokori*), serta kemampuan adaptasi yang fleksibel terhadap berbagai jenis pohon inang, sebagaimana dicatat pada *Cycas rumphii* dan berbagai pohon hutan di lokasi penelitian. Hal ini sejalan dengan temuan Kurniawan et al. (2021) dan Sulistiarini et al. (2022) di kawasan konservasi lain di Sulawesi, di mana spesies generalis cenderung memonopoli relung kanopi ketika kondisi mikroklimat hutan mulai terbuka.

Di sisi lain, kelangkaan spesies seperti *Dendrobium discolor* (3 individu) dan *Aerides odorata* (4 individu) merefleksikan status mereka sebagai spesies spesialis yang sangat bergantung pada kondisi mikroklimat yang stabil, naungan kanopi yang rapat, dan asosiasi mikoriza yang spesifik. Ketimpangan struktur komunitas ini mengimplikasikan bahwa meskipun tingkat keanekaragaman secara matematis berada pada kategori 'sedang', stabilitas ekosistem hutan di Mandu-Mandula rentan terhadap gangguan. Jika terjadi degradasi pohon inang atau perubahan tutupan kanopi, spesies-spesies spesialis ini akan menjadi yang pertama terancam mengalami kepunahan lokal (*local extinction*). (Winkler & Zotz, 2021; Ghavami et al., 2021)

Kekayaan Jenis (S) berdasarkan jumlah jenis anggrek alam yang ditemukan adalah 11 (sebelas) jenis Indeks Keanekaragaman (H') yang dihitung berdasarkan persamaan Shannon dan Wiener (Tabel 3).

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman (H') Anggrek Alam di Blok Hutan Mandu-Mandula Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai Sulawesi Tenggara

No	Nama Ilmiah	Nama Lokal	P ₁	$P_1 \log_e P_1$
1	<i>Aerides odorata</i> Lour	Anggrek lilin	0,0242	0,0901
2	<i>Ascocentrum aureum</i>	Anggrek kebutan mini	0,0191	0,0755
3	<i>Cymbidium finlaysonianum</i> Lindl	Anggrek lidah ular	0,0321	0,1105
4	<i>Dendrobium crumenatum</i> Swartz	Anggrek merpati	0,1486	0,2833
5	<i>Dendrobium discolor</i> Lindl	Anggrek keriting	0,0163	0,0672
6	<i>Dendrobium</i> sp	Anggrek jarum	0,1465	0,2813
7	<i>Eria bratescens</i> Lindl	Anggrek janur	0,0607	0,1700
8	<i>Luisia tristis</i> (G Forst.) Hook. f.	Anggrek tal	0,0479	0,1456
9	<i>Taeniophyllum tjobodasanum</i> JJ.Sm.	Anggrek akar	0,1029	0,2340
10	<i>Thrixspermum arachnites</i> (Bl.) Rchb.f.	Anggrek loreng	0,0174	0,0706
11	<i>Vandopsis lissochiloides</i> (Gaud.) Pfitz	Anggrek vanda merah	0,3843	0,3675
Jumlah			1,0000	1,8956

Keterangan : P₁ = Proporsi antara individu jenis; Loge = logaritma alami P₁

Struktur komunitas anggrek di Hutan Mandu-Mandula (920 individu dari 11 spesies) menunjukkan dominansi ekstrem *Vandopsis lissochiloides* yang menguasai 73,91% kerapatan relatif dengan Indeks Nilai Penting (INP) mencapai 76,85%. Monopoli relung kanopi oleh spesies generalis ini mengindikasikan kompetisi sumber daya yang ketat, di mana spesies dengan amplitudo ekologis luas secara efektif menekan populasi kompetitornya (Winkler & Zotz, 2021). Posisi sub-dominan diisi oleh *Dendrobium crumenatum* (INP=29,73%) dan *Dendrobium* sp. (INP=29,29%). Sebaliknya, kelimpahan spesies seperti *Dendrobium discolor* dan *Thrixspermum arachnites* sangat tertekan (INP < 3,5%), yang merefleksikan status mereka sebagai spesialis habitat dengan toleransi sempit terhadap fluktuasi iklim mikro (Kurniawan et al., 2021). Ketimpangan struktur komunitas ini mengimplikasikan bahwa strategi konservasi in-situ di TNRAW wajib memprioritaskan preservasi pohon inang dan stabilitas iklim mikro untuk mencegah kepunahan lokal (*local extinction*) pada spesies-spesies rentan tersebut (Ghavami et al., 2021).

