



Analisis Vegetasi Pada Tegakan *Pinus merkusii* Di Desa Rambusaratu Kecamatan Mamasa Provinsi Sulawesi Barat

“Vegetation Analysis of *Pinus merkusii* Stands in Rambusaratu Village, Mamasa District, West Sulawesi Province”

Limerti M¹*, Andi Irmayanti Idris¹, Muhammad Agusfatrham Ramli¹

¹Program Studi Kehutanan, Universitas Sulawesi Barat, Majene

*Corresponding author's email : limertyesty@gmail.com

Diterima: 11 November 2025

Disetujui: 26 Desember 2025

Diterbitkan: 31 Desember 2025

ABSTRAK: *Pinus merkusii* merupakan salah satu jenis hutan produksi penting yang banyak dikembangkan pada wilayah Hutan di Sulawesi Barat. Dominasi pinus yang kuat sering memengaruhi struktur vegetasi dan tingkat keanekaragaman tumbuhan bawah. Penelitian ini bertujuan untuk mendeskripsikan struktur dan komposisi vegetasi pada tegakan *Pinus merkusii* serta menganalisis tingkat keanekaragaman dan peran ekologi masing-masing jenis di Desa Rambusaratu, Kecamatan Mamasa, Provinsi Sulawesi Barat. Penelitian menggunakan metode kurva spesies area dengan sistem petak kuadrat dengan ukuran plot 20x20 m, sebanyak 18 plot diamati untuk memperoleh data jumlah jenis, jumlah individu, kerapatan, frekuensi, dominansi, serta perhitungan Indeks Nilai Penting (INP), indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), kemerataan (E), dan kekayaan jenis (R). Hasil penelitian menunjukkan terdapat 13 jenis vegetasi yang tersebar pada empat strata pertumbuhan. *Pinus merkusii* memiliki nilai INP tertinggi pada strata pohon, menunjukkan dominasi yang sangat kuat. Pola distribusi diameter tidak membentuk kurva J terbalik, yang menandakan regenerasi di dominasi pohon dengan kelas menengah akibat penanaman serentak pinus di Lokasi penelitian. Nilai keanekaragaman (H') tergolong rendah, mengindikasikan komunitas yang didominasi satu jenis, sementara nilai kemerataan (E) menunjukkan distribusi individu yang tidak seimbang antarjenis.

Kata kunci: Analisis vegetasi, keanekaragaman, *Pinus merkusii*, struktur tegakan.

ABSTRACT: *Pinus merkusii* is one of the important production forest species widely developed in the Forest area of West Sulawesi. The strong dominance of pine often affects the vegetation structure and the level of diversity of understory plants. This study aims to describe the structure and composition of vegetation in *Pinus merkusii* stands and analyze the level of diversity and ecological role of each species in Rambusaratu Village, Mamasa District, West Sulawesi Province. The study used the species-area curve method with a quadratic plot system with a plot size of 20x20 m, a total of 18 plots were observed to obtain data on the number of species, number of individuals, density, frequency, dominance, and calculation of the Importance Value Index (INP), Shannon-Wiener diversity index (H'), evenness (E), and species richness (R). The results showed that there were 13 types of vegetation spread across four growth strata. *Pinus merkusii* had the highest INP value in the tree strata, indicating very strong dominance. The diameter distribution pattern did not form an inverted J curve, which indicates regeneration is dominated by trees with a medium class due to the simultaneous planting of pines in the study location. The diversity value (H') is low, indicating a community dominated by one species, while the evenness value (E) indicates an unbalanced distribution of individuals across species.

Key words: Vegetation analysis, diversity, *Pinus merkusii*, stand structure.

1. PENDAHULUAN

Pinus (*Pinus merkusii*) merupakan jenis tanaman pionir yang memiliki tingkat pertumbuhan yang tinggi dan memiliki banyak kegunaan. Sebagai tanaman pionir, Pinus mampu tumbuh di lahan marginal dan berfungsi dalam proses reboisasi serta penghijauan



(Aznawi, 2022). Secara ekologi, hutan pinus berperan sebagai penyerap karbon yang efektif, membantu mengurangi emisi gas rumah kaca. Selain itu, hutan pinus dapat menciptakan iklim mikro yang sejuk dan nyaman, yang mendukung keanekaragaman hayati serta menyediakan habitat bagi berbagai spesies flora dan fauna.

Tegakan pinus juga memberikan manfaat ekonomi yang signifikan terhadap pendapatan masyarakat. Kayu pinus digunakan dalam berbagai industri seperti konstruksi, pembuatan mebel, dan produk kayu lainnya (Mampi *et al.*, 2018). Selain itu, getah pinus (oleoresin) yang dihasilkan dapat diolah menjadi gondorukem dan terpentin, bahan baku penting untuk industri cat, sabun, dan bahan kimia lainnya (Tajuddin dan Suryanto, 2022). Aznawi (2022) menyebutkan dengan luas hutan pinus yang signifikan di Indonesia, potensi ekonomi dari sektor ini sangat besar dan dapat menghidupi banyak keluarga di sekitarnya. Selanjutnya, dari perspektif lingkungan, tegakan pinus berfungsi dalam konservasi tanah, mencegah erosi, dan menjaga kesuburan tanah. Struktur akar yang kuat dari pohon pinus membantu menstabilkan tanah, serta mengurangi risiko banjir (Aznawi, 2022).

