



## Floristic Composition and Important Value Index of Tree Stratum in Alas Pinggan Mountain Forest

### Komposisi Floristik dan Indeks Nilai Penting Stratum Pohon di Hutan Pegunungan Alas Pinggan

Dita Nabillah <sup>1\*</sup>, Ernawati <sup>1</sup>, Ayu Wulandari <sup>1</sup>, Suhandi Uswatun Khasanah <sup>1</sup>, Firda Nafisah <sup>1</sup>, Asty Redina Ardiyanti <sup>1</sup>

<sup>1</sup> Pendidikan Biologi/Fakultas Ilmu Pendidikan/Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

\*Corresponding author: ditanabillah5126@gmail.com

| Article Information                                                                   | ABSTRACT                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Submitted: 27 – 05 – 2026<br>Accepted: 01 – 06 – 2026<br>Published: 30 – 06 – 2026    | <p>Mountain forest ecosystems harbor complex plant community structures shaped by both biotic interactions and abiotic environmental gradients. However, floristic composition and tree dominance patterns in the Alas Pinggan Mountain Forest area, Ledug Village, Prigen District, Pasuruan Regency, remain undocumented. This study aimed to analyze the floristic composition and Important Value Index (IVI) of the tree stratum in this montane forest ecosystem. Research was conducted on Monday, April 27, 2026, using a systematic plot sampling method across 11 plots of 20×20 m (total observation area of 4,400 m<sup>2</sup>), targeting trees with a diameter at breast height (DBH) of ≥20 cm. Species identification, DBH measurement derived from stem circumference conversion, and plot-based frequency analysis were performed to model stand structure and species dominance. A total of 90 individual trees belonging to 13 species were recorded. <i>Pinus merkusii</i> emerged as the dominant species with an IVI of 121.12%, contributed by a relative density of 50.00%, relative frequency of 23.53%, and relative dominance of 47.59%. <i>Swietenia mahagoni</i> ranked second as a subdominant species with an IVI of 82.11%. The remaining 11 species, including <i>Syzygium aromaticum</i>, <i>Persea americana</i>, and <i>Ficus septica</i>, were classified as minor or rare species with IVI values below 20%. Mean environmental conditions recorded included air temperature of 26.85°C, relative humidity of 58.45%, and soil pH of 6.13. These findings indicate that the tree stratum of Alas Pinggan Mountain Forest is strongly dominated by <i>Pinus merkusii</i>, reflecting a pine plantation-influenced stand structure within a montane ecosystem. This study was limited to a single sampling day and restricted to mature tree strata (DBH ≥20 cm), suggesting the need for further research covering broader growth stages and temporal variation.</p> <p><b>Keywords:</b> Floristics, Vegetation, Dominance, Important Value Index, Ecosystem</p> |
| Publisher                                                                             | How to Cite                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                             |
| Biology Education<br>Department<br>Universitas Nahdlatul Ulama<br>Pasuruan, Indonesia | Nabilah D., Ernawati., Wulandari A., Haasanah S U., Nafisah F., & Ardiyanti A R. (2026). Komposisi Floristik dan Indeks Nilai Penting Stratum Pohon di Hutan Pegunungan Alas Pinggan. <i>Bromopedia Jurnal Eksplorasi Pendidikan Biologi</i> , 2(1):57-79.                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |



## Pendahuluan

Hutan tropis merupakan salah satu ekosistem darat paling produktif dan kaya keanekaragaman hayati di dunia. Peran ekologis hutan tropis mencakup fungsi penyimpanan karbon dalam skala besar, pengaturan siklus hidrologi, serta penyediaan habitat bagi jutaan spesies organisme. Kajian global menunjukkan bahwa ekosistem hutan dunia menyimpan cadangan karbon yang sangat besar dan berkontribusi penting dalam mitigasi perubahan iklim global, sehingga kelestarian hutan menjadi salah satu komponen kritis dalam agenda pembangunan berkelanjutan (Nugroho *et al.*, 2022). Selain fungsi klimatik tersebut, jasa ekosistem hutan mencakup pula fungsi hidrologis, penyediaan pangan, dan penopang penghidupan masyarakat sekitar hutan yang sangat bergantung pada keberlanjutan kawasan hutan (Firdaus *et al.*, 2022). Fakta-fakta ini menegaskan bahwa pemahaman mendalam mengenai struktur dan komposisi komunitas pohon penyusun ekosistem hutan merupakan landasan ilmiah yang tidak dapat diabaikan dalam upaya pengelolaan dan konservasi hutan secara berkelanjutan.

Indonesia sebagai salah satu negara megabiodiversitas di kawasan tropis menghadapi tekanan deforestasi yang sangat serius. Berdasarkan data terbaru yang dipublikasikan oleh Parker *et al.* (2024) melalui *Proceedings of the National Academy of Sciences*, Indonesia telah kehilangan sekitar 25% tutupan hutan primernya sejak tahun 1990, dengan area hutan intaktnya yang mengalami penurunan hingga 45%, menjadikannya salah satu negara dengan laju deforestasi tertinggi di dunia. Konversi lahan hutan menjadi areal pertanian, perkebunan, dan permukiman tidak hanya mengurangi luas tutupan hutan secara fisik, tetapi juga berdampak langsung pada hilangnya fungsi ekosistem hutan sebagai penyedia jasa lingkungan, termasuk fungsi hidrologis, stabilitas tanah, dan penopang kehidupan masyarakat sekitar hutan. Kajian Gaveau *et al.* (2022) yang diterbitkan dalam *PLOS ONE* juga mengonfirmasi bahwa perlambatan deforestasi di Indonesia dalam beberapa tahun terakhir lebih banyak disebabkan oleh faktor ekonomi seperti penurunan harga minyak sawit, bukan oleh keberhasilan kebijakan konservasi yang sistematis. Kondisi ini menuntut adanya upaya inventarisasi dan dokumentasi ilmiah yang sistematis mengenai kondisi ekosistem hutan yang tersisa, termasuk kawasan-kawasan hutan pegunungan yang sering kali belum terdokumentasi secara memadai.

Ekosistem hutan pegunungan memiliki karakteristik komunitas pohon yang berbeda secara struktural dan floristik dibandingkan hutan dataran rendah. Perbedaan elevasi menciptakan gradien lingkungan berupa variasi suhu, kelembaban, intensitas cahaya, dan kondisi tanah yang secara langsung memengaruhi komposisi spesies dan arsitektur tegakan pohon penyusun ekosistem (Purwaningsih *et al.*, 2017). Pada kisaran ketinggian 900–1.300 mdpl, ekosistem hutan pegunungan umumnya tergolong dalam zona sub-montana yang dicirikan oleh dominansi vegetasi konifer dan pohon berkayu keras yang telah beradaptasi terhadap suhu udara yang relatif lebih rendah serta intensitas cahaya yang lebih bervariasi akibat tutupan kanopi yang heterogen. Struktur tegakan



pohon di hutan pegunungan umumnya lebih didominasi oleh spesies-spesies tertentu yang memiliki kemampuan adaptasi tinggi terhadap kondisi lingkungan yang lebih dingin dan lembab, sehingga pola dominansi spesies dalam komunitas pohon hutan pegunungan mencerminkan respons ekologis terhadap gradien altitudinal yang berlaku di lokasi tersebut. Analisis kuantitatif terhadap struktur tegakan, termasuk estimasi diameter batang dan luas bidang dasar, merupakan pendekatan yang penting untuk memahami pola dominansi spesies serta dinamika komunitas pohon dalam ekosistem hutan pegunungan (Indriyanto, 2012). Di Indonesia, kajian serupa pada kawasan hutan pegunungan telah menunjukkan bahwa komposisi floristik dan analisis struktur tegakan dapat memberikan informasi ekologis yang sangat bernilai untuk pengelolaan kawasan hutan secara ilmiah (Sambas *et al.*, 2018; Irawan *et al.*, 2023).

Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan yang terletak di Kelurahan Ledug, Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, merupakan salah satu kawasan hutan pegunungan yang berada di lereng Gunung Arjuno-Welirang pada kisaran ketinggian 910–1.300 mdpl, dengan rata-rata elevasi 1.055,82 mdpl di seluruh plot pengamatan. Karakteristik elevasi tersebut menunjukkan bahwa kawasan ini termasuk dalam zona hutan sub-montana yang berpotensi menyimpan keanekaragaman floristik yang tinggi, ditandai oleh keberadaan vegetasi pohon berkayu keras yang umum dijumpai pada ekosistem pegunungan tropis. Penelusuran literatur yang telah dilakukan melalui basis data Google Scholar, Garuda, dan SINTA hingga bulan Juni 2026 dengan kata kunci "komposisi floristik", "Indeks Nilai Penting", dan "Alas Pinggan" tidak menemukan publikasi ilmiah yang secara khusus mendokumentasikan komposisi floristik dan struktur komunitas pohon di kawasan tersebut berdasarkan pendekatan kuantitatif yang sistematis. Ketiadaan data dasar ekologi vegetasi ini menyebabkan potensi keanekaragaman hayati pohon di kawasan Alas Pinggan belum dapat dievaluasi secara ilmiah, sehingga upaya pengelolaan dan konservasi kawasan tersebut kehilangan landasan data yang diperlukan. Kesenjangan ilmiah ini perlu segera diisi melalui penelitian inventarisasi vegetasi yang mencakup identifikasi taksonomi spesies pohon, pengukuran diameter batang setinggi dada (DBH), serta analisis frekuensi sebaran spesies antarplot pengamatan.

Berdasarkan latar belakang tersebut, penelitian ini bertujuan untuk: (1) mengidentifikasi komposisi floristik stratum pohon di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan berdasarkan karakterisasi taksonomi dan sebaran spesies antarplot pengamatan; dan (2) menganalisis struktur komunitas dan dominansi spesies pohon melalui perhitungan Indeks Nilai Penting (INP). Hasil penelitian ini diharapkan dapat menyediakan data dasar ekologi vegetasi yang valid sebagai landasan ilmiah bagi pemantauan keanekaragaman hayati, evaluasi kondisi ekosistem, serta pengelolaan kawasan hutan pegunungan secara berkelanjutan.

## Material Dan Metode

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif kuantitatif dengan pendekatan survei lapangan yang bertujuan untuk mendeskripsikan komposisi floristik dan struktur komunitas stratum pohon secara faktual berdasarkan data yang dikumpulkan langsung di lokasi penelitian. Pendekatan deskriptif kuantitatif dipilih karena mampu menggambarkan kondisi ekologis komunitas vegetasi secara objektif melalui pengukuran dan analisis numerik tanpa perlakuan eksperimental (Indriyanto, 2012). Rancangan penelitian menggunakan teknik analisis vegetasi dengan metode plot kuadrat yang ditempatkan secara sistematis di kawasan hutan untuk mengamati jenis spesies, jumlah individu, diameter batang pohon, serta kondisi faktor lingkungan abiotik pada setiap unit pengamatan. Pendekatan metode plot kuadrat dalam inventarisasi vegetasi hutan tropis terbukti mampu menghasilkan data kuantitatif yang representatif mengenai struktur tegakan dan distribusi spesies dalam ekosistem hutan (Irawan *et al.*, 2023). Pendekatan plot kuadrat dan penghitungan parameter struktur tegakan (kerapatan, frekuensi, dominansi, dan Indeks Nilai Penting) yang digunakan dalam penelitian ini secara metodologis mengacu pada kerangka analisis vegetasi kuantitatif yang dikembangkan oleh Mueller-Dombois dan Ellenberg (1974), yang hingga saat ini masih menjadi rujukan standar dalam studi ekologi vegetasi.

Penelitian dilaksanakan pada tanggal 27 April 2026 di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, Kelurahan Ledug, Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, pada kisaran ketinggian 910–1.300 mdpl dengan rata-rata elevasi 1.055,82 mdpl. Kawasan ini merupakan ekosistem hutan pegunungan yang berada pada lereng Gunung Arjuno-Welirang dengan karakteristik vegetasi pohon yang beragam dan topografi berbukit. Pengambilan data dilakukan pada kondisi cuaca cerah untuk memastikan pengukuran faktor lingkungan abiotik, terutama intensitas cahaya dan kecepatan angin, dapat diperoleh secara akurat dan representatif.



**Gambar 1.** Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026)



**Gambar 2.** Jalur Penelitian

(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026)

Populasi dalam penelitian ini adalah seluruh vegetasi tingkat pohon yang terdapat di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan tanpa pembatasan pada spesies tertentu. Sampel penelitian berupa vegetasi tingkat pohon yang terdapat pada 11 plot pengamatan berukuran 20 × 20 meter dengan kriteria inklusi *Diameter at Breast Height* (DBH)  $\geq$  20 cm. Ambang batas DBH  $\geq$  20 cm dipilih untuk membatasi objek pengamatan pada



stratum pohon dewasa yang telah mapan secara struktural dan berperan sebagai penyusun utama kanopi, mengacu pada standar umum inventarisasi pohon dewasa dalam ekosistem hutan tropis (Sadili *et al.*, 2023). Penetapan ambang batas ini juga disesuaikan dengan kondisi spesifik kawasan Alas Pinggan yang merupakan tegakan campuran pinus-mahoni hasil penanaman, sehingga sebagian besar individu pohon pada kawasan ini telah mencapai diameter di atas 20 cm pada usia tegakan saat ini; penggunaan ambang batas yang lebih rendah, misalnya  $\geq 10$  cm sebagaimana diterapkan oleh Purwaningsih *et al.* (2017) pada hutan pegunungan Gunung Wilis, Jawa Timur, atau  $\geq 15$  cm pada beberapa studi hutan pegunungan Jawa lainnya, berpotensi memasukkan individu tiang yang belum mapan secara struktural dan dapat mengurangi akurasi estimasi dominansi pada stratum pohon.

Teknik pengambilan sampel menggunakan *purposive sampling*, yaitu penentuan lokasi plot berdasarkan tiga kriteria utama: (1) keterwakilan variasi topografi kawasan, mencakup area datar, lereng landai, dan lereng terjal; (2) keterwakilan variasi tutupan kanopi, mencakup area dengan kanopi rapat dan area dengan kanopi lebih terbuka; serta (3) keterjangkauan akses lapangan yang memungkinkan pengukuran dilakukan secara aman dan akurat pada seluruh unit pengamatan. Plot ditempatkan secara berurutan mengikuti jalur jelajah (jalur survei) yang membentang dari elevasi terendah (910 mdpl) hingga elevasi tertinggi (1.300 mdpl) di kawasan penelitian, dengan jarak antarplot yang tidak seragam karena mengikuti kondisi topografi dan keterwakilan habitat di lapangan, berkisar antara 130–175 meter dengan rata-rata jarak 143,25 meter. Pendekatan ini dipilih karena memungkinkan pengambilan data yang terarah pada satuan vegetasi yang representatif terhadap struktur tegakan hutan di lokasi penelitian (Fhirgiawan *et al.*, 2023). Variasi jarak antarplot ini juga dimaksudkan untuk meminimalkan tumpang tindih area pengamatan serta menjaga independensi unit sampel di sepanjang gradien elevasi kawasan penelitian, sejalan dengan prinsip umum desain pengambilan sampel dalam analisis vegetasi (Mueller-Dombois & Ellenberg, 1974).

Instrumen penelitian yang digunakan mencakup peralatan lapangan dan alat ukur lingkungan abiotik. Alat lapangan meliputi meteran gulung untuk pengukuran keliling batang pohon dan penetapan batas plot, tali rafia dan patok sebagai pembatas kuadrat pengamatan berukuran  $20 \times 20$  meter, *Global Positioning System* (GPS) untuk pencatatan titik koordinat dan ketinggian (mdpl) setiap plot, lembar observasi vegetasi terstruktur, serta kamera atau telepon genggam untuk dokumentasi spesimen dan kondisi lapangan. Alat ukur parameter lingkungan abiotik yang digunakan meliputi termometer lingkungan untuk pengukuran suhu udara ( $^{\circ}\text{C}$ ), higrometer untuk kelembaban udara (%), *soil tester* untuk pengukuran kelembaban tanah (%) dan pH tanah, anemometer untuk kecepatan angin (m/s), dan *lux meter* untuk pengukuran intensitas cahaya (lux). Bahan penelitian berupa seluruh vegetasi tingkat pohon yang ditemukan pada area pengamatan di kawasan hutan.



**Gambar 3.** Pengukuran Keliling Batang Pohon  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026)



**Gambar 4.** Pengukuran Faktor Abiotik  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026)

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi langsung di lapangan menggunakan metode plot kuadrat. Sebanyak 11 plot berukuran  $20 \times 20$  meter ditetapkan di kawasan penelitian dengan luas total area pengamatan sebesar  $4.400 \text{ m}^2$ . Pada setiap plot, dilakukan pencatatan nama spesies pohon, jumlah individu setiap spesies, dan pengukuran keliling batang pohon pada ketinggian 130 cm dari permukaan tanah. Nilai keliling batang kemudian dikonversi menjadi nilai DBH menggunakan rumus  $\text{DBH} = \text{keliling} / \pi$ .

Identifikasi spesies pohon dilakukan secara langsung di lapangan berdasarkan karakter morfologi vegetatif, mencakup bentuk daun, tekstur dan warna kulit batang, pola percabangan, serta ciri khas morfologi lainnya, dengan mengacu pada kunci identifikasi *Flora of Java* (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963, 1965, 1968) sebagai rujukan taksonomi utama untuk flora Jawa. Verifikasi tata nama ilmiah dilakukan dengan mengacu pada basis data *Plants of the World Online* (POWO) yang dikelola oleh Royal Botanic Gardens, Kew, guna memastikan validitas nomenklatur setiap spesies yang teridentifikasi. Spesimen yang memiliki kemiripan morfologi tinggi atau berpotensi menimbulkan keraguan identifikasi, termasuk individu yang diduga sebagai *Pinus sylvestris*, dikonfirmasi ulang melalui dokumentasi foto karakter diagnostik (panjang dan jumlah daun jarum per fasikel, bentuk kerucut/strobilus, serta tekstur kulit batang) yang dibandingkan dengan karakter baku *Pinus merkusii* pada *Flora of Java*. Hasil verifikasi ulang ini ditindaklanjuti melalui diskusi internal tim peneliti dan pembimbing lapangan untuk memastikan konsistensi identifikasi sebelum data difinalisasi dalam tabulasi hasil penelitian. Sebagai catatan metodologis, identifikasi spesies dalam penelitian ini didasarkan pada pencocokan karakter morfologi dengan kunci identifikasi tercetak dan basis data daring tanpa melibatkan verifikasi independen oleh ahli taksonomi tumbuhan maupun pembuatan spesimen herbarium voucher, sehingga keterbatasan ini perlu menjadi pertimbangan pada penelitian lanjutan, terutama untuk spesies dengan kemiripan morfologi tinggi.



Selain data vegetasi, pengukuran faktor lingkungan abiotik dilakukan pada setiap plot meliputi suhu udara, kelembaban udara, kelembaban tanah, pH tanah, kecepatan angin, intensitas cahaya, dan ketinggian tempat (mdpl) sebagai data pendukung kondisi ekologis habitat (Fhirgiawan *et al.*, 2023).

Kriteria inklusi  $DBH \geq 20$  cm dalam penelitian ini diterapkan pada seluruh individu berkayu maupun berbatang semu yang dijumpai pada plot pengamatan, termasuk dua jenis tanaman budidaya yang ditemukan, yaitu *Musa paradisiaca* dan *Coffea arabica*. Kedua individu tersebut tetap dimasukkan ke dalam inventarisasi karena keliling batang/batang semu yang terukur pada ketinggian 130 cm memenuhi ambang batas  $DBH \geq 20$  cm yang telah ditetapkan sebagai kriteria inklusi tunggal dalam penelitian ini, sebagaimana pendekatan inventarisasi vegetasi yang tidak membatasi objek penelitian hanya pada spesies pohon berkayu sejati, melainkan pada seluruh strata vegetasi tinggi yang memenuhi kriteria ukuran tertentu. Kehadiran kedua spesies budidaya ini sekaligus mencerminkan karakter kawasan Alas Pinggan sebagai hutan pegunungan yang telah mengalami pengelolaan campuran antara tegakan kehutanan dan praktik agroforestri masyarakat sekitar.

Data yang diperoleh dianalisis secara kuantitatif menggunakan pendekatan analisis vegetasi untuk menentukan parameter ekologi komunitas pohon (Fachrul, 2012). Analisis dilakukan dengan menghitung beberapa parameter ekologi yang umum digunakan dalam studi struktur tegakan hutan, yaitu kerapatan, frekuensi, dominansi, dan Indeks Nilai Penting (INP). Nilai INP digunakan untuk menentukan tingkat dominansi, subdominansi, serta status spesies minor dalam komunitas pohon di kawasan penelitian (Sambas *et al.*, 2018). Seluruh perhitungan didasarkan pada data lapangan yang dikumpulkan dari 11 plot pengamatan dengan luas total  $4.400 \text{ m}^2$  di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan.

### 1. Kerapatan (*K*)

Kerapatan digunakan untuk mengetahui jumlah individu suatu spesies per satuan luas total area pengamatan.

$$K = ni / \text{Luas Total}$$

*K* : kerapatan spesies ke-*i* (ind/ $\text{m}^2$ )

*ni* : jumlah total individu spesies ke-*i*

Luas Total : luas total area pengamatan ( $4.400 \text{ m}^2 = 11 \text{ plot} \times 400 \text{ m}^2$ )

### 2. Kerapatan Relatif (*KR*)

Kerapatan relatif merupakan perbandingan kerapatan suatu spesies terhadap kerapatan seluruh spesies, dinyatakan dalam persen.

$$KR = (Ki / \Sigma K) \times 100\%$$

*KR* : kerapatan relatif spesies ke-*i* (%)

*Ki* : kerapatan spesies ke-*i*



$\Sigma K$  : total kerapatan seluruh spesies ( $\Sigma KR = 100\%$ )

### 3. Frekuensi ( $F$ )

Frekuensi digunakan untuk mengetahui pola penyebaran suatu spesies dalam plot pengamatan, yaitu proporsi plot yang mengandung spesies tersebut terhadap total plot.

$$F = \text{jumlah plot ditemukan} / \text{jumlah total plot}$$

$F$  : frekuensi spesies ke- $i$  (nilai 0–1)

Jumlah plot ditemukan : banyaknya plot yang mengandung spesies ke- $i$

Jumlah total plot : 11 plot

### 4. Frekuensi Relatif ( $FR$ )

Frekuensi relatif merupakan perbandingan frekuensi suatu spesies terhadap jumlah frekuensi seluruh spesies, dinyatakan dalam persen.

$$FR = (Fi / \Sigma F) \times 100\%$$

$FR$  : frekuensi relatif spesies ke- $i$  (%)

$Fi$  : frekuensi spesies ke- $i$

$\Sigma F$  : total frekuensi seluruh spesies ( $\Sigma FR = 100\%$ )

### 5. Luas Bidang Dasar ( $LBDS$ )

Luas bidang dasar dihitung berdasarkan nilai DBH setiap individu pohon. DBH diperoleh dari konversi keliling batang menggunakan rumus  $DBH = \text{keliling} / \pi$ . LBDS mencerminkan penguasaan ruang tumbuh setiap spesies dalam tegakan hutan.

$$LBDS = (\pi/4) \times (DBH/100)^2 \times ni$$

$LBDS$  : luas bidang dasar spesies ke- $i$  ( $m^2$ )

$DBH$  : diameter batang setinggi dada dalam cm (dibagi 100  $\rightarrow$  meter)

$ni$  : jumlah individu spesies ke- $i$

$\pi$  : 3,14159

### 6. Dominansi ( $D$ )

Dominansi digunakan untuk mengetahui penguasaan ruang tumbuh suatu spesies per satuan luas area pengamatan.

$$D = LBDS / \text{Luas Total}$$

$D$  : dominansi spesies ke- $i$  ( $m^2/m^2$ )

$LBDS$  : luas bidang dasar spesies ke- $i$  ( $m^2$ )

Luas Total :  $4.400 m^2$

### 7. Dominansi Relatif ( $DR$ )

Dominansi relatif merupakan perbandingan dominansi suatu spesies terhadap total dominansi seluruh spesies, dinyatakan dalam persen.

$$DR = (Di / \Sigma D) \times 100\%$$

$DR$  : dominansi relatif spesies ke- $i$  (%)

$Di$  : dominansi spesies ke- $i$



$\Sigma D$  : total dominansi seluruh spesies ( $\Sigma DR = 100\%$ )

#### 8. Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks Nilai Penting (INP) dihitung sebagai penjumlahan kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif suatu spesies. INP mencerminkan peran ekologis dan tingkat penguasaan suatu spesies dalam komunitas pohon (Fachrul, 2012). Nilai maksimum INP adalah 300%.

$$INP = KR + FR + DR$$

*INP* : Indeks Nilai Penting spesies ke-i (%)

*KR* : kerapatan relatif (%)

*FR* : frekuensi relatif (%)

*DR* : dominansi relatif (%)

Interpretasi nilai INP yang digunakan dalam penelitian ini mengacu pada kategori berikut:

- $INP > 100\%$  : Spesies Dominan
- $INP 50-100\%$  : Spesies Subdominan
- $INP < 50\%$  : Spesies Jarang / Minor

Hasil perhitungan seluruh parameter ekologi di atas kemudian disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deskriptif untuk memberikan gambaran yang komprehensif mengenai komposisi floristik, struktur tegakan, dan dominansi spesies pohon penyusun ekosistem Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, Kelurahan Ledug, Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan, sekaligus menyediakan data dasar bagi pemantauan keanekaragaman hayati dan pengelolaan ekosistem hutan pegunungan secara berkelanjutan.

#### Hasil Penelitian

Hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan uraian deskriptif, mencakup inventarisasi spesies, komposisi floristik, distribusi antarplot, struktur tegakan berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP), serta kondisi faktor lingkungan abiotik, guna memberikan gambaran yang komprehensif mengenai struktur komunitas pohon di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, Kelurahan Ledug, Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan.



**Tabel 1.** Indeks Nilai Penting (INP) Stratum Pohon di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan

| No.          | Nama spesies                  | n <sub>i</sub> | Kerapatan               |               | Frekuensi     |               | Dominansi              |               | INP (%)       | Interpretasi |
|--------------|-------------------------------|----------------|-------------------------|---------------|---------------|---------------|------------------------|---------------|---------------|--------------|
|              |                               |                | K (ind/m <sup>2</sup> ) | KR (%)        | F             | FR (%)        | LBDS (m <sup>2</sup> ) | DR (%)        |               |              |
| 1            | <i>Pinus merkusii</i>         | 45             | 0,01023                 | 50,00         | 0,7273        | 23,53         | 7,9240                 | 47,59         | 121,12        | Dominan      |
| 2            | <i>Swietenia mahagoni</i>     | 21             | 0,00477                 | 23,33         | 0,7273        | 23,53         | 5,8685                 | 35,25         | 82,11         | Subdominan   |
| 3            | <i>Syzygium aromaticum</i>    | 4              | 0,00091                 | 4,44          | 0,3636        | 11,76         | 0,4449                 | 2,67          | 18,88         | Minor        |
| 4            | <i>Persea americana</i>       | 5              | 0,00114                 | 5,56          | 0,2727        | 8,82          | 0,2532                 | 1,52          | 15,90         | Minor        |
| 5            | <i>Ficus septica</i>          | 3              | 0,00068                 | 3,33          | 0,1818        | 5,88          | 0,2345                 | 1,41          | 10,62         | Minor        |
| 6            | <i>Coffea arabica</i>         | 2              | 0,00045                 | 2,22          | 0,0909        | 2,94          | 0,7737                 | 4,65          | 9,81          | Minor        |
| 7            | <i>Musa paradisiaca</i>       | 2              | 0,00045                 | 2,22          | 0,1818        | 5,88          | 0,1460                 | 0,88          | 8,98          | Minor        |
| 8            | <i>Hibiscus tiliaceus</i>     | 3              | 0,00068                 | 3,33          | 0,0909        | 2,94          | 0,2216                 | 1,33          | 7,61          | Minor        |
| 9            | <i>Calliandra calothyrsus</i> | 1              | 0,00023                 | 1,11          | 0,0909        | 2,94          | 0,3632                 | 2,18          | 6,23          | Minor        |
| 10           | <i>Syzygium polyanthum</i>    | 1              | 0,00023                 | 1,11          | 0,0909        | 2,94          | 0,2579                 | 1,55          | 5,60          | Minor        |
| 11           | <i>Durio zibethinus</i>       | 1              | 0,00023                 | 1,11          | 0,0909        | 2,94          | 0,0765                 | 0,46          | 4,51          | Minor        |
| 12           | <i>Pinus sylvestris</i>       | 1              | 0,00023                 | 1,11          | 0,0909        | 2,94          | 0,0460                 | 0,28          | 4,33          | Minor        |
| 13           | <i>Gmelina sp.</i>            | 1              | 0,00023                 | 1,11          | 0,0909        | 2,94          | 0,0391                 | 0,23          | 4,29          | Minor        |
| <b>Total</b> |                               | <b>90</b>      | <b>0,02045</b>          | <b>100,00</b> | <b>3,0909</b> | <b>100,00</b> | <b>16,6490</b>         | <b>100,00</b> | <b>300,00</b> | —            |

Berdasarkan hasil analisis vegetasi yang dilakukan pada 11 plot pengamatan berukuran 20 × 20 meter di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, teridentifikasi sebanyak 13 spesies pohon dengan total 90 individu yang tersebar pada seluruh area pengamatan seluas 4.400 m<sup>2</sup>. Seluruh parameter ekologi yang meliputi kerapatan relatif (KR), frekuensi relatif (FR), dan dominansi relatif (DR) telah dihitung dan dirangkum dalam nilai Indeks Nilai Penting (INP) pada Tabel 1. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa total INP seluruh spesies mencapai 300%, yang merupakan nilai maksimum yang mengindikasikan bahwa seluruh perhitungan telah dilakukan secara akurat dan konsisten (Fachrul, 2012).

*Pinus merkusii* merupakan spesies dengan INP tertinggi sebesar 121,12%, sehingga dikategorikan sebagai spesies dominan dalam komunitas pohon di kawasan penelitian. Nilai INP tersebut diperoleh dari kontribusi KR sebesar 50,00%, FR sebesar 23,53%, dan DR sebesar 47,59%, yang mencerminkan bahwa spesies ini mendominasi kawasan baik dari segi jumlah individu, frekuensi kehadiran, maupun penguasaan ruang tumbuh. Dominansi *Pinus merkusii* yang sangat tinggi ini sejalan dengan karakteristiknya sebagai spesies pohon konifer yang adaptif terhadap berbagai kondisi habitat

pegunungan, termasuk toleransinya terhadap tanah miskin hara dan kondisi lingkungan yang kering (Imanuddin *et al.*, 2020). Penelitian serupa di kawasan Taman Nasional Gunung Ciremai juga melaporkan bahwa *Pinus merkusii* menempati posisi dominan pada stratum pohon dengan INP tertinggi, mengindikasikan kemampuan adaptasi dan persaingan spesies ini yang sangat kuat dalam ekosistem hutan pegunungan (Supartono *et al.*, 2023).



**Gambar 5.** *Pinus merkusii* sebagai Spesies INP Tertinggi Pertama  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi, 2026)

*Swietenia mahagoni* menempati posisi kedua dengan INP sebesar 82,11%, sehingga dikategorikan sebagai spesies subdominan. Nilai tersebut diperoleh dari KR 23,33%, FR 23,53%, dan DR 35,25%. Meskipun tidak dominan dari segi jumlah individu, nilai dominansi relatif (DR) yang cukup tinggi menunjukkan bahwa *Swietenia mahagoni* memiliki diameter batang yang besar sehingga menguasai ruang tumbuh yang signifikan dalam tegakan. Hal ini sesuai dengan karakteristik ekologi *Swietenia mahagoni* sebagai pohon berkanopi besar yang umumnya hadir dalam tegakan campuran di kawasan hutan pegunungan (Krisnawati *et al.*, 2011). Kehadiran kedua spesies ini secara dominan mencerminkan pola tegakan campuran yang dipengaruhi oleh praktik penanaman pohon komersial dan konifer di kawasan hutan tersebut (Sadili *et al.*, 2023).



**Gambar 6.** *Swietenia mahagoni* sebagai Spesies INP Tertinggi Kedua  
(Sumber : Dokumentasi Pribadi)

Sebelas spesies lainnya, yaitu *Syzygium aromaticum*, *Persea americana*, *Ficus septica*, *Coffea arabica*, *Musa paradisiaca*, *Hibiscus tiliaceus*, *Calliandra calothyrsus*, *Syzygium polyanthum*, *Durio zibethinus*, *Pinus sylvestris*, dan *Gmelina* sp., masing-masing memiliki INP di bawah 20% dan dikategorikan sebagai spesies jarang atau minor.



Rendahnya INP pada spesies-spesies tersebut disebabkan oleh jumlah individu yang sedikit, frekuensi kehadiran yang rendah, serta penguasaan ruang tumbuh yang terbatas. Spesies-spesies minor ini umumnya hanya hadir pada satu hingga beberapa plot saja, menunjukkan distribusi yang terbatas dan tidak merata di seluruh area pengamatan. Pola kehadiran spesies minor yang sporadis seperti ini merupakan pola umum yang juga dilaporkan dalam berbagai studi analisis vegetasi hutan di Indonesia, di mana spesies dominan cenderung mendominasi tegakan sementara spesies lainnya hadir dalam kelimpahan rendah (Arwin & Chairul, 2023; Fhirgiawan *et al.*, 2023).

Catatan klarifikasi identifikasi dan kriteria inklusi: (1) Individu yang tercatat sebagai *Pinus sylvestris* pada Plot 1 telah melalui proses verifikasi ulang berdasarkan karakter diagnostik daun jarum, strobilus, dan tekstur kulit batang yang dibandingkan dengan kunci identifikasi *Flora of Java* (Backer & Bakhuizen van den Brink, 1963–1968). Mengingat *Pinus sylvestris* merupakan spesies asli kawasan Eurasia yang tidak lazim ditemukan secara alami pada ekosistem hutan pegunungan Jawa, kemungkinan individu tersebut merupakan hasil introduksi terbatas (penanaman tunggal untuk uji coba jenis) atau merupakan individu *Pinus merkusii* muda dengan karakter morfologi atipikal; identifikasi tersebut tetap dipertahankan dalam data hasil sebagaimana pencatatan awal di lapangan, namun kehadirannya yang hanya satu individu pada satu plot (INP 4,33%) menjadikannya tidak berpengaruh signifikan terhadap kesimpulan dominansi tegakan secara keseluruhan. (2) *Musa paradisiaca* dan *Coffea arabica* tetap dimasukkan dalam inventarisasi karena keduanya memenuhi kriteria inklusi tunggal berupa keliling batang/batang semu pada DBH  $\geq 20$  cm yang diukur langsung di lapangan, sekaligus mencerminkan karakter kawasan Alas Pinggan sebagai hutan pegunungan yang telah mengalami pengelolaan campuran antara tegakan kehutanan dan praktik agroforestri masyarakat sekitar

**Tabel 2.** Distribusi Jumlah Individu Spesies Pohon pada Setiap Plot Pengamatan di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan

| Nama Spesies                  | P1 | P2 | P3 | P4 | P5 | P6 | P7 | P8 | P9 | P10 | P11 | ni |
|-------------------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|-----|----|
| <i>Pinus merkusii</i>         | 11 | —  | 1  | 8  | 4  | 3  | —  | —  | 2  | 8   | 8   | 45 |
| <i>Swietenia mahagoni</i>     | 3  | 7  | 1  | 2  | 2  | 2  | 3  | —  | —  | —   | 1   | 21 |
| <i>Syzygium aromaticum</i>    | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | 1  | 1  | —  | 1   | —   | 4  |
| <i>Persea americana</i>       | —  | —  | —  | 1  | 1  | —  | 3  | —  | —  | —   | —   | 5  |
| <i>Ficus septica</i>          | —  | —  | —  | 2  | —  | —  | —  | 1  | —  | —   | —   | 3  |
| <i>Coffea arabica</i>         | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 2   | —   | 2  |
| <i>Musa paradisiaca</i>       | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | —  | —  | 1   | —   | 2  |
| <i>Hibiscus tiliaceus</i>     | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 3  | —  | —  | —   | —   | 3  |
| <i>Calliandra calothyrsus</i> | —  | —  | —  | —  | —  | —  | —  | 1  | —  | —   | —   | 1  |



| Nama Spesies               | P1        | P2       | P3       | P4        | P5       | P6       | P7        | P8       | P9       | P10       | P11       | ni        |
|----------------------------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|
| <i>Syzygium polyanthum</i> | —         | —        | 1        | —         | —        | —        | —         | —        | —        | —         | —         | 1         |
| <i>Durio zibethinus</i>    | —         | —        | —        | —         | —        | —        | —         | —        | —        | —         | 1         | 1         |
| <i>Pinus sylvestris</i>    | 1         | —        | —        | —         | —        | —        | —         | —        | —        | —         | —         | 1         |
| <i>Gmelina sp.</i>         | —         | —        | —        | —         | —        | 1        | —         | —        | —        | —         | —         | 1         |
| <b>Total Individu/Plot</b> | <b>15</b> | <b>7</b> | <b>3</b> | <b>13</b> | <b>8</b> | <b>7</b> | <b>10</b> | <b>3</b> | <b>2</b> | <b>12</b> | <b>10</b> | <b>90</b> |

Pola distribusi spesies pohon menunjukkan variasi yang cukup jelas antarplot pengamatan. *Pinus merkusii* merupakan spesies dengan distribusi terluas, yaitu ditemukan pada 8 plot dari total 11 plot pengamatan (frekuensi 0,7273), diikuti oleh *Swietenia mahagoni* yang juga hadir pada 8 plot (frekuensi 0,7273). Kehadiran kedua spesies ini yang konsisten di hampir seluruh plot mengindikasikan bahwa kedua spesies tersebut mampu beradaptasi dengan baik terhadap variasi kondisi lingkungan di seluruh kawasan penelitian. Distribusi yang luas dan merata ini juga berkontribusi pada tingginya nilai frekuensi relatif (FR) kedua spesies tersebut, yang masing-masing mencapai 23,53% (Sambas *et al.*, 2018).

Beberapa spesies lain menunjukkan distribusi yang lebih terbatas. *Syzygium aromaticum* ditemukan pada 4 plot, sedangkan *Persea americana* hadir di 3 plot dan *Ficus septica* di 2 plot. Spesies-spesies lainnya seperti *Coffea arabica*, *Hibiscus tiliaceus*, *Calliandra calothyrsus*, *Syzygium polyanthum*, *Durio zibethinus*, *Pinus sylvestris*, dan *Gmelina sp.* masing-masing hanya ditemukan pada satu plot saja, mencerminkan distribusi yang sangat terbatas dan preferensi habitat yang spesifik terhadap kondisi mikro tertentu di kawasan penelitian. Pola distribusi spesies yang berbeda-beda ini mencerminkan respons ekologis masing-masing spesies terhadap gradien kondisi lingkungan yang terdapat di setiap plot pengamatan (Purwaningsih *et al.*, 2017).

**Tabel 3. Hasil** Pengukuran Faktor Lingkungan Abiotik per Plot Pengamatan di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan

| Plot | Suhu Udara (°C) | Kelembaban Udara (%) | Kelembaban Tanah (%) | pH Tanah | Kecepatan Angin (m/s) | Intensitas Cahaya (lux) | Ketinggian (mdpl) | Jarak dari plot sebelumnya (m) |
|------|-----------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 1    | 27,1            | 57                   | 26                   | 7,0      | 0                     | 3626                    | 910               | -                              |
| 2    | 28,7            | 61                   | 25                   | 5,0      | 0                     | 1691                    | 950               | 130                            |
| 3    | 27,5            | 53                   | 25                   | 7,0      | 0                     | 1021                    | 1.000             | 141                            |
| 4    | 26,3            | 42                   | 24                   | 4,6      | 1,8                   | 1680                    | 1.015             | 137                            |
| 5    | 24,5            | 67                   | 25                   | 4,5      | 1,4                   | 2096                    | 1.025             | 139                            |
| 6    | 25,5            | 64                   | 24                   | 7,0      | 0,1                   | 1412                    | 1.100             | 175                            |
| 7    | 29,4            | 51                   | 26                   | 6,5      | 0                     | 1279                    | 1.150             | 150                            |



| Plot      | Suhu Udara (°C) | Kelembaban Udara (%) | Kelembaban Tanah (%) | pH Tanah | Kecepatan Angin (m/s) | Intensitas Cahaya (lux) | Ketinggian (mdpl) | Jarak dari plot sebelumnya (m) |
|-----------|-----------------|----------------------|----------------------|----------|-----------------------|-------------------------|-------------------|--------------------------------|
| 8         | 24,2            | 56                   | 25                   | 7,0      | 1,1                   | 5504                    | 1.300             | -                              |
| 9         | 28,7            | 61                   | 25                   | 7,0      | 0                     | 2520                    | 1.039             | 138                            |
| 10        | 28,5            | 54                   | 24                   | 4,8      | 1,9                   | 1216                    | 1.050             | 136                            |
| 11        | 24,9            | 77                   | 25                   | 7,0      | 0                     | 689                     | 1.075             | -                              |
| Rata-rata | 26,85           | 58,45                | 24,9                 | 6,13     | 0,6                   | 2066,73                 | 1.055,82          | 143,25                         |

Hasil pengukuran faktor lingkungan abiotik pada seluruh plot pengamatan di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan disajikan pada Tabel 3. Secara umum, kondisi lingkungan abiotik di kawasan penelitian menunjukkan variasi yang moderat antarplot, mencerminkan adanya heterogenitas habitat yang memengaruhi distribusi spesies pohon di kawasan tersebut.

Suhu udara rata-rata pada kawasan penelitian adalah 26,85°C dengan kisaran 24,2°C hingga 29,4°C. Variasi suhu tersebut dipengaruhi oleh perbedaan intensitas naungan kanopi dan topografi pada masing-masing plot. Kondisi suhu yang berkisar antara 24–29°C ini masih berada dalam kisaran optimal bagi pertumbuhan *Pinus merkusii* yang diketahui tumbuh optimal pada suhu 19–28°C dengan rentang ketinggian 400–1.500 mdpl (Imanuddin *et al.*, 2020).

Kelembaban udara rata-rata adalah 58,45% dengan kisaran 42–77%. Kelembaban tanah relatif seragam dengan rata-rata 24,9% (kisaran 24–26%), menunjukkan kondisi kelembaban tanah yang cukup stabil di seluruh area pengamatan. Nilai pH tanah rata-rata sebesar 6,13 dengan kisaran 4,5–7,0, menunjukkan kondisi tanah yang beragam dari agak masam hingga netral. Intensitas cahaya menunjukkan variasi yang paling tinggi, berkisar antara 689 lux hingga 5.504 lux, dengan rata-rata 2.066,73 lux, mencerminkan perbedaan struktur kanopi pada setiap plot (Chairul & Najah, 2025).

**Tabel 4.** Analisis Korelasi Pearson antara Faktor Abiotik dengan Kekayaan Spesies Pohon per Plot

| Variabel Abiotik  | Koefisien Korelasi (r) | Nilai t-hitung | Signifikansi (df = 9; t-tabel = 2,262) |
|-------------------|------------------------|----------------|----------------------------------------|
| pH Tanah          | -0,213                 | -0,653         | Tidak signifikan (p > 0,05)            |
| Suhu Udara        | -0,350                 | -1,121         | Tidak signifikan (p > 0,05)            |
| Intensitas Cahaya | -0,177                 | -0,539         | Tidak signifikan (p > 0,05)            |
| Ketinggian (mdpl) | 0,258                  | 0,800          | Tidak signifikan (p > 0,05)            |

Keterangan: Kekayaan spesies dihitung sebagai jumlah spesies unik yang ditemukan pada setiap plot (kisaran 1–4 spesies/plot, rata-rata 3,09 spesies/plot, n = 11 plot). Nilai t-tabel pada derajat bebas (df) = 9 dan taraf signifikansi  $\alpha = 0,05$  (dua arah) adalah 2,262.



Hasil analisis pada Tabel 4 menunjukkan bahwa seluruh koefisien korelasi yang diperoleh tergolong lemah ( $|r| < 0,4$ ) dan tidak signifikan secara statistik pada taraf  $\alpha = 0,05$  (nilai  $|t\text{-hitung}|$  seluruh variabel lebih kecil dibandingkan  $t\text{-tabel} = 2,262$  pada  $df = 9$ ).

Korelasi antara ketinggian tempat dengan kekayaan spesies menunjukkan arah positif lemah ( $r = 0,258$ ), mengindikasikan kecenderungan kekayaan spesies yang sedikit lebih tinggi pada plot dengan elevasi lebih tinggi, meskipun hubungan ini tidak signifikan. Sebaliknya, suhu udara ( $r = -0,350$ ), pH tanah ( $r = -0,213$ ), dan intensitas cahaya ( $r = -0,177$ ) menunjukkan arah korelasi negatif lemah dengan kekayaan spesies. Tidak adanya korelasi yang signifikan secara statistik ini kemungkinan disebabkan oleh ukuran sampel yang terbatas ( $n = 11$  plot) serta kisaran variasi nilai abiotik yang relatif sempit pada skala plot, sehingga gradien lingkungan yang terbentuk belum cukup tajam untuk menghasilkan hubungan linear yang kuat dengan kekayaan spesies. Pola serupa juga dilaporkan oleh Lolila *et al.* (2023) yang menemukan bahwa hubungan antara variabel abiotik tunggal dengan kekayaan spesies pada skala plot seringkali lemah, dan baru menunjukkan pola yang lebih jelas ketika dianalisis secara multivariat atau pada skala gradien elevasi yang lebih luas.

## Pembahasan

Temuan pertama penelitian ini menunjukkan bahwa *Pinus merkusii* merupakan spesies pohon yang paling dominan di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan dengan nilai Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi sebesar 121,12%, jauh melampaui nilai 100% yang menjadi batas ambang kategorisasi spesies dominan. Nilai tersebut diperoleh dari kontribusi kerapatan relatif (KR) sebesar 50,00%, frekuensi relatif (FR) 23,53%, dan dominansi relatif (DR) 47,59%, yang menggambarkan bahwa spesies ini mendominasi kawasan secara menyeluruh baik dari segi jumlah individu, persebaran spasial, maupun penguasaan ruang tumbuh.

Dominansi *Pinus merkusii* yang sangat kuat di kawasan ini dapat dijelaskan melalui karakteristik ekologis intrinsik spesies ini. *Pinus merkusii* merupakan satu-satunya spesies pinus asli yang tumbuh secara alami di belahan bumi selatan dan diketahui memiliki adaptabilitas yang sangat luas terhadap berbagai kondisi lingkungan, termasuk tanah miskin hara, pH rendah, dan kondisi berdrainase baik yang umum dijumpai di kawasan hutan pegunungan (Imanuddin *et al.*, 2020). Suhu rata-rata kawasan penelitian sebesar 26,85°C dengan rentang 24,2–29,4°C perlu dikontekstualisasikan secara cermat dalam kerangka ekologi pegunungan. Pada ketinggian rata-rata 1.055,82 mdpl yang tercatat di seluruh plot pengamatan, nilai suhu tersebut terbilang relatif hangat untuk ekosistem sub-montana, mengingat nilai suhu yang umum dilaporkan pada ketinggian serupa di kawasan hutan pegunungan Jawa umumnya berkisar antara 18–24°C (Purwaningsih *et al.*, 2017). Kondisi suhu yang lebih hangat dari ekspektasi altitudinal ini kemungkinan dipengaruhi oleh kombinasi faktor lokal, antara lain pembukaan kanopi



akibat dominansi tegakan pinus yang relatif terbuka pada sebagian plot, paparan radiasi matahari langsung pada area dengan intensitas cahaya tinggi (mencapai 5.504 lux pada Plot 8), serta pengaruh topografi lereng yang memfasilitasi aliran udara hangat dari dataran rendah. Meskipun demikian, suhu rata-rata 26,85°C dengan rentang 24,2–29,4°C masih berada dalam batas toleransi pertumbuhan *Pinus merkusii*, yang diketahui tumbuh optimal pada rentang suhu 19–28°C pada ketinggian 400–1.500 mdpl (Imanuddin *et al.*, 2020), sehingga kondisi termal kawasan ini tidak secara langsung membatasi dominansi spesies tersebut. Selain itu, nilai pH tanah yang berkisar 4,5–7,0 di beberapa plot penelitian, terutama plot dengan pH masam (4,5–4,8), tidak menghambat pertumbuhan *Pinus merkusii* karena spesies ini memiliki toleransi yang tinggi terhadap kondisi tanah masam berkat kemampuannya membentuk asosiasi mikoriza ektotropik yang membantu penyerapan hara pada kondisi tanah yang tidak optimal (Sulton *et al.*, 2024).

Temuan ini sejalan dengan teori diferensiasi relung (*niche differentiation theory*) yang menjelaskan bahwa spesies yang berhasil mendominasi suatu komunitas adalah spesies yang mampu mengeksploitasi sumber daya lingkungan secara paling efisien dan menempati relung ekologi yang paling luas dalam gradien lingkungan yang tersedia (Umarani *et al.*, 2024). Dalam konteks kawasan Alas Pinggan, *Pinus merkusii* menempati relung ekologi yang paling luas dengan mampu hadir pada 8 dari 11 plot pengamatan yang memiliki variasi kondisi suhu, kelembaban, pH tanah, dan intensitas cahaya yang cukup beragam. Penguasaan ruang tumbuh yang sangat besar ditunjukkan pula oleh nilai LBDS *Pinus merkusii* yang mencapai 7,92 m<sup>2</sup>, jauh lebih tinggi dibandingkan spesies lainnya, yang mengindikasikan bahwa individu-individu *Pinus merkusii* di kawasan ini memiliki rata-rata diameter batang yang besar (DBH rata-rata 47,35 cm) sehingga menghasilkan dominansi ruang tumbuh yang sangat signifikan.

Temuan dominansi *Pinus merkusii* ini konsisten dengan berbagai penelitian terdahulu. Supartono *et al.* (2023) melaporkan bahwa *Pinus merkusii* juga menempati posisi dominan pada stratum pohon di kawasan hutan pinus Taman Nasional Gunung Ciremai, Jawa Barat, dengan nilai IVI tertinggi di antara seluruh spesies pohon yang ditemukan. Penelitian tersebut menyimpulkan bahwa dominansi *Pinus merkusii* pada ekosistem hutan pegunungan Jawa berkaitan erat dengan sejarah penanaman massal dalam program reboisasi lahan kritis. Hal serupa juga dilaporkan oleh Permatasari *et al.* (2024) yang menemukan bahwa *Pinus merkusii* memiliki nilai IVI tertinggi di kawasan agroforestri zona tradisional Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Temuan ini memperkuat bukti bahwa *Pinus merkusii* secara konsisten mendominasi tegakan pohon pada ekosistem hutan pegunungan di Pulau Jawa. Selain itu, Imanuddin *et al.* (2020) mengonfirmasi bahwa dominansi *Pinus merkusii* di berbagai kawasan hutan pegunungan Indonesia juga dipengaruhi oleh sifatnya sebagai spesies pionir yang tumbuh cepat dan mampu berkompetisi dengan baik dalam kondisi gangguan maupun pemulihan ekosistem.



Implikasi dari temuan ini adalah perlunya evaluasi terhadap komposisi tegakan di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, mengingat dominansi tunggal oleh *Pinus merkusii* yang sangat tinggi dapat mengindikasikan berkurangnya heterogenitas struktural tegakan dan potensi penurunan keanekaragaman spesies pohon asli dalam jangka panjang. Kajian oleh Jin *et al.* (2024) menunjukkan bahwa tegakan pinus murni memiliki keterbukaan kanopi yang lebih tinggi dibandingkan hutan campuran, yang berdampak pada rendahnya keanekaragaman vegetasi di bawah tegakan akibat kompetisi cahaya yang tidak seimbang.

*Swietenia mahagoni* menempati posisi subdominan dengan INP 82,11%, yang berada pada rentang 50–100% sesuai kriteria kategori subdominan (Fachrul, 2012). Menariknya, meskipun jumlah individu *Swietenia mahagoni* (21 individu) jauh lebih sedikit dibandingkan *Pinus merkusii* (45 individu), nilai dominansi relatifnya yang mencapai 35,25% menunjukkan bahwa spesies ini memiliki diameter batang yang besar (DBH rata-rata 59,65 cm) sehingga menguasai ruang tumbuh yang tidak proporsional terhadap jumlah individunya.

Kondisi ini dapat diinterpretasikan sebagai refleksi dari sejarah penanaman *Swietenia mahagoni* sebagai pohon komersial bernilai tinggi di kawasan hutan Jawa. Krisnawati *et al.* (2011) menjelaskan bahwa *Swietenia mahagoni* dan *Swietenia macrophylla* merupakan spesies mahoni yang sangat dihargai secara komersial dan telah lama dibudidayakan dalam sistem hutan tanaman di Indonesia, dengan kemampuan tumbuh yang baik pada kondisi cahaya penuh dan tanah dengan drainase baik. Pola koeksistensi antara *Pinus merkusii* dan *Swietenia mahagoni* yang ditemukan dalam penelitian ini selaras dengan laporan Supartono *et al.* (2023) yang juga menemukan *Swietenia macrophylla* sebagai salah satu spesies dengan IVI tinggi pada strata tiang di kawasan pinus Gunung Ciremai, yang menunjukkan pola umum tegakan campuran pinus-mahoni di hutan pegunungan Jawa.

Sebelas spesies yang dikategorikan sebagai spesies jarang atau minor (INP < 50%) mencerminkan pola distribusi spesies yang umum dijumpai pada ekosistem hutan yang telah mengalami modifikasi. Arwin & Chairul (2023) dalam penelitiannya tentang analisis vegetasi tegakan pohon di hutan kota Bukit Langkisau menemukan pola serupa di mana sebagian besar spesies pohon hadir dengan INP rendah dan hanya satu atau dua spesies yang mendominasi tegakan. Irawan *et al.* (2023) juga melaporkan bahwa dalam ekosistem hutan yang telah mengalami gangguan atau pengelolaan, kecenderungan dominansi oleh satu atau dua spesies dengan mayoritas spesies lainnya berstatus minor merupakan ciri khas dari komunitas pohon yang berada pada tahap suksesi tertentu. Rendahnya INP spesies-spesies minor seperti *Syzygium aromaticum*, *Persea americana*, *Coffea arabica*, dan *Musa paradisiaca* yang berkisar antara 4,29–18,88% mencerminkan kelimpahan individu dan penguasaan ruang tumbuh yang terbatas dalam komunitas pohon kawasan penelitian. Namun, kehadiran ketiga spesies budidaya tersebut *Coffea arabica* (kopi), *Persea americana* (alpukat), dan *Musa paradisiaca* (pisang) di dalam



kawasan hutan pegunungan perlu diinterpretasikan lebih dari sekadar kategorisasi sebagai "komponen agroforestri". Keberadaan spesies-spesies tanaman pangan dan perkebunan ini di dalam kawasan hutan merupakan indikator konkret adanya tekanan antropogenik berupa perambahan kawasan oleh aktivitas pertanian masyarakat sekitar hutan. Pola ini konsisten dengan temuan berbagai studi yang menunjukkan bahwa kehadiran tanaman budidaya di dalam kawasan hutan seringkali merupakan penanda awal deforestasi bertahap (*gradual encroachment*), di mana masyarakat secara perlahan membuka tegakan hutan untuk kepentingan subsisten maupun komersial tanpa seizin pengelola kawasan (Parker *et al.*, 2024; Gaveau *et al.*, 2022). Dalam konteks kawasan Alas Pinggan yang berada di lereng Gunung Arjuno-Welirang dengan aksesibilitas yang relatif tinggi dari pemukiman Kelurahan Ledug, tekanan perambahan ini perlu menjadi perhatian serius pengelola kawasan. Temuan ini sekaligus menggarisbawahi pentingnya pemantauan vegetasi secara berkala untuk mendeteksi perluasan spesies budidaya sebagai proksi tekanan batas kawasan hutan (Irawan *et al.*, 2023).

Temuan ketiga berkaitan dengan pola distribusi spesies antarplot dan pengaruh faktor lingkungan abiotik terhadap komposisi dan kehadiran spesies. Pola distribusi yang tidak merata ini merupakan fenomena yang secara teoritis dapat dijelaskan melalui teori respons spesies terhadap gradien kondisi lingkungan yang menyatakan bahwa setiap spesies memiliki kisaran toleransi yang berbeda terhadap faktor-faktor lingkungan, sehingga distribusinya mencerminkan kesesuaian habitat antara kebutuhan ekologis spesies dengan kondisi mikro yang tersedia pada setiap lokasi (Lolila *et al.*, 2023).

Data faktor abiotik menunjukkan variasi antar plot yang cukup signifikan. Nilai pH tanah yang berkisar antara 4,5–7,0 mencerminkan heterogenitas kondisi tanah yang mempengaruhi preferensi spesies. Lolila *et al.* (2023) dalam penelitiannya pada hutan sub-pegunungan Tanzania juga melaporkan bahwa pH tanah, suhu tahunan rata-rata, dan unsur hara fosfat merupakan penentu utama komposisi dan distribusi spesies pohon dalam gradien lingkungan, dengan variasi pH yang signifikan antarplot berkorelasi positif dengan perbedaan komposisi spesies yang ditemukan.

Intensitas cahaya yang menunjukkan variasi sangat tinggi (689–5.504 lux antarplot) juga memberikan penjelasan terhadap pola distribusi spesies minor di kawasan penelitian. Jin *et al.* (2024) dalam kajiannya tentang struktur kanopi hutan pinus pegunungan membuktikan bahwa variasi intensitas cahaya yang tinggi di bawah tegakan pinus berkorelasi dengan tingginya heterogenitas spasial relung cahaya yang tersedia bagi spesies-spesies dengan kebutuhan cahaya yang berbeda-beda. Temuan ini juga konsisten dengan kajian yang dilakukan oleh Purwaningsih *et al.* (2017) pada hutan pegunungan lereng selatan Gunung Wilis, Jawa Timur, yang melaporkan bahwa komposisi spesies pohon pada hutan pegunungan Jawa bervariasi secara signifikan seiring dengan perubahan kondisi lingkungan di setiap petak pengamatan. Sambas *et al.* (2018) pada kajian vegetasi Gunung Endut, Taman Nasional Gunung Halimun Salak, juga menunjukkan konsistensi pola bahwa heterogenitas lingkungan abiotik menciptakan



mosaik habitat yang pada akhirnya menentukan pola distribusi spesies dalam komunitas pohon hutan pegunungan.

Secara teoretis, penelitian ini memberikan kontribusi pada pemahaman ekologi komunitas pohon hutan pegunungan di Indonesia. Data INP yang dihasilkan memberikan landasan kuantitatif yang kuat untuk memahami hierarki ekologis spesies dalam tegakan dan memperkuat dalil teoritis bahwa dominansi spesies dalam ekosistem hutan merupakan produk interaksi antara karakteristik adaptasi intrinsik spesies dengan kondisi lingkungan abiotik yang membentuk gradien selektif (Umarani *et al.*, 2024). Secara praktis, data inventarisasi ini dapat digunakan sebagai dasar ilmiah bagi pengelola kawasan dalam merumuskan kebijakan pengelolaan tegakan, termasuk pertimbangan untuk memperkaya keanekaragaman spesies pohon asli pegunungan guna meningkatkan heterogenitas tegakan dan memperbaiki nilai konservasi kawasan (Imanuddin *et al.*, 2020; Sulton *et al.*, 2024). Lebih lanjut, ditemukannya spesies budidaya (*Coffea arabica*, *Persea americana*, dan *Musa paradisiaca*) di dalam kawasan mengindikasikan perlunya penegakan batas kawasan hutan dan program pengelolaan berbasis masyarakat yang memberikan alternatif mata pencaharian bagi penduduk sekitar, sehingga tekanan perambahan dapat dikurangi secara bertahap tanpa mengorbankan kepentingan sosial-ekonomi masyarakat setempat (Gaveau *et al.*, 2022).

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui secara jujur. Pertama, pengambilan data hanya dilakukan pada satu waktu pengamatan (27 April 2026) sehingga belum mampu merekam variasi temporal komposisi dan struktur tegakan. Kedua, kriteria inklusi DBH  $\geq 20$  cm yang diterapkan hanya mencakup stratum pohon dewasa, sehingga data ini tidak merepresentasikan kondisi regenerasi alami yang sangat penting dalam memahami dinamika suksesi jangka panjang ekosistem. Ketiga, area pengamatan sebesar 4.400 m<sup>2</sup> mungkin belum cukup representatif untuk menangkap seluruh variasi komposisi spesies di seluruh kawasan. Oleh karena itu, penelitian lanjutan dengan cakupan area yang lebih luas, pengamatan pada semua tingkat pertumbuhan, dan pengukuran pada periode yang berbeda sangat diperlukan (Fhirgiawan *et al.*, 2023; Purwaningsih *et al.*, 2017).

## **Simpulan dan Saran**

### **Simpulan**

Penelitian ini berhasil mengidentifikasi komposisi floristik stratum pohon di Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan, Kelurahan Ledug, Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan. Dari 11 plot pengamatan seluas 4.400 m<sup>2</sup>, tercatat 13 spesies pohon dengan total 90 individu. Komposisi floristik kawasan ini didominasi oleh dua spesies pohon hasil penanaman komersial dan program reboisasi, yaitu *Pinus merkusii* dan *Swietenia mahagoni*, sementara 11 spesies lainnya hadir secara sporadis sebagai komponen minor. Perlu dicatat bahwa *Pinus merkusii* secara taksonomi merupakan spesies asli Indonesia dan satu-satunya spesies pinus yang tumbuh secara alami di belahan



bumi selatan, sehingga tepat dikategorikan sebagai spesies asli (*native species*) meskipun dominansinya di kawasan Alas Pinggan sangat kemungkinan merupakan hasil penanaman massal dalam program reboisasi, bukan rekrutmen alami dari populasi liar. Temuan ini mencerminkan karakteristik tegakan campuran yang sangat dipengaruhi oleh program penanaman pohon komersial dan konifer di kawasan hutan pegunungan tersebut.

Analisis struktur komunitas melalui perhitungan Indeks Nilai Penting (INP) menunjukkan bahwa *Pinus merkusii* merupakan spesies dominan dengan INP tertinggi sebesar 121,12%, yang diperoleh dari kerapatan relatif 50,00%, frekuensi relatif 23,53%, dan dominansi relatif 47,59%. *Swietenia mahagoni* menempati posisi subdominan dengan INP 82,11%. Sebelas spesies lainnya dikategorikan sebagai spesies jarang atau minor dengan INP masing-masing di bawah 20%.

Kondisi abiotik kawasan penelitian, meliputi rata-rata suhu udara 26,85°C, kelembaban udara 58,45%, dan pH tanah 6,13, menunjukkan heterogenitas habitat antarplot yang berpengaruh terhadap distribusi dan kehadiran spesies. Pola distribusi spesies yang tidak merata di seluruh plot pengamatan menegaskan bahwa gradien kondisi lingkungan abiotik, khususnya pH tanah dan intensitas cahaya, berperan penting dalam membentuk komposisi dan struktur komunitas pohon di kawasan ini. Secara keseluruhan, penelitian ini memberikan kontribusi data dasar ekologi vegetasi yang valid sebagai landasan ilmiah bagi pemantauan keanekaragaman hayati dan pengelolaan Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan secara berkelanjutan.

Penelitian ini memiliki beberapa keterbatasan yang perlu diakui secara eksplisit sebagai pertimbangan dalam menginterpretasikan temuan dan merancang penelitian lanjutan. Pertama, pengambilan data hanya dilakukan pada satu waktu pengamatan (27 April 2026) sehingga temuan ini tidak merekam variasi temporal komposisi dan struktur tegakan yang dapat berubah antarmusim. Kedua, kriteria inklusi DBH  $\geq 20$  cm membatasi cakupan inventarisasi hanya pada stratum pohon dewasa, sehingga data ini tidak merepresentasikan kondisi regenerasi alami pada tingkat semai, pancang, dan tiang yang sangat penting untuk memahami dinamika suksesi jangka panjang ekosistem. Ketiga, total area pengamatan seluas 4.400 m<sup>2</sup> (11 plot  $\times$  400 m<sup>2</sup>) mungkin belum cukup representatif untuk menangkap seluruh variasi komposisi spesies di seluruh kawasan Alas Pinggan yang memiliki rentang elevasi 910–1.300 mdpl. Keterbatasan-keterbatasan ini perlu menjadi dasar perancangan penelitian lanjutan yang lebih komprehensif.

## Saran

Peneliti selanjutnya disarankan untuk memperluas cakupan inventarisasi vegetasi ke seluruh strata pertumbuhan, mencakup tingkat semai, pancang, dan tiang, guna memperoleh gambaran yang komprehensif mengenai dinamika regenerasi alami dan suksesi jangka panjang ekosistem Kawasan Hutan Pegunungan Alas Pinggan. Kajian perbandingan komposisi floristik secara temporal dengan pengamatan pada dua musim (musim hujan dan kemarau) juga sangat direkomendasikan. Selain itu, penelitian tentang indeks keanekaragaman hayati pohon serta analisis hubungan kuantitatif antara variabel



abiotik tanah dan distribusi spesies menggunakan pendekatan ordinasi vegetasi dapat memperdalam pemahaman tentang faktor pengendali komposisi komunitas pohon di kawasan ini. Bagi pengelola kawasan hutan dan Dinas Lingkungan Hidup Kabupaten Pasuruan, data INP yang dihasilkan penelitian ini dapat dijadikan dasar ilmiah untuk merancang program pengayaan jenis pohon asli pegunungan guna meningkatkan heterogenitas tegakan dan nilai konservasi kawasan.

### Ucapan Terima Kasih

Penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada dosen pendamping yang telah memberikan bimbingan, arahan, dan masukan konstruktif selama pelaksanaan studi lapang hingga penyelesaian artikel ini. Apresiasi juga disampaikan kepada panitia kegiatan studi lapang yang telah mengorganisasikan seluruh rangkaian kegiatan dengan baik sehingga pengambilan data di lapangan dapat berjalan lancar dan sistematis. Penulis turut mengucapkan terima kasih kepada seluruh rekan satu kelompok yang telah berkontribusi aktif dalam proses pengumpulan data, diskusi ilmiah, dan penyusunan laporan. Penghargaan juga diberikan kepada pembimbing kelompok atas motivasi, pendampingan, dan dukungan yang diberikan selama kegiatan berlangsung. Semoga seluruh kerja sama dan dedikasi yang telah terjalin memberikan manfaat bagi pengembangan ilmu pengetahuan dan pengelolaan lingkungan hidup secara berkelanjutan.

### Daftar Rujukan

- Arwin, L. S. I., & Chairul. (2023). Analisis vegetasi tegakan pohon di kawasan hutan kota Bukit Langkisau Painan, Pesisir Selatan. *Jurnal Biologi Universitas Andalas*, 11(1), 1–6. <https://doi.org/10.25077/jbioua.11.1.1-6.2023>
- Backer, C. A., & Bakhuizen van den Brink, R. C., Jr. (1963–1968). *Flora of Java (Spermatophytes only)* (Vols. 1–3). Wolters-Noordhoff.
- Chairul, C., & Najah, M. S. (2025). Komposisi dan struktur vegetasi pohon pada habitat *Rafflesia arnoldii* R.Br. di kawasan hutan Nagari Saniangbaka, Kabupaten Solok. *Jurnal Biologi UNAND*, 13(1), 1–7. <https://doi.org/10.25077/jbioua.13.01.01-07.2025>
- Fachrul, M. F. (2012). *Metode sampling bioekologi*. Bumi Aksara.
- Fhirgiawan, S. Y., Satjapradja, O., & Meiganati, K. B. (2023). Komposisi dan struktur vegetasi hutan gambut kawasan restorasi ekosistem Riau. *Jurnal Nusa Sylva*, 22(2), 46–54. <https://doi.org/10.31938/jns.v22i2.488>
- Firdaus, N., Supriatna, & Supriatna, J. (2022). Ecosystem services research trends in Indonesia: a bibliometric analysis. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 23(2), 1105–1117. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d230255>
- Gaveau, D. L. A., Salim, M. A., Husnayaen, Locatelli, B., Angelsen, A., Manurung, T., Descals, A., & Sheil, D. (2022). Slowing deforestation in Indonesia follows declining oil palm expansion and lower oil prices. *PLOS ONE*, 17(3), e0266178. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0266178>
- Imanuddin, R., Hidayat, A., Rachmat, H. H., Turjaman, M., Pratiwi, Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., & Susilowati, A. (2020). Reforestation and sustainable



- management of *Pinus merkusii* forest plantation in Indonesia: A review. *Forests*, 11(12), 1235. <https://doi.org/10.3390/f11121235>
- Indriyanto. (2012). *Ekologi hutan*. Bumi Aksara.
- Irawan, A., Peniwidiyanti, Ainurrofiah, Destrianto, H., Kusumah, M., & Apriandana, V. (2023). Floristic composition and structure of vegetation in Gunung Salak geothermal power plant, West Java, Indonesia. *Reinwardtia*, 22(1), 37–53. <https://biologyjournal.brin.go.id/index.php/reinwardtia/article/view/520>
- Jin, P., Xu, M., Yang, Q., & Zhang, J. (2024). The influence of stand composition and season on canopy structure and understory light environment in different subtropical montane *Pinus massoniana* forests. *PeerJ*, 12, e17067. <https://doi.org/10.7717/peerj.17067>
- Krisnawati, H., Kallio, M. H., & Kanninen, M. (2011). *Swietenia macrophylla* King: Ecology, silviculture and productivity. CIFOR. <https://doi.org/10.17528/cifor/003468>
- Lolila, N. J., Shirima, D. D., & Mauya, E. W. (2023). Tree species composition along environmental and disturbance gradients in tropical sub-montane forests, Tanzania. *PLOS ONE*, 18(3), e0282528. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0282528>
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (1974). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons. (Edisi cetak, tanpa DOI; tersedia melalui <https://archive.org/details/aimsmethodsofveg0000muel>)
- Nugroho, H. Y. S. H., Nurfatriani, F., Indrajaya, Y., Yuwati, T. W., Ekawati, S., Salminah, M., Gunawan, H., Subarudi, S., Sallata, M. K., Allo, M. K., Muin, N., Isnani, W., Putri, I. A., Prayudyaningsih, R., Ansari, F., Siarudin, M., Setiawan, O., & Baral, H. (2022). Mainstreaming ecosystem services from Indonesia's remaining forests. *Sustainability*, 14(19), 12124. <https://doi.org/10.3390/su141912124>
- Parker, D., Tosiani, A., Yazid, M., Sari, I. L., Kartika, T., Firmansyah, R., Said, Z., Wijaya, A., Potapov, P., Tyukavina, A., Stehman, S. V., Zalles, V., Pickens, A., Pickering, J., Turubanova, S., & Hansen, M. C. (2024). Land in limbo: Nearly one third of Indonesia's cleared old-growth forests left idle. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 121(28), e2318029121. <https://doi.org/10.1073/pnas.2318029121>
- Permatasari, A., Ananda Mosa, S., Winata, B., Rusniarsyah, L., Peniwidiyanti, P., & Izzbilhaq, I. (2024). Tree species diversity and management in agroforestry Pohpohan (*Pilea melastomoides*): The case in the traditional zone of Gunung Halimun Salak National Park, Indonesia. *BIOTROPIA*, 31(3), 380–390. <https://doi.org/10.11598/btb.2024.31.3.2281>
- Purwaningsih, Polosokan, R., Yusuf, R., & Kartawinata, K. (2017). Phytosociological study of the montane forest on the south slope of Mt. Wilis, East Java, Indonesia. *Reinwardtia*, 16(1), 31–45. <https://doi.org/10.14203/reinwardtia.v16i1.3110>
- Sadili, A., Salamah, A., Mirmanto, E., & Kartawinata, K. (2023). Variasi komposisi dan struktur hutan pamah alami di Bodogol, Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat, Indonesia. *Reinwardtia*, 22(1), 1–25. <https://doi.org/10.55981/reinwardtia.2023.4399>



- Sambas, E. N., Kusmana, C., Prasetyo, L. B., & Partomihardjo, T. (2018). Vegetation analysis and population structure of plants at Mount Endut forested area, Gunung Halimun Salak National Park, Banten, Java, Indonesia. *Reinwardtia*, 17(1), 39–53. <https://biologyjournal.brin.go.id/index.php/reinwardtia/article/view/459>
- Sulton, M. N., Aurina, D. M., Muhammad, F., Fadzilah, F. P. A., Hanun, Z., Indrawan, M., Budiharta, S., Supriatna, J., Nursamsi, I., & Setyawan, A. D. (2024). Predicting the current and future distributions of *Pinus merkusii* in Southeast Asia under climate change. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(3), 1135–1143. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d250328>
- Supartono, T., Adhya, I., Kosasih, D., & Wildani, W. (2023). Tree species diversity adapted to *Pinus merkusii* forests in Gunung Ciremai National Park, West Java, Indonesia. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 24(8), 4314–4323. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240844>
- Umarani, M. S., Wang, D., O'Dwyer, J. P., & D'Andrea, R. (2024). A spatial signal of niche differentiation in tropical forests. *The American Naturalist*, 203(4), 445–457. <https://doi.org/10.1086/729218>