Analisis Ekologis dan Implikasi Konservasi Komunitas Anggrek

Struktur komunitas anggrek di Hutan Mandu-Mandula mencerminkan pola ekologis yang terbagi secara dikotomis antara spesies generalis yang mendominasi dan spesies spesialis yang langka. Berdasarkan kelima indikator ekologis yang dianalisis-relasi dengan pohon inang, pengaruh iklim mikro (kelembapan, cahaya, struktur kanopi), tekanan ekologis/antropogenik, implikasi dominansi, dan perbandingan dengan kawasan konservasi lain-komunitas anggrek di lokasi penelitian dapat dikelompokkan menjadi tiga kategori fungsional sebagai berikut.

Kelompok 1: Spesies Generalis yang Mendominasi

Kelompok ini meliputi *Vandopsis lissochiloides* (680 individu; INP = 76,85%), *Dendrobium crumenatum* (57 individu; INP = 29,73%), dan *Dendrobium* sp. (53 individu; INP = 29,29%). Ketiga spesies ini menunjukkan amplitudo ekologis sangat luas, tumbuh pada berbagai pohon inang-mulai dari *Cycas rumphii*, *Vitex pinnata*, *Xylocarpus granatum*, hingga *Rhizophora mucronata*-tanpa preferensi substrat yang ketat. Secara iklim mikro, ketiganya toleran terhadap variasi cahaya (30-90%) dan kelembapan (60-90%),

dengan adaptasi morfologis berupa umbi semu atau daun tebal yang berfungsi sebagai organ penyimpanan air. Dominansi mutlak *V. lissochiloides* (73,91% frekuensi kemunculan) secara ekologis merefleksikan vigor pertumbuhan tinggi, efisiensi reproduksi, dan kemampuan kompetitif superior dalam memonopoli relung kanopi, sehingga secara efektif menekan kelimpahan spesies lain (Kurniawan et al., 2021; Ghavami et al., 2021).

Implikasi dominansi ekstrem ini terhadap kestabilan komunitas sangat signifikan: ketimpangan struktural yang ditimbulkannya mengindikasikan bahwa habitat di Mandu-Mandula mungkin mengalami gangguan ringan yang menguntungkan spesies generalis, atau kondisi mikroklimat kanopi yang mulai terbuka. Pola ini sejalan dengan temuan Kurniawan et al. (2021) di hutan dataran rendah Sulawesi, di mana dominansi *Vandopsis sp.* mencapai 40-50%, namun proporsi 73,9% di Mandu-Mandula jauh lebih tinggi, mengindikasikan tekanan ekologis atau antropogenik yang lebih intensif dibandingkan kawasan konservasi lain.

Kelompok 2: Spesies Spesialis Naungan Tinggi dengan Populasi Stabil

Kelompok ini meliputi *Taeniophyllum tjibodasanum* (54 individu; INP = 20,58%) dan *Eria bractescens* (44 individu; INP = 12,14%). Keduanya menunjukkan spesialisasi morfologis ekstrem: *T. tjibodasanum* hampir tidak memiliki daun (afil) dan mengandalkan akar pipih untuk fotosintesis, sementara *E. bractescens* memiliki umbi semu dan daun pedang yang beradaptasi terhadap naungan tinggi (70-90%). Kedua spesies ini tumbuh pada pohon inang di hutan dataran rendah dan mangrove (*Xylocarpus granatum*, *Rhizophora mucronata*, *Tristanopsis sp.*) dengan ketergantungan absolut pada mikroklimat sangat lembap (>85%) dan kanopi rapat.

Kelimpahan moderat keduanya mengindikasikan bahwa relung naungan tinggi di Mandu-Mandula masih tersedia, namun

terbatas. Spesialisasi morfologis mereka memberikan keunggulan kompetitif dalam relung mikro batang pohon, meningkatkan kompleksitas struktural komunitas. Pola ini konsisten dengan temuan Winkler & Zotz (2021) yang mencatat bahwa spesies anggrek afil dan berumbi semu sering mendominasi komunitas naungan tinggi di hutan tropis Asia Tenggara, namun populasinya sangat sensitif terhadap degradasi kanopi.

Kelompok 3: Spesies Spesialis Habitat Sempit yang Langka

Kelompok ini meliputi *Aerides odorata* (4 individu), *Ascocentrum aureum* (8 individu), *Cymbidium finlaysonianum* (5 individu), *Dendrobium discolor* (3 individu), *Luisia tristis* (7 individu), dan *Thrixspermum arachnites* (5 individu). Keenam spesies ini menunjukkan persyaratan mikroklimat dan substrat yang sangat spesifik, dengan total populasi hanya 32 individu (3,48% dari total populasi).

- A. odorata* dan *T. arachnites* memerlukan naungan rapat (80-95%) dengan kelembapan sangat tinggi, tumbuh pada pohon di hutan dataran rendah dan mangrove.
- A. aureum* dan *L. tristis* merupakan spesialis cahaya tinggi (70-90%) dengan adaptasi fotoprotektif (bercak ungu pada daun atau daun terete), tumbuh di kanopi atas.
- C. finlaysonianum* menunjukkan fleksibilitas substrat ganda (epifit dan litofit), namun populasinya tetap sangat kecil.
- D. discolor* merupakan spesialis pesisir ketat dengan toleransi fisiologis terhadap aerosol garam.

Kelangkaan ekstrem keenam spesies ini mengindikasikan keterbatasan mikro habitat yang sesuai di Mandu-Mandula, sekaligus mengonfirmasi status mereka sebagai indikator awal gangguan ekosistem. Tekanan antropogenik seperti degradasi pohon inang, perubahan tutupan kanopi, dan potensi koleksi ilegal (terutama untuk spesies dengan nilai

estetika tinggi seperti *A. odorata* dan *C. finlaysonianum*) menjadi ancaman laten yang dapat memicu kepunahan lokal (*local extinction*) (Winkler & Zotz, 2021; Ghavami et al., 2021).

Pola kelangkaan ini sejalan dengan temuan Sulistiarini et al. (2022) di Banggai Kepulauan, Sulawesi Tengah, di mana spesies spesialis seperti *Dendrobium discolor* dan *Thrixspermum arachnites* hanya ditemukan dalam populasi sangat kecil (<10 individu). Namun, berbeda dengan temuan Ardi & Indrioko (2022) di hutan sekunder Sulawesi Tenggara yang mencatat kelimpahan lebih tinggi untuk spesies generalis, di Mandu-Mandula ketimpangan antara generalis dan spesialis jauh lebih ekstrem, mengindikasikan bahwa kondisi habitat di kawasan ini lebih tertekan dibandingkan hutan sekunder.

Sintesis Ekologis dan Implikasi Konservasi

Analisis komprehensif terhadap 11 spesies anggrek di Hutan Mandu-Mandula mengungkap pola ekologis yang konsisten: dikotomi generalis-spesialis yang sangat tajam, dengan dominansi mutlak spesies generalis (*V. lissochiloides*) dan kelangkaan ekstrem spesies spesialis. Pola ini mengindikasikan bahwa habitat di Mandu-Mandula mungkin mengalami gangguan ringan yang menguntungkan spesies dengan amplitudo ekologis luas, sementara spesies dengan toleransi sempit terancam.

Implikasi dominansi ekstrem *V. lissochiloides* terhadap kestabilan komunitas sangat signifikan: meskipun secara matematis indeks keanekaragaman berada pada kategori "sedang" ($H' = 1,8956$), ketimpangan struktural yang tinggi dapat mengurangi ketahanan komunitas terhadap gangguan besar. Jika terjadi degradasi pohon inang atau perubahan iklim mikrokanopi, spesies-spesies langka akan menjadi yang pertama terancam mengalami kepunahan lokal, sehingga strategi konservasi in-situ di TNRAW harus memprioritaskan:

1. Preservasi pohon inang untuk seluruh spesies, terutama spesies langka
2. Stabilitas iklim mikrokanopi melalui pembatasan penebangan selektif
3. Monitoring populasi berkala untuk mendeteksi penurunan dini pada spesies rentan
4. Zonasi konservasi ketat untuk melindungi mikrohabitat spesies spesialis
5. Edukasi masyarakat tentang larangan koleksi ilegal anggrek alam.

Dengan demikian, meskipun Hutan Mandu-Mandula masih mempertahankan integritas struktural yang mendukung keanekaragaman anggrek, ketimpangan komunitas yang ekstrem mengindikasikan perlunya intervensi konservasi yang lebih intensif untuk mencegah hilangnya spesies-spesies langka yang memiliki nilai ekologis dan konservasi tinggi.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Berdasarkan hasil penelitian di Hutan Mandu-Mandula, Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai, berhasil diidentifikasi 11 jenis anggrek alam, yang terdiri atas 10 jenis teridentifikasi hingga tingkat spesies dan 1 jenis hingga tingkat genus (*Dendrobium* sp.), dengan total populasi 920 individu.
2. Tingkat keanekaragaman jenis anggrek alam di kawasan penelitian sebesar 1,8956 (kategori sedang). Namun, struktur komunitas menunjukkan ketimpangan ekstrem dengan dominansi mutlak oleh *Vandopsis lissochiloides* (INP = 76,85%), sementara beberapa spesies lain berstatus langka dengan populasi sangat kecil.
3. Dominansi tinggi *V. lissochiloides* dan rendahnya kelimpahan beberapa spesies lain menunjukkan perlunya pengelolaan habitat mikro, perlindungan pohon inang, serta pemantauan populasi anggrek secara berkala sebagai bagian dari strategi konservasi in-situ di TNRAW.

Saran

Perlindungan anggrek alam, khususnya spesies langka seperti *Dendrobium discolor* dan *Aerides odorata*, perlu didukung melalui peningkatan kesadaran masyarakat, penguatan kapasitas para pemangku kepentingan TNRAW, serta kebijakan zonasi konservasi yang membatasi pengambilan anggrek alam dan pennebangan pohon inang di kawasan penyangga.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kepala Balai Taman Nasional Rawa Aopa Watumohai beserta jajarannya yang telah memberikan izin penelitian dan fasilitas selama pelaksanaan survei di Hutan Mandu-Mandula. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh rekan-rekan tim peneliti atas dukungannya dan kerjasamanya, serta kepada masyarakat lokal yang telah membantu dalam proses pengambilan data.

DAFTAR PUSTAKA

- Adelina, M., Harianto, S. P., dan Nurcahyani, N. 2016. Keanekaragaman Jenis Burung di Hutan Rakyat Pekon Kelungu Kecamatan Kotaagung Kabupaten Tanggamus (Bird Diversity In Community Forest Kelungu Village Kotaagung Sub District Tanggamus District). *Jurnal Sylva Lestari*, 4(2), 51–60.
- Annisa, E., Anjani, A., Nurhasanah, N., Setiyowati, R. P., Cantika, A., & Jannah, A. N. (2025). Indeks Dominansi, Keanekaragaman, dan Kemerataan Makrofauna di Bukit Umbul Kunci, Pesawaran, Lampung. *Haumeni Journal of Education*, 5(3), 197-212.
- Fachrul, M. F. (2007). *Metode Sampling Bioekologi*. Jakarta: Bumi Aksara
- Ghavami, M., Kholia, M., & Kumar, A. (2021). Diversity and ecology of orchids in the Western Ghats, India. *Ecology and Evolution*, 11(14), 9731-9742. DOI: <https://doi.org/10.1002/ece3.7532>
- Kurniawan, E., Widiyastuti, Y., & Rahayu, S. (2021). Diversity of epiphytic orchids in the tropical rainforest of Sulawesi, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 22(8), 4300-4308.
- Priambodo, R., Arman, Z., Dewi, M., dkk. (2022). *Inventarisasi dan Studi Asosiasi Anggrek Epifit dengan Pohon Inang di Kawasan Bukit Plawangan, Taman Nasional Gunung Merapi*. Bioma, 17 (1).
- Rahman, A., dkk. 2023. *Keanekaragaman dan Pemanfaatan Tumbuhan Liar Edibel di Kawasan Hutan Tropis Indonesia*. *Biodiversitas*, 24 (8).
- Redaksi Trubus. 2019. *Perbanyak Dendrobium secara Kultur In Vitro*. Jakarta: Trubus Swadaya.
- Renjana, E., & Hendrawati, R. K. 2019. *Inventarisasi Koleksi Anggrek (Orchidaceae) di Kebun Raya Purwodadi sebagai Sumber Informasi Kegiatan Kunjungan Studi*. *Proceeding Biology Education Conference*, 16 (1).
- Riandinata, S.K., Athifah, Syafii, M.R.S. (2022). Inventarisasi Keanekaragaman Anggrek (Orchidaceae) Di Kecamatan Polinggona Kabupaten Kolaka. *Bioscientist : Jurnal Ilmiah Biologi*. 10(3), 333-344
- Sulistiarini, D., Windadri, F. I., Sahroni, D., et al. 2022. *The Orchid Diversity of Banggai Kepulauan, Central Sulawesi, Indonesia*. *Gardens' Bulletin Singapore*, 74 (2), 191–205.
- Trubus Swadaya & Dian Adijaya Susanto. 2018. *Agar Dendrobium Rajin Berbunga*. Jakarta: Trubus Swadaya.
- Vitt, P., Taylor, A., Rakosy, D., et al. (2023). *Global conservation prioritization for the Orchidaceae*. *Scientific Reports*, 13, 6718.
- Wahidin. 2025. *Keanekaragaman Jenis Anggrek di Kawasan Taman Wisata Alam Nanggala III Kecamatan Wara Barat Kota Palopo Sulawesi Selatan*. Skripsi, Universitas Tadulako.
- Winkler, K., & Zotz, G. (2021). Vascular epiphytes in a changing world – What do we know and what are the future challenges? *Frontiers in Plant Science*, 12, 742052