Analisis vegetasi adalah suatu cara yang dilakukan untuk memperoleh data tentang komposisi flora dan data kuantitatif mengenai penyebaran, jumlah, dan dominansi dari masing-masing jenis dalam suatu area (Hidayat, 2018). Analisis vegetasi membantu dalam menilai stabilitas dan produktivitas ekosistem. Perubahan dalam komposisi vegetasi dapat mempengaruhi interaksi antar spesies dan komponen ekosistem lainnya, yang pada gilirannya dapat mempengaruhi keseimbangan ekologis secara keseluruhan. Data ini sangat penting untuk pengelolaan sumber daya alam, seperti hutan dan lahan pertanian, serta untuk pengembangan strategi konservasi. Harbi *et al.*, (2024) menambahkan dengan mengetahui jenis-jenis vegetasi yang ada di suatu area, kita dapat merencanakan tindakan konservasi yang lebih efektif untuk melindungi spesies yang terancam punah dan habitat mereka. Ini termasuk identifikasi area dengan keanekaragaman tinggi yang perlu dilindungi.

Desa Rambusaratu merupakan salah satu desa penyangga Taman Nasional Gandang Dewa yang memiliki potensi hutan sebagai habitat burung dan kawasan alami yang masih terjaga. Salah satu jenis tumbuhan yang mendominasi di desa ini adalah Pinus. Dominasi pinus yang kuat dapat memengaruhi struktur vegetasi dan tingkat keanekaragaman tumbuhan bawah. Selain karena membutuhkan pencahayaan penuh untuk tumbuh secara optimal, pohon pinus juga memiliki saluran resin pada daun dan serasah yang dapat menghasilkan suatu metabolit sekunder yaitu alelopati yang bersifat toksik terhadap



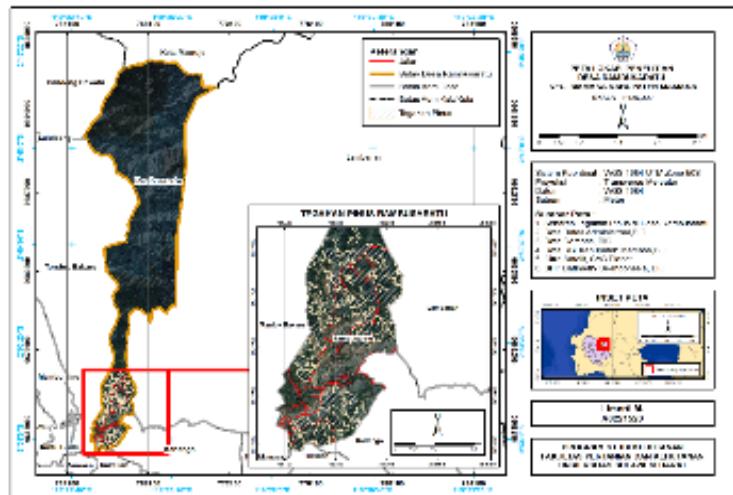
serangga maupun tumbuhan (Siregar dan Nugroho, 2020). Herman *et al.*, (2022) dalam studinya menjelaskan tertutupnya cahaya matahari ke lantai hutan dan tingginya zat Alelopati pada pinus, menyebabkan tumbuhan lain sulit untuk tumbuh di bawah tegakan pinus. Kondisi ini dapat menimbulkan menurunnya tingkat keanekaragaman hayati, yang dapat berdampak negatif pada stabilitas ekosistem jangka panjang.

Berdasarkan hal tersebut penelitian ini penting untuk memahami struktur vegetasi dan komposisi vegetasi pada hutan pinus, serta dampaknya terhadap keanekaragaman hayati yang ada. Data yang dikumpulkan dapat menjadi dasar bagi kebijakan pengelolaan hutan yang berbasis pada informasi ilmiah, yang dapat membantu merencanakan pengendalian spesies invasif dan pemulihian ekosistem yang lebih efektif serta berkelanjutan, dalam upaya perlindungan dan pemanfaatan hutan secara bijaksana. Dengan demikian, kajian ini memiliki peran penting dalam mendukung keseimbangan ekologis, keragaman hayati, dan kelestarian sumber daya alam di Desa Rambusaratu, sekaligus meningkatkan kesejahteraan masyarakat yang bergantung pada ekosistem tersebut.

2. METODOLOGI PENELITIAN

2.1. Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli hingga Oktober 2025, di Desa Rambusaratu, Kecamatan Mamasa, Kabupaten Mamasa, Provinsi Sulawesi Barat.



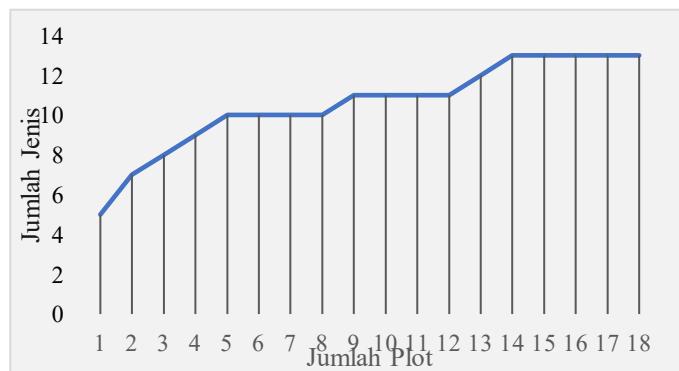
Gambar 1. Lokasi Penelitian

2.2. Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah pita meter, *Global Position System* (GPS), kamera, alat tulis, eteran, dan laptop. Adapun bahan yang digunakan yaitu *Thally sheet*, dan tali rafia.

2.3. Teknik Pengumpulan Data

Pengumpulan data dalam penelitian ini menggunakan metode kurva spesies area untuk menentukan luas petak contoh minimum yang representatif dalam mewakili keanekaragaman spesies vegetasi di lokasi penelitian (Astuti *et al.*, 2019). Ukuran petak awal yang digunakan adalah 20 x 20m. Pengamatan dilakukan dengan mencatat jumlah spesies pada setiap petak berturut-turut, kemudian menghitung akumulasi jumlah spesies dari petak pertama hingga petak berikutnya (Gambar 2). Berdasarkan hasil pengukuran, diperoleh total 13 spesies, dimana tidak ditemukan penambahan jumlah spesies setelah plot ke-14. Oleh karena itu, jumlah plot yang digunakan dalam penelitian ini adalah 18 plot guna memastikan representasi data yang valid dan komprehensif. Setiap petak dilakukan pencatatan atau pendataan yang mencakup nama jenis, jumlah individu, diameter batang, dan tinggi vegetasi untuk pohon kecil (tiang) dan pohon dewasa. Sedangkan untuk tingkat permudaan bawah (pancang dan semai) dilakukan pencatatan jenis dan jumlah individu.



Gambar 2. kurva akumulasi jumlah jenis

2.4. Analisis Data

Analisis data vegetasi dilakukan untuk mendapatkan nilai-nilai Kerapatan (K), Kerapatan Relatif (KR), Frekuensi (F), Frekuensi Relatif (FR), Dominansi (D), Dominansi Relatif (DR), Indeks Nilai Penting (INP), Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Winner



(H'), indeks kekayaan jenis (R), serta indeks kemerataan jenis (E). Adapun rumus analisis sebagai berikut:

$$\text{Kerapatan Jenis} = \frac{\text{Jumlah individu suatu spesies}}{\text{Luas Seluruh Petak}}$$

$$\text{Kerapatan Relatif} = \frac{\text{Kerapatan tiap spesies}}{\text{jumlah kerapatan semua spesies}} \times 100\%$$

$$\text{Frekuensi jenis} = \frac{\text{jumlah plot ditemukan spesies}}{\text{jumlah seluruh plot}}$$

$$\text{Frekuensi Relatif} = \frac{\text{frekuensi suatu jenis}}{\text{frekuensi seluruh plot}} \times 100\%$$

$$\text{Dominansi jenis} = \frac{\text{total basal area species}}{\text{luas areal contoh}}$$

$$\text{Dominansi relatif} = \frac{\text{Dominansi tiap spesies}}{\text{Jumlah dominansi seluruh spesies}} \times 100\%$$

Indeks Nilai Penting = Kerapatan Relatif (KR) + Frekuensi Relatif (FR) + Dominansi Relatif (DR)

$$H' = - \sum_i^s (p_i) \ln (p_i)$$

Keterangan :

H' = Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener

Pi = Proporsi nilai penting jenis yang ditemukan dalam jenis yang ke-i

ln = Logaritma natural

ni = Jumlah individu dari jenis

N = Jumlah total individu seluruh jenis

Indeks kekayaan jenis (R): $(S-1) \ln (N)$

Keterangan:

S = jumlah species

N= jumlah individu

$$\text{Indeks kemerataan jenis (E)}: \frac{H'}{S}$$

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

S = Jumlah spesies

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

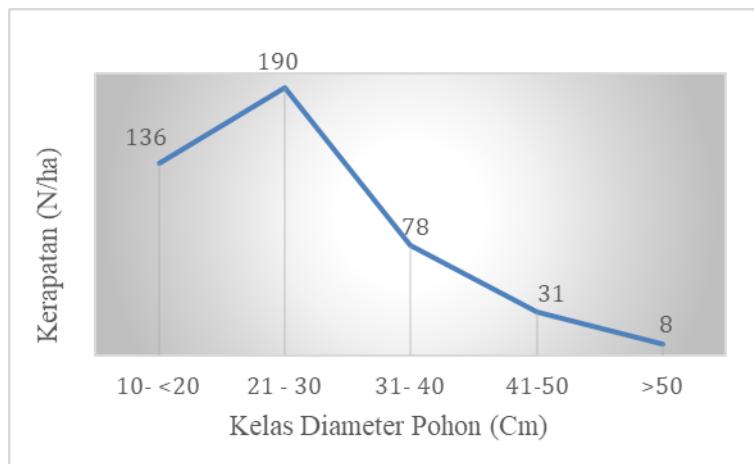
3.1 Struktur dan Komposisi jenis Vegetasi

3.1.1 Struktur Vegetasi

Struktur vegetasi yaitu susunan suatu organisasi individu di dalam ruang yang membentuk suatu tegakan (Jamiluddin *et al.*, 2021). Stratifikasi dan tutupan vegetasi secara horizontal dapat digambarkan berdasarkan kerapatan vegetasi dengan kelas



diameter pohon (Wijayanto dan Prasetyo, 2021).



Gambar 3. Struktur horizontal pada berbagai kelas diameter

Berdasarkan gambar kurva struktur horizontal, tegakan pinus di Desa Rambusatu menunjukkan, pola distribusi diameter yang tidak mengikuti pola J terbalik. Tegakan lebih didominasi oleh pohon pada kelas diameter menengah (20- >30 cm) dengan kerapatan tertinggi yaitu 203 individu/ha, kerapatan menurun seiring bertambahnya kelas diameter mencapai 8 individu/ha pada kelas diameter terbesar (50 cm). Dominasi kelas diameter sedang ini menunjukkan bahwa sebagian besar pohon berada pada fase pertumbuhan menengah, dengan regenerasi alami yang menghasilkan banyak pohon kecil tampak terbatas dan pohon besar pun masih relatif sedikit, mencerminkan tahap pertumbuhan tegakan yang belum memasuki fase dewasa secara keseluruhan. Pola ini umumnya ditemukan yang pernah mengalami gangguan atau intervensi manusia, dimana kelas menengah dapat terakumulasi sehingga distribusi diameter yang tidak selalu berbentuk *intervened-J* (Su *et al.*, 2023).

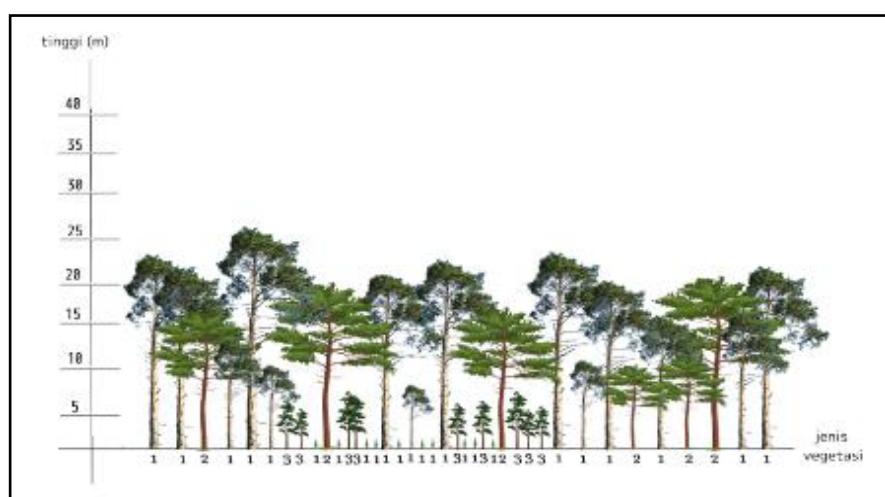
Pola ini berbeda dengan pola J-terbalik yang biasanya ditemukan di hutan alam yang memiliki proses regenerasi aktif dan populasi pohon yang beragam dalam berbagai kelas diameter. Pada hutan tanaman satu jenis dengan penanaman serempak seperti ini, pola distribusi diameter cenderung unimodal dengan dominasi kelas diameter tertentu, khususnya kelas diameter sedang (Awaluddin, 2024). Temuan ini diperkuat dengan temuan Kusmana & Melyanti, (2017) yang menunjukkan struktur tegakan hutan tanaman pinus yang tumbuh pada lahan bekas kritis umumnya menunjukkan distribusi kelas diameter yang didominasi oleh diameter sedang karena faktor umur tegakan muda dan



terbatasnya regenerasi alami akibat kondisi lingkungan dan manajemen penanaman yang seragam.

Selain itu, faktor keterbatasan lingkungan lahan bekas kritis seperti kesuburan tanah rendah, pH tanah yang masam, dan kemampuan menyimpan air yang terbatas mempengaruhi pertumbuhan pohon sehingga memungkinkan tegakan belum banyak memasuki kelas diameter besar. Studi di Desa Uwemanje, Kecamatan Kinovaro, Kabupaten Sigi, Sulawesi Tengah, menemukan bahwa sifat kimia tanah di bawah tegakan pinus yang ditanam pada lahan bekas kritis memengaruhi pertumbuhan pohon dengan kandungan bahan organik yang masih rendah serta pH tanah asam yang membatasi unsur hara penting (N, P) sehingga pertumbuhan pohon terhambat (Tongka *et al.*, 2019).

Struktur vertikal merupakan hubungan fungsional antara kelas tinggi dengan kerapatan vegetasi dan menggambarkan stratifikasi tajuk (Wijayanto & Prasetyo, 2021). Stratifikasi tajuk yang terbentuk di hutan alam terbagi menjadi 5 stratum, yaitu: stratum A (>30m), stratum B (20–30m), stratum C (4–20m), stratum D (1–4m) dan stratum E (0–1 m) (Soerianegara dan Indrawan, 1988). Hasil penelitian pada gambar 4 menunjukkan bahwa vegetasi yang tumbuh di tegakan pinus Desa Rambusaratu Sebagian besar tajuknya didominasi oleh stratum B dengan kelas tinggi tinggi 20-30m, Hal ini menunjukkan tegakan lebih didominasi pohon yang lebih besar dan lebih tua mendominasi strata atas, yang dapat menunjukkan bahwa hutan telah mencapai tahap kematangan.



Catatan: (1) Pinus, (2) Bayam jawa, dan (3) Kuse-kuse
Gambar 4. Visualisasi struktur vertikal tegakan

Struktur vertikal tegakan didominasi oleh pohon *Pinus merkusii* yang mempunyai tinggi mencolok dan tajuk simetris atau kerucut, membentuk lapisan kanopi utama di bagian atas (Stratum A), kemudian disusul beberapa vegetasi seperti jenis pinus, *macadamia*, kole, palli dan bayam jawa yang cenderung terdapat di bawah tegakan pinus, membentuk struktur lapisan yang lebih rendah (stratum B dan C). Sedangkan pada Stratum bawah E disusun oleh tingkat semai. Pola ini menunjukkan struktur stratifikasi yang jelas, di mana pinus berperan sebagai spesies klimaks dan pembentuk kanopi utama, sedangkan tanaman lain mengisi strata bawah, yang sesuai dengan model arsitektur tegakan hutan monospesifik (Ramadani *et al.*, 2020).

Pola persebaran *Pinus merkusii* yang dijumpai di lapangan kebanyakan dalam kondisi lahan miring, dengan jarak antar relatif teratur. Ramadani *et al.*, (2024) dalam studinya menjelaskan tekanan pola sebaran Pinus pada lahan miring yang menghasilkan struktur vertikal pohon yang optimal untuk adaptasi lingkungan dan efisiensi fisiologis. Sehingga, jenis pohon lain dalam plot dapat tumbuh di bawah tegakan. Sebaran ini menciptakan iklim mikro dan pencahayaan khas di bawah kanopi, memungkinkan toleransi dan kelangsungan hidup berbagai jenis tanaman di bawah tajuk.

3.1.2 Komposisi Jenis

Analisis vegetasi dilakukan untuk dapat mengetahui komposisi jenis suatu taksa atau habitus tumbuhan. Komposisi jenis vegetasi merupakan susunan dan jumlah spesies yang terdapat dalam suatu tegakan vegetasi.

Berdasarkan hasil observasi/pengamatan di lokasi penelitian dan hasil analisis vegetasi yang telah dilakukan dari 18 plot ditemukan 13 jenis yang tumbuh sesuai tingkat strata diantaranya semai, pancang, tiang, dan pohon. Jenis-jenis tersebut terdiri atas *Pinus merkusii* sebagai spesies dominan pada serta beberapa jenis spesies endemik seperti Macadamia dan Uru. Keberadaan tumbuhan endemik tersebut menambah nilai penting ekologis dan konservasi di Desa Rambusaratu. Tumbuhan endemik ini biasanya memiliki peran spesifik dalam ekosistemnya dan perlu dilestarikan untuk menjaga fungsi ekosistem yang unik (Darajati *et al.*, 2016).



Tabel 1. Jenis dan jumlah individu yang ditemukan

No	Lokal	Nama Jenis Tanaman		Tingkat Pertumbuhan			
		Indonesia	Latin	Pohon	Tiang	Pancang	Semai
1	Pinus	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	185	48	20	23
2	Tumaku	Makadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	28	10	10	4
3	Bayam jawa	Merbau	<i>Lantsia spp</i>	17	8	0	0
4	Kole	Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	8	7	7	2
5	Palli	-	<i>Quercus menadonensis</i>	2	0	0	0
6	Uru	Cempaka hutan	<i>Elmerillia ovalis</i>	0	4	0	7
7	Kawista	Kawista	<i>Limonia acidissima</i>	0	1	0	0
8	Kuse-kuse	-	-	0	0	13	19
9	Kawa	Kopi	<i>Coffea arabica l</i>	0	0	4	5
10	Gmelina	Jati putih	<i>Gmelina arborea roxb</i>	0	0	1	1
11	Dengen	Dengen	<i>Dillenia serrata</i>	0	0	2	0
12	Kayu manis	Kayu manis	<i>Cinnamomum verum</i>	0	0	6	4
13	Ra'da	Balik angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	0	0	0	4

Sumber: data primer setelah diolah, 2025.

Hasil penelitian menunjukkan strata dengan komposisi jenis yang paling tinggi dibandingkan dengan strata lainnya ditemukan pada tingkat semai (9 jenis), diikuti pancang (8 jenis), tiang (6 jenis) dan pohon (5 jenis). Keanekaragaman vegetasi yang tinggi pada strata bawah (semai dan pancang) mengindikasikan adanya potensi regenerasi alami serta heterogenitas komunitas pada fase awal, namun tidak semua jenis mampu tumbuh sampai pada strata atas (tiang dan pohon) sehingga tegakan menjadi lebih homogen seiring bertambahnya umur tegakan. Hal ini menunjukkan bahwa keanekaragaman vegetasi menurun seiring meningkatnya strata. Sejalan dengan penelitian Rahmawati *et al.*, (2019), yang menunjukkan adanya penurunan jumlah komposisi jenis pada tegakan *Pinus merkusii* di KPH Banyumas Timur seiring dengan bertambahnya umur tegakan, yang menggambarkan efek tutupan kanopi yang semakin rapat. Harbi *et al.*, (2024) dalam studinya juga menjelaskan, menurunnya jumlah komposisi jenis pada setiap tingkat strata secara berurutan mengindikasikan proses suksesi berjalan normal sebagai hutan sekunder dengan permudaan alam.



Keberadaan beragam jenis pada strata semai dan strata pancang menunjukkan bahwa regenerasi alami masih berlangsung meskipun tingkat kerapatan dan dominasi *Pinus merkusii* masih tinggi sebagai tegakan utama. Strata vegetasi yang berlapis mampu menyediakan berbagai mikrohabitat yang penting dalam menjaga keberlanjutan biodiversitas lokal. Vegetasi bawah yang heterogen terbukti meningkatkan ketersediaan pakan, ruang perlindungan, serta keberadaan serangga dan satwa kecil pada ekosistem pinus (Wijayanto & Prasetyo, 2021). Menurut Shobby *et al.*, (2025), tumbuhan bawah di hutan pinus tidak hanya meningkatkan keragaman hayati, tetapi juga berperan dalam konservasi tanah dengan mengurangi erosi dan meningkatkan kandungan bahan organik tanah, sehingga mendukung stabilitas ekosistem.

Dominasi *Pinus merkusii* yang disertai keberadaan spesies lain seperti *Macadamia integrifolia*, *Alphitonia incana*, *Elmerilla ovalis*, dan beragam tumbuhan pada strata bawah menunjukkan bahwa fungsi ekologis kawasan ini masih berjalan meskipun didominasi satu spesies utama. Serasah pinus yang memiliki kadar lignin tinggi dapat menurunkan pH dan memperlambat mineralisasi, namun keberadaan vegetasi bawah yang lebih mudah terurai seperti kuse-kuse, kayu manis, dan dengen membantu meningkatkan kualitas bahan organik tanah, memperkaya aktivitas mikroba, serta menstabilkan unsur hara (Shobby *et al.*, 2025). Komposisi jenis yang bervariasi juga meningkatkan kemampuan tegakan dalam mengatur tata air, di mana sistem perakaran pinus yang dalam mampu menahan erosi, sementara vegetasi bawah meningkatkan infiltrasi dan menjaga kestabilan kelembapan tanah melalui struktur serasah yang lebih porous (Kusmana & Melyanti, 2017).

3.1.3 Indeks Nilai Penting (INP)

Dominasi suatu jenis terhadap jenis-jenis lain dalam suatu komunitas diketahui dari nilai indeks nilai penting (INP). Spesies dengan INP tertinggi menunjukkan pentingnya peranan jenis tersebut dalam suatu komunitas. Nilai INP yang bervariasi disebabkan adanya kompetisi setiap jenis memperoleh unsur hara bagi pertumbuhannya sehingga jika jenis tersebut berhasil memenuhi unsur hara maka akan bertahan dan menjadi jenis yang memiliki peran penting pada komunitas tersebut (Harbi *et al.*, 2024). Nilai INP diperoleh dari penjumlahan tiga parameter utama, yaitu kerapatan relatif, frekuensi relatif, dan dominansi relatif.

Tabel 2. Nilai INP pada tingkat pohon

Nama jenis	Nama latin	N	Pohon							
			LBD S	K	KR	F	FR	D	DR	INP
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	185	15,46	257	98,8	1	43,90	0,86	86,21	228,9
Macadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	28	1,18	1,56	0,60	0,72	31,71	0,07	6,59	38,90
Merbau	<i>Lantsia spp</i>	17	0,84	0,94	0,36	0,33	14,63	0,05	4,69	19,69
Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	8	0,30	0,44	0,17	0,17	7,32	0,02	1,67	9,15
Palli	<i>Quercus menadonensis</i>	2	0,15	0,11	0,04	0,06	2,44	0,01	0,84	3,32
Total		240	17,93	260	100	2,3	100	1	100	300

Sumber: data primer setelah diolah, 2025.

Vegetasi pada tingkat pohon ditemukan lima spesies, yaitu pinus, *macadamia*, bayam jawa, kole serta palli dengan jumlah total individu seluruh spesies adalah 240. Hasil analisis pada tabel 5.2 dapat diketahui bahwa pinus merupakan spesies yang paling mendominasi dengan nilai INP tertinggi yaitu 228,9%. Hal ini didukung oleh nilai Kerapatan Relatif (KR) sebesar 98,82%, Frekuensi Relatif (FR) sebesar 43,90%, dan Dominansi Relatif (DR) sebesar 86,21%. Nilai ini menunjukkan bahwa pinus merupakan jenis yang paling melimpah, sering dijumpai, dan memiliki peran ekologis yang paling penting dalam struktur vegetasi di lokasi penelitian. Hasil yang relevan dalam penelitian sebelumnya oleh Natalia *et al.*, (2020) di kawasan Candi Gedong, menemukan bahwa jenis pinus memiliki nilai INP lebih tinggi (208,8%) dari jenis lain pada habitus pohon. Hasil yang serupa juga didapati oleh Rawana *et al.*, (2023) di kawasan Alas Burno SUB KPH Lumajang yang menekankan dominasi spesies pinus pada strata pohon dengan INP sebesar 80,92%.

Dominasi pinus pada strata pohon di picu oleh penanaman masif untuk tujuan produksi getah serta kemampuan adaptasinya yang tinggi pada berbagai kondisi tanah dan iklim. Keberadaan pinus pada tingkat pohon, sering menutup ruang ekologis untuk spesies lain, yang menyebabkan rendahnya keanekaragaman dan cairan komunitas pada strata pohon (Natalia *et al.*, 2020). Jenis lain seperti *macadamia* dan merbau memiliki nilai INP yang jauh lebih rendah, masing-masing sebesar 30,90% dan 19,96%, nilai ini mengindikasikan perannya sebagai vegetasi pelengkap dengan kontribusi yang terbatas terhadap struktur tegakan. Sementara jenis kolepasan dan palli hanya menyumbang INP masing-masing 9,15% dan 3,32%, menunjukkan perannya yang kecil dalam struktur tegakan. Perbedaan



besar nilai INP antar jenis menegaskan bahwa keberlanjutan komunitas sangat dipengaruhi oleh dominasi spesies utama (Rawana *et al.*, 2023).

Tabel 3. Nilai INP vegetasi pada strata tiang

Nama jenis	Nama latin	N	Tiang								INP
			LBD S	K	KR	F	FR	D	DR		
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	48	1,1	66,67	61,54	0,94	44,7 4	0,67	67,3 4	173,6	
Makadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	10	0,18	13,89	12,82	0,44	21,0 5	0,11	11,3 2	45,19	
Merbau	<i>Lantsia sp</i>	8	0,16	11,11	10,26	0,28	13,1 6	0,10	10,0 7	33,49	
Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	7	0,08	9,72	8,97	0,22	10,5 3	0,05	4,95	24,45	
Uru	<i>Elmerillia ovalis</i>	4	0,08	5,56	5,13	0,17	7,89	0,05	4,92	17,94	
Kawista	<i>Limonia acidissima</i>	1	0,02	1,39	1,28	0,06	2,63	0,01	1,39	5,30	
Total		78	1,63	108,33	100	2,11	100	1,00	100	300	

Sumber: data primer setelah diolah, 2025.

Berdasarkan hasil pengolahan data, ditemukan enam jenis vegetasi yang menyusun strata tiang yaitu pinus, makadamia, merbau, kolepasan, uru, dan kawista, dengan total jumlah tercatat 78 individu. Dari keenam jenis tersebut, jenis pinus merupakan spesies tunggal yang mendominasi pada tingkat dengan nilai INP tertinggi sebesar 173,6% jauh mengungguli spesies lain. Makadamia dan bayam jawa memiliki nilai INP masing-masing sebesar 45,19% dan 33,49%. Jenis lain seperti kolepasan, uru, dan kawista memiliki nilai INP dibawah 25%, nilai ini menandakan perannya yang kecil dalam struktur tegakan.

Dominasi pinus pada strata tiang ini terlihat dari nilai kerapatan (66,67/ha) dan frekuensi (0,94%), yang menunjukkan tingkat penyebaran dan kehadirannya yang tinggi dalam komunitas. Selain itu, nilai dominansi (D) dan dominansi relatif (DR) juga mendukung peran utama pinus dalam struktur vegetasi, yakni 0,67 dan 67,34%. Hal ini mengindikasikan bahwa pinus merupakan spesies kunci yang menentukan komposisi dan struktur ekosistem strata tiang di desa Rambusaratu. Hal ini sejalan dengan hasil studi pada vegetasi lain, di mana 1-2 spesies yang ditemukan berperan sebagai penyusun utama dan sisanya sebagai pendukung ekosistem pada strata tiang di Bukit Sulap Kota Lubuklinggau (Arisandy dan Triyanti, 2018).

Tabel 4. Nilai INP vegetasi pada strata pancang

Nama Jenis	Nama Latin	Pancang					
		N	K	KR	F	FR	INP
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	19	26,39	31,67	0,44	33,33	65,00
Makadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	9	12,50	15,00	0,33	25,00	40,00
Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	7	9,72	11,67	0,17	12,50	24,17
Kuse-Kuse	-	12	16,67	20,00	0,11	8,33	28,33
Kopi	<i>Coffea arabica l</i>	4	5,56	6,67	0,11	8,33	15,00
Jati putih	<i>Gmelina arborea</i>	1	1,39	1,67	0,06	4,17	5,83
Dengen	<i>Dillenia serrata</i>	2	2,78	3,33	0,06	4,17	7,50
Kayu Manis	<i>Cinnamomum verum</i>	6	8,33	10,00	0,06	4,17	14,17
Total		60	83,33	100	1,33	100	200

Sumber: data primer setelah diolah, 2025.

Hasil analisis data menunjukkan bahwa pada tingkat pancang ditemukan total ada 60 jumlah individu, yang terdiri dari 8 jenis vegetasi (tabel 5.4). Spesies dengan nilai INP tertinggi yaitu pinus sebesar 65,00%, tercermin dari nilai kerapatan relatif (KR) sebesar 31,75/ha dan frekuensi relatif (FR) sebesar 33,33%, menandakan jenis ini juga mendominasi pada strata pancang. Spesies lain yang cukup banyak dijumpai yaitu *Macadamia* dan Kuse-kuse, dengan INP masing-masing sebesar 40,00% dan 28,33%. Sedangkan jenis lain seperti Kolepasan, Kopi, Jati putih, Dengen, dan Kayu Manis, memiliki INP dibawahh 25%, menandakan peran yang kecil dalam struktur vegetasi pada tingkat pancang.

Dominasi *Pinus merkusii* pada strata pancang menggambarkan keberhasilan regenerasi vertikal pinus yang terus berlanjut dari strata bawah menuju strata atas. Pola ini terlihat dari pinus yang juga mendominasi pada strata tiang dan pohon, ini menunjukkan kesinambungan pertumbuhan dan perkembangan populasi pinus dalam struktur komunitas hutan. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian Awaluddi (2024), yang menyatakan bahwa pinus memiliki kemampuan regeneratif yang kuat, terutama di ekosistem terbuka dan semi-terbuka, memungkinkan spesies ini untuk mendominasi dan mempertahankan diri di berbagai kondisi.

Berdasarkan hasil analisis pada strata semai, terdapat 9 jenis vegetasi berhasil teridentifikasi dengan total 69 individu. Pada strata ini, *Pinus merkusii* kembali menjadi spesies dominan dengan nilai INP tertinggi yakni 64,37%. Tingginya nilai INP pinus pada strata semai menandakan kemampuan kompetitifnya dalam tahap awal pertumbuhan, baik

dari aspek kerapatan, frekuensi, maupun dominansi, sehingga memperkuat posisinya dalam komunitas di hutan pinus desa Rambusaratu. Kehadiran spesies lain seperti Kuse-kuse (48,23%), Uru (20,49%), dan Makadamia (19,59%), Kopi (14,14%), Jati putih (4,90%), Kolepasan (6,35%), dan kayu manis (9,25%), yang relatif tinggi menunjukkan bahwa masih ada potensi regenerasi dari spesies lain yang perlu dijaga agar tidak semakin menyusut. Keberadaan spesies lain ini sangat penting untuk mempertahankan fungsi-fungsi ekosistem dan membentuk cadangan plasma nutfah untuk regenerasi alami (Mawazin *et al.*, 2024). Kusmana dan Melyanti (2017), dalam penelitiannya menjelaskan bahwa regenerasi awal dan pertumbuhan spesies miror masih memiliki peluang keberlanjutan apabila kondisi pengelolaan dan lingkungan mendukung keberlanjutan tersebut.

Tabel 5. Nilai INP vegetasi pada strata semai

Semai							
Nama jenis	Nama latin	n	K	KR	F	FR	INP
Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	23	31,94	33,33	0,50	31,03	64,37
Makadamia	<i>Macadamia integrifolia</i>	4	5,56	5,80	0,22	13,79	19,59
Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	2	2,78	2,90	0,06	3,45	6,35
Kuse-Kuse	-	19	26,39	27,54	0,33	20,69	48,23
Uru	<i>Elmerillia ovalis</i>	7	9,72	10,14	0,17	10,34	20,49
Kopi	<i>Coffea arabica l</i>	5	6,94	7,25	0,11	6,90	14,14
Jati putih	<i>Gmelina arborea</i>	1	1,39	1,45	0,06	3,45	4,90
Balik Angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	4	5,56	5,80	0,11	6,90	12,69
Kayu Manis	<i>Cinnamomum verum</i>	4	5,56	5,80	0,06	3,45	9,25
Total		69	96	100	1,61	100	200

Sumber: data primer setelah diolah, 2025.

Dominasi spesies pinus secara konsisten di semua strata pertumbuhan mulai dari semai, pancang, tiang hingga pohon, mengindikasikan bahwa proses regenerasi vertikal didominasi oleh satu spesies, sehingga berpotensi menurunkan keanekaragaman jenis dalam jangka panjang. Kondisi ini memiliki implikasi penting bagi pengelolaan hutan, sebab dominasi berlebih dapat menghambat pertumbuhan spesies lain melalui kompetisi cahaya, ruang tumbuh, dan unsur hara, serta menciptakan tegakan yang homogen (Rawana *et al.*, 2023). Tegakan homogen cenderung memiliki ketahanan ekologis lebih rendah terhadap gangguan seperti perubahan iklim, serangan hama, atau kebakaran. Penelitian oleh Rangkuti *et al.* (2023) dan Priyono *et al.*, (2021), menunjukkan bahwa dominansi satu spesies dalam jangka panjang dapat menyebabkan rendahnya pergantian jenis serta



mengurangi peluang regenerasi alami spesies lokal atau endemik, secara signifikan yang mempengaruhi produktivitas ekosistem. Intensitas cahaya rendah dan serasah tebal pada pinus yang lambat terurai, menghalangi regenerasi bawah dan mengurangi heterogenitas habitat untuk satwa kecil dan organisme tanah (Rahmawati *et al.*, 2019).

Keanekaragaman tinggi yang di temukan pada tingkat permudaan bawah (semai dan pancang) sebagai cadangan regenerasi masa depan mengindikasikan potensi heterogenitas tegakan apabila pengelolaannya tepat. Implikasi praktis dari dominasi vertikal *Pinus merkusii* menunjukkan perlunya intervensi pengelolaan. Masyarakat dan pengelola hutan di Desa Rambusaratu direkomendasikan fokus menjaga keanekaragaman strata bawah melalui peningkatan tumbuhan bawah selektif, seperti penanaman spesies endemik seperti *Macadamia integrifolia* maupun spesies lainnya yang toleran terhadap pinus di celah kanopi, untuk meningkatkan ketahanan ekosistem terhadap gangguan iklim dan hama di masa depan.

3.2 Tingkat Keanekaragaman Vegetasi

Indikator keanekaragaman vegetasi dalam penelitian ini diindikasikan dari hasil indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), Indeks kekayaan jenis (R) serta indeks kemerataan jenis (E). Ketiga indeks ini adalah indikator keanekaragaman hayati guna mengatasi kompleksitas interaksi komunitas biotik maupun abiotik, dan kestabilan suatu komunitas vegetasi (Utami dan Putra, 2020).

Tabel 6. Nilai indikator keanekaragaman hayati

No	Indikator Keanekaragaman	Nilai	Kategori
1	H'	0,49	Rendah
2	R	1,97	Rendah
3	E	0,2	Rendah

Sumber: data primer setelah diolah, 2025

3.2.1 Indeks keanekaragaman Shanon-Wiener (H')

Penilaian keanekaragaman jenis pada lokasi penelitian dianalisis menggunakan nilai Indeks keanekaragaman Shanon (H'), semakin besar nilai H' menunjