

Keanekaragaman Tumbuhan Bawah pada Tegakan *Gmelina arborea* Roxb. Di Desa Tapadaa, Kabupaten Boalemo, Gorontalo


Muhammad Maaruf Talibo^{1*}, Dewi Wahyuni K. Baderan², Marini Susanti Hamidun³
Ilyas H. Husain⁴, Febriyanti⁵

¹²³⁴⁵Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Gorontalo, Jalan Prof. Dr. Ing. B.J. Habibie, Kec. Tilongkabila, Kab. Bone Bolango, Indonesia 96583

*Corresponding author: talibomuhammadmaaruf@gmail.com (Muhammad Maaruf Talibo)

ABSTRAK

Latar Belakang: Tumbuhan bawah merupakan komponen penting dalam ekosistem hutan yang berperan dalam mencegah erosi, menjaga kesuburan tanah, dan mendukung keanekaragaman hayati. Tingkat keanekaragaman tumbuhan bawah mencerminkan kestabilan ekologis suatu habitat. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman jenis tumbuhan bawah pada tegakan *Gmelina arborea* Roxb di Desa Tapadaa, Kecamatan Botumoito, Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo. **Metode:** Penelitian menggunakan metode eksploratif dengan teknik *purposive random sampling* pada tiga plot pengamatan. Data vegetasi dikumpulkan melalui pencatatan jenis dan jumlah individu tumbuhan bawah, serta pengukuran parameter lingkungan seperti pH tanah, suhu, kelembapan udara, dan intensitas cahaya. Analisis keanekaragaman dilakukan menggunakan indeks Shannon-Wiener. **Hasil:** Sebanyak 21 spesies tumbuhan bawah dari 16 famili berhasil diidentifikasi dengan total 231 individu. Spesies yang paling dominan adalah *Selaginella* sp. (famili Selaginellaceae) sebanyak 60 individu. Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebesar 2,492, menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang. Faktor lingkungan seperti pH tanah netral (6,9), suhu 31°C, kelembapan 65%, dan intensitas cahaya 10,85 lux mendukung pertumbuhan vegetasi tumbuhan bawah. **Kesimpulan:** Keanekaragaman tumbuhan bawah pada sistem agroforestri *Gmelina arborea* Roxb di Desa Tapadaa berada dalam kategori sedang, yang mengindikasikan kondisi habitat yang stabil namun belum optimal. **Kebaruan/Originalitas:** Penelitian ini merupakan kajian awal yang mendokumentasikan keanekaragaman tumbuhan bawah pada tegakan *Gmelina arborea* Roxb. di Desa Tapadaa, Gorontalo, dan memberikan kontribusi terhadap pemantauan biodiversitas dan pengelolaan agroforestri berbasis ilmiah.

 **Kata-kata Kunci:** Agroforestri; *Gmelina arborea*, Keanekaragaman; Tapadaa; Tumbuhan bawah

1. PENDAHULUAN

Jati putih (*Gmelina arborea* Roxb.) merupakan salah satu jenis pohon cepat tumbuh yang banyak dikembangkan dalam sistem hutan tanaman industri dan agroforestri di kawasan tropis. Tanaman ini berasal dari Asia Selatan dan Tenggara, dan dikenal memiliki toleransi tumbuh yang tinggi di berbagai kondisi, mulai dari dataran rendah hingga ketinggian 1200 mdpl, dengan curah hujan tahunan antara 750 hingga 5000 mm (Hossain, 1999). Kayunya banyak dimanfaatkan untuk bahan konstruksi ringan, kerajinan, pulp, dan energi biomassa. Karena nilai ekonominya yang tinggi dan kemampuannya untuk tumbuh cepat, *Gmelina arborea* sering digunakan dalam program rehabilitasi lahan dan pengembangan agroforestri.

Dalam ekosistem hutan, tumbuhan bawah memainkan peran penting sebagai penyokong fungsi ekologis seperti mempertahankan kelembapan tanah, mengurangi erosi, meningkatkan infiltrasi air, serta menyediakan habitat bagi berbagai organisme (Yuniawati, 2013). Tumbuhan bawah mencakup berbagai bentuk hidup seperti herba, paku-pakuan, semak, perdu, dan rumput yang tumbuh di bawah kanopi pohon utama (Abrori, 2016). Komposisi dan struktur komunitas tumbuhan bawah sangat dipengaruhi oleh kondisi lingkungan seperti intensitas cahaya, suhu, kelembapan, pH tanah, dan topografi (Destaranti *et al.*, 2017). Oleh karena itu, keanekaragaman tumbuhan bawah dapat menjadi indikator penting dalam menilai stabilitas dan kesehatan ekosistem hutan.

Indonesia sebagai negara megabiodiversitas memiliki lebih dari 38.000 jenis tumbuhan, baik pohon maupun tumbuhan bawah, yang tersebar di berbagai tipe ekosistem (Susanti, 2013). Namun, informasi mengenai komposisi dan keanekaragaman tumbuhan bawah pada sistem agroforestri, khususnya pada tegakan *Gmelina arborea*, masih terbatas. Padahal, keberadaan dan keragaman tumbuhan bawah dalam sistem agroforestri berpengaruh besar terhadap fungsi ekosistem, termasuk penyediaan jasa lingkungan, siklus hara, dan stabilitas tanah (Lamb *et al.*, 2005; Mataji *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2023).

Penelitian terdahulu menunjukkan bahwa tumbuhan bawah juga memiliki potensi ekonomi sebagai sumber tanaman obat, pangan alternatif, dan bioindikator kualitas lingkungan (Pananjung, 2013; Hutasuhut, 2018). Oleh karena itu, pemahaman yang lebih baik mengenai keanekaragaman dan distribusi tumbuhan bawah pada sistem agroforestri sangat penting, terutama dalam konteks pengelolaan lanskap berkelanjutan. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis keanekaragaman jenis tumbuhan bawah pada tegakan *Gmelina arborea* Roxb di Desa Tapadaa, Kecamatan Botumoito, Kabupaten Boalemo, Gorontalo. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan informasi dasar dalam pengelolaan agroforestri yang mempertimbangkan aspek biodiversitas dan fungsi ekosistem.

2. BAHAN DAN METODE

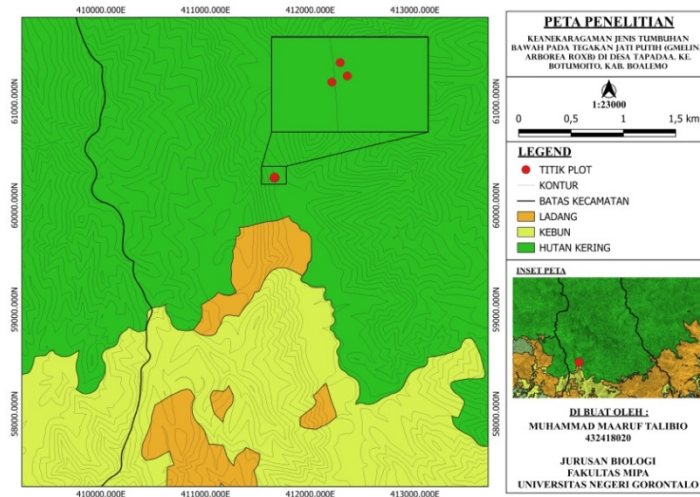
2.1 Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2024 di kawasan tegakan *Gmelina arborea* Roxb. yang berada di Desa Tapadaa, Kecamatan Botumoito, Kabupaten Boalemo, Provinsi Gorontalo. Lokasi penelitian (Gambar 1) memiliki topografi datar hingga agak miring dan merupakan bagian dari sistem agroforestri masyarakat setempat.

2.2 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan metode eksploratif (jelajah) untuk menginventarisasi jenis tumbuhan bawah yang tumbuh di bawah tegakan *Gmelina arborea*. Teknik pengambilan sampel dilakukan dengan metode purposive random sampling, yaitu pemilihan plot berdasarkan ketersediaan tegakan *Gmelina arborea* yang representatif, kemudian pemilihan titik pengamatan secara acak dalam area tersebut. Tiga plot pengamatan berukuran masing-masing 10 × 10 meter

ditetapkan di lokasi penelitian. Setiap plot diamati secara menyeluruh untuk mengidentifikasi dan mencatat seluruh jenis tumbuhan bawah yang ditemukan. Pengambilan titik koordinat dilakukan menggunakan perangkat *GPS Garmin eTrex 10*.



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

2.3 Pengumpulan Data

Data yang dikumpulkan meliputi:

- Data vegetasi tumbuhan bawah: semua spesies dicatat dan dihitung jumlah individunya.
- Parameter lingkungan: diukur untuk memahami kondisi ekologi yang mempengaruhi pertumbuhan tumbuhan bawah, yaitu: Suhu udara (menggunakan thermometer digital ThermoPro TP50); Kelembapan udara (hygrometer); Intensitas cahaya (lux meter LX1010B); pH tanah (soil pH meter Takemura DM-13)

Setiap alat dioperasikan sesuai dengan prosedur standar pengukuran di lapangan.

2.4 Identifikasi dan Analisis Data

Spesimen tumbuhan bawah yang tidak dapat diidentifikasi langsung di lapangan dibawa ke laboratorium untuk proses identifikasi lebih lanjut menggunakan literatur kunci identifikasi dan referensi taksonomi. Nama ilmiah ditulis sesuai kaidah nomenklatur botani yang berlaku. Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif dengan menghitung indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), menggunakan rumus:

$$H' = \sum_{i=1}^s (Pi) \ln \text{ dengan } Pi = \frac{Ni}{N}$$

Keterangan:

H' : Indeks diversitas shannon – Wiener

s : Jumlah spesies

Pi : Jumlah individu suatu spesies/jumlah total seluruh spesies.

\ln : Logaritma natural

Ni : Jumlah individu spesies ke-i
 N : Jumlah total individu

Kategori nilai indeks Shannon-Wiener ditentukan sebagai berikut:

- $H' < 1$ = keanekaragaman rendah
- $1 \leq H' < 3$ = keanekaragaman sedang
- $H' \geq 3$ = keanekaragaman tinggi

Analisis data dilakukan secara deskriptif kuantitatif dan ditampilkan dalam bentuk tabel serta grafik.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Komposisi Jenis Tumbuhan Bawah

Hasil inventarisasi menunjukkan bahwa terdapat 21 spesies tumbuhan bawah yang tersebar di bawah tegakan *Gmelina arborea* Roxb. di Desa Tapadaa. Spesies-spesies tersebut termasuk dalam 16 famili (Tabel 1), yang mencakup berbagai bentuk hidup seperti herba, paku-pakuan, semak, dan liana. Jumlah total individu yang tercatat adalah 231 individu. Spesies dominan yang ditemukan adalah *Selaginella* sp. (famili Selaginellaceae) dengan 60 individu, tersebar merata di seluruh plot (Plot I, II, dan III).

Tabel 1. Jenis-jenis Tumbuhan Bawah di Kawasan Agroforestri Jati Putih

Kingdom	Divisi	Kelas	Ordo	Family	Genus	Spesies
Plantae	Tracheophyt a	Liliopsida	Alismatales	Araceae	<i>Xanthosoma</i>	<i>Xanthosoma robustum</i> Schott
			Poales	Poaceae	<i>Oplismenus</i>	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.
				Cyperaceae	<i>Axonopus</i>	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P.Beauv.
			Lycopodiopsida	Selaginellales	Selaginellaceae	<i>Selaginella</i>
		Magnoliopsida	Asterales	Asteraceae	<i>Ageratum</i>	<i>Ageratum conyzoides</i> L.
			Caryophyllales	Amaranthaceae	<i>Chromolaena</i>	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.
				Fabaceae	<i>Cyathula</i>	<i>Cyathula prostrata</i> (L.) Blume
			Fabales	Fabaceae	<i>Centrosema</i>	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.
						<i>Mimosa</i>
		Gentianales	Rubiaceae	<i>Opercularia</i>	<i>Opercularia hispida</i> Spreng.	
					<i>Spermacoce</i>	<i>Spermacoce</i> sp.

		Orobanchaceae	<i>Striga</i>	<i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze
	Lamiales		<i>Stachytarpheta</i>	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl
		Verbenaceae	<i>Lantana</i>	<i>Lantana camara</i> L.
	Malpighiales	Phyllanthaceae	<i>Phyllanthus</i>	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.
	Malvales	Malvaceae	<i>Sida</i>	<i>Sida acuta</i> Burm.f.
	Solanales	Solanaceae	<i>Solanum</i>	<i>Solanum torvum</i> Sw.
		Pteridaceae	<i>Adiantum</i>	<i>Adiantum diaphanum</i> Blume
	Polypodiales	Thelypteridaceae	<i>Thelypteris</i>	<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St.John
Polypodiopsida				
	Schizaeales	Schizaeaceae	<i>Lygodium</i>	<i>Lygodium circinnatum</i> (Burm.f.) Sw.

Sebaliknya, spesies seperti *Xanthosoma robustum*, *Lantana camara*, dan *Solanum torvum* hanya ditemukan masing-masing sebanyak 1 individu, menunjukkan persebaran yang terbatas.

3.2 Nilai Indeks Keanekaragaman

Perhitungan menggunakan rumus Shannon-Wiener menghasilkan nilai $H' = 2,492$ (Tabel 2) yang mengindikasikan tingkat keanekaragaman sedang (kategori $1 < H' < 3$). Ini menunjukkan bahwa meskipun ekosistem memiliki sejumlah spesies yang beragam, dominasi oleh beberapa spesies tetap terjadi. Hasil ini sejalan dengan temuan Hutasuhut (2018) yang menyatakan bahwa dominansi oleh satu atau dua spesies umumnya terjadi dalam sistem agroforestri dengan kanopi sedang hingga tertutup.

Tabel 2. Nilai Indeks Keanekaragaman Tumbuhan Bawah di Kawasan Agroforestri Jati Putih

No	Nama Spesies	Jumlah Individu	Pi	In Pi	Pi In Pi	H'	Kriteria
1	<i>Xanthosoma robustum</i> Schott	1	0.004	-5.442	-0.024	0.024	
2	<i>Oplismenus hirtellus</i> (L.) P.Beauv.	28	0.121	-2.110	-0.256	0.256	
3	<i>Axonopus compressus</i> (Sw.) P.Beauv.	11	0.048	-3.045	-0.145	0.145	
4	<i>Cyperus brevifolius</i> (Rottb.) Hassk.	7	0.030	-3.497	-0.106	0.106	Sedang
5	<i>Selaginella</i> sp.	60	0.260	-1.348	-0.350	0.350	
6	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	9	0.039	-3.245	-0.126	0.126	
7	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H.Rob.	12	0.052	-2.958	-0.154	0.154	

8	<i>Cyathula prostrata</i> (L.) Blume	9	0.039	-3.245	-0.126	0.126
9	<i>Centrosema pubescens</i> Benth.	2	0.009	-4.749	-0.041	0.041
10	<i>Mimosa pudica</i> L.	8	0.035	-3.363	-0.116	0.116
11	<i>Opecularia hispida</i> Spreng.	5	0.022	-3.833	-0.083	0.083
12	<i>Spemacoce</i> sp.	4	0.017	-4.056	-0.070	0.070
13	<i>Striga asiatica</i> (L.) Kuntze	4	0.017	-4.056	-0.070	0.070
14	<i>Stachytarpheta jamaicensis</i> (L.) Vahl	12	0.052	-2.958	-0.154	0.154
15	<i>Lantana camara</i> L.	1	0.004	-5.442	-0.024	0.024
16	<i>Phyllanthus urinaria</i> L.	3	0.013	-4.344	-0.056	0.056
17	<i>Sida acuta</i> Burm.f.	6	0.026	-3.651	-0.095	0.095
18	<i>Solanum torvum</i> Sw.	1	0.004	-5.442	-0.024	0.024
19	<i>Adiantum diaphanum</i> Blume	9	0.039	-3.245	-0.126	0.126
20	<i>Thelypteris dentata</i> (Forssk.) E.P.St.John	36	0.156	-1.859	-0.290	0.290
21	<i>Lygodium circinnatum</i> (Burm.f.) Sw.	3	0.013	-4.344	-0.056	0.056
Jumlah		231				2.492

3.3 Distribusi dan Dominansi Famili

Tiga famili dengan jumlah individu tertinggi adalah: Selaginellaceae (60 individu, 1 spesies); Poaceae (39 individu, 2 spesies); Thelypteridaceae (36 individu, 1 spesies). Distribusi *Selaginella* sp. di seluruh plot menunjukkan daya adaptasi yang tinggi terhadap kondisi lingkungan seperti kelembapan tinggi dan intensitas cahaya rendah. Spesies ini sering ditemukan pada habitat dengan naungan rapat dan tanah lembap, dan telah dikenal sebagai indikator kondisi mikroklimat yang stabil (Mataji *et al.*, 2010; Hadi *et al.*, 2016; Yuniawati, 2013).

Poaceae, meskipun terbatas pada Plot I (Tabel 3) memiliki individu yang tinggi. Keberadaan famili ini mengindikasikan adanya area dengan pencahayaan lebih terbuka, memungkinkan spesies rerumputan untuk tumbuh lebih dominan. Sementara itu, Thelypteridaceae ditemukan hanya di dua plot tetapi memiliki jumlah individu tinggi, mengindikasikan kesesuaian spesifik terhadap substrat dan kelembapan tertentu (Destaranti *et al.*, 2017). Famili-famili lain seperti Fabaceae, Asteraceae, dan Verbenaceae juga menunjukkan keanekaragaman spesies yang cukup baik, tetapi dengan sebaran dan jumlah individu yang terbatas, mengindikasikan peran ekologis sekunder atau toleransi yang lebih rendah terhadap naungan.

Tabel 3. Famili Tumbuhan yang Mendominasi di Kawasan Agroforestri Jati Putih

Famili	Jumlah Spesies	Jumlah Individu	Plot		
			I	II	III
Amaranthaceae	1	9	√	-	-
Araceae	1	1	-	√	-
Asteraceae	2	21	√	-	√
Cyperaceae	1	7	-	-	√
Fabaceae	2	10	-	√	√
Malvaceae	1	6	√	-	-
Orobanchaceae	1	4	√	-	-
Phyllanthaceae	1	3	√	-	-
Poaceae	2	39	√	-	-
Pteridaceae	1	9	-	√	-
Rubiaceae	2	9	√	-	-
Schizaeaceae	1	3	-	-	√
Selaginellaceae	1	60	√	√	√
Solanaceae	1	1	-	√	-
Thelypteridaceae	1	36	-	√	√
Verbenaceae	2	13	√	√	-

Ket : (√) : ditemukan di wilayah plot ; (-) tidak ditemukan di wilayah plot

3.4 Kondisi Lingkungan

Pengukuran parameter lingkungan menunjukkan: pH tanah: 6,9 (netral); Suhu: 31°C; Kelembapan udara: 65%; Intensitas cahaya: 10,85 lux. Kondisi ini merupakan tipikal iklim tropis yang mendukung keberadaan tumbuhan bawah (Lestari, 2024). Suhu sebesar 31°C masih dalam kisaran optimal bagi fisiologi tanaman tropis, terutama dalam proses fotosintesis dan respirasi (Zuazo & Pleguezuelo, 2009; Liu *et al.*, 2022). Kelembapan yang relatif tinggi mendukung kestabilan transpirasi dan penyerapan nutrisi oleh akar (Khoiriyah *et al.*, 2023).

pH tanah netral memungkinkan unsur hara seperti nitrogen, fosfor, dan kalium mudah tersedia bagi tumbuhan bawah, serta mendukung aktivitas mikroorganisme tanah yang penting bagi dekomposisi dan siklus hara (Ferrarezi *et al.*, 2022).

3.5 Implikasi Ekologis

Keanekaragaman jenis tumbuhan bawah merupakan indikator stabilitas suatu ekosistem (Li *et al.*, 2014; Van Rooijen *et al.*, 2015). Keberadaan spesies seperti *Selaginella* sp. yang mendominasi menunjukkan adaptasi terhadap kondisi iklim tropis spesifik dan berpotensi sebagai spesies indikator. Namun, karena

indeks keanekaragaman berada pada kategori sedang, hal ini menunjukkan bahwa komunitas belum mencapai kondisi klimaks dan rentan terhadap gangguan lingkungan, baik alami maupun antropogenik (Scherrer & Guisan, 2019). Fungsi ekologis tumbuhan bawah yang penting dalam siklus air, perlindungan tanah, dan pemeliharaan mikroorganisme tanah menegaskan perannya dalam pengelolaan agroforestri yang berkelanjutan (Mataji *et al.*, 2010; Wang *et al.*, 2023; Thoumazeau *et al.*, 2024).

4. KESIMPULAN

Penelitian ini menunjukkan bahwa kawasan agroforestri *Gmelina arborea* Roxb. di Desa Tapadaa memiliki keanekaragaman tumbuhan bawah yang tergolong sedang, dengan nilai indeks Shannon-Wiener sebesar 2,492. Sebanyak 21 spesies dari 16 famili berhasil diidentifikasi, dengan *Selaginella* sp. sebagai spesies paling dominan dan tersebar luas di seluruh plot. Kondisi lingkungan seperti suhu hangat (31°C), kelembapan tinggi (65%), pH tanah netral (6,9), dan intensitas cahaya rendah (10,85 lux) mendukung pertumbuhan spesies yang toleran terhadap naungan dan kelembapan tinggi.

Temuan ini menegaskan bahwa sistem agroforestri *Gmelina arborea* mendukung pembentukan komunitas tumbuhan bawah yang relatif stabil. Namun, tingginya dominansi oleh satu spesies menunjukkan bahwa diversitas komunitas belum optimal, sehingga diperlukan pengelolaan lanjutan untuk meningkatkan heterogenitas dan ketahanan ekosistem terhadap gangguan lingkungan.

5. KONFLIK KEPENTINGAN

Penulis menyatakan bahwa tidak terdapat konflik kepentingan dalam bentuk apa pun, baik secara finansial, personal, maupun institusional, yang dapat memengaruhi hasil dan interpretasi dari penelitian ini.

6. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan apresiasi yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah mendukung pelaksanaan penelitian ini, khususnya masyarakat dan aparat Desa Tapadaa atas izin dan bantuan selama pengumpulan data di lapangan. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada tim laboratorium dan rekan sejawat atas kontribusinya dalam proses identifikasi spesimen serta diskusi ilmiah yang membangun. Dukungan teknis dan masukan dalam penulisan artikel ini juga sangat dihargai.

REFERENSI

- Abrori, M. (2016). Keanekaragaman tumbuhan bawah di Cagar Alam Manggis Gadungan Kecamatan Puncu Kabupaten Kediri [Skripsi, Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim].
- Dadan, M., & Ceng, A. (2010). 7 jenis kayu penghasil rupiah. Agromedia Pustaka.
- Destaranti, F., Nurliana, N., & Hidayat, M. (2017). Keanekaragaman jenis tumbuhan bawah pada dua tipe ekosistem hutan di Kabupaten Hulu Sungai Tengah. *Jurnal Hutan Tropis*, 5(3), 198–204.

- Ferrarezi, R. S., Lin, X., Gonzalez Neira, A. C., Tabay Zambon, F., Hu, H., Wang, X., Huang, J. H., & Fan, G. (2022). Substrate pH influences the nutrient absorption and rhizosphere microbiome of Huanglongbing-affected grapefruit plants. *Frontiers in Plant Science*, 13, 856937. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.856937>.
- Hadi, E. E. W., Widyastuti, S. M., & Wahyuono, S. (2016). Keanekaragaman dan pemanfaatan tumbuhan bawah pada sistem agroforestry di Perbukitan Menoreh, Kabupaten Kulon Progo. *Jurnal Manusia dan Lingkungan*, 23(2), 206–214. <https://doi.org/10.22146/jml.18770>.
- Harrison, S. P. (2014). Diversity and ecological processes in ecosystems. *Ecology*, 95(6), 1429–1430. <https://doi.org/10.1890/14.WB.012>.
- Henson, P., Smith, D., & Hart, S. (2016). Ecological impacts of monoculture forestry. *Forest Ecology and Management*, 376, 351–356. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2016.06.017>.
- Hossain, M. K. (1999). *Gmelina arborea: A popular plantation species in the tropics* (Fact Sheet FACT 99–05). Forest, Farm, and Community Tree Network, Winrock International.
- Hutasuhut, M. A. (2018). Keanekaragaman tumbuhan herba di Cagar Alam Sibolangit. *Klorofil*, 1(2), 69–77.
- Khoiriyah, R., Musa, N., Husain, I., & Apriliani, S. (2023). Pengaruh tingkat ketinggian naungan terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman selada (*Lactuca sativa* L.). *Jurnal Agroteknotropika*, 12(2), 73–80. <https://doi.org/10.20527/jat.v12i2.15164>.
- Lamb, D., Erskine, P. D., & Parrotta, J. A. (2005). Restoration of degraded tropical forest landscapes. *Science*, 310(5754), 1628–1632. <https://doi.org/10.1126/science.1111773>.
- Lestari, D. (2024). Identifikasi lumut (Bryophyta) di sumber mata air di Dusun Mendiro, Kecamatan Wonosalam, Jombang. *Environmental Pollution Journal*, 4(3), 1034–1048.
- Li, W., Tan, R., Yang, Y. M., & Wang, J. (2014). Plant diversity as a good indicator of vegetation stability in a typical plateau wetland. *Journal of Mountain Science*, 11, 464–474. <https://doi.org/10.1007/s11629-013-2734-6>.
- Liu, Y. F., Huang, Z., Meng, L. C., Li, S. Y., Wang, Y. B., Liu, Y., ... & Wu, G. L. (2022). Understory shading exacerbated grassland soil erosion by changing community composition. *Catena*, 208, 105771. <https://doi.org/10.1016/j.catena.2021.105771>.
- Mataji, A., Moarefvand, P., Kafaki, S. B., & Kermanshahi, M. M. (2010). Understory vegetation as environmental factors indicator in forest ecosystems.

- International Journal of Environmental Science & Technology, 7, 629–638.
<https://doi.org/10.1007/BF03326167>.
- Mulyana, D., & Asmarahan, C. (2010). 7 jenis kayu penghasil rupiah. Agro Media Pustaka.
- Olivi, R., & Qurniati, R. (2015). Kontribusi agroforestry terhadap pendapatan petani di Desa Sukoharjo 1 Kecamatan Sukoharjo Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Sylva Lestari*, 3(2), 1–12. <https://doi.org/10.23960/jsl232-1>.
- Pananjung, T. (2013). Tumbuhan bawah yang dimanfaatkan sebagai tanaman obat oleh masyarakat di sekitar Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Thesis. Universitas Gadjah Mada.
- Scherrer, D., & Guisan, A. (2019). Ecological indicator values reveal missing predictors of species distributions. *Scientific Reports*, 9, 3061. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-39637-1>.
- Susanti, T. (2013). Keanekaragaman tumbuhan invasif di kawasan Taman Hutan Kenali Kota Jambi. Skripsi, IAIN Sultan Thaha Saifuddin Jambi.
- Thoumazeau, A., Mettauer, R., Junedi, H., Baron, V., Chéron-Bessou, C., & Ollivier, J. (2024). Effects of fertilization practices and understory on soil health and oil palm performances in smallholdings: An Indonesian case study. *Agricultural Systems*, 213, 103802. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2023.103802>.
- Van Rooijen, N. M., De Keersmaecker, W., Ozinga, W. A., Coppin, P., Hennekens, S. M., Schaminée, J. H., ... & Honnay, O. (2015). Plant species diversity mediates ecosystem stability of natural dune grasslands in response to drought. *Ecosystems*, 18, 1383–1394. <https://doi.org/10.1007/s10021-015-9901-8>.
- Wang, Z., Tao, T., Wang, Y., Small, G. E., Chen, J., & Sun, X. (2023). Soil quality in urban forests under different understory management practices. *Land Degradation & Development*, 34(3), 899–910. <https://doi.org/10.1002/ldr.4565>.
- Yuniawati, Y. (2013). Peranan tumbuhan bawah dalam ekosistem hutan. *Buletin Kebun Raya*, 16(1), 45–54.
- Zuazo, V. H. D., & Pleguezuelo, C. R. R. (2009). Soil-erosion and runoff prevention by plant covers: A review. *Sustainable Agriculture*, 2, 785–811. https://doi.org/10.1007/978-90-481-2666-8_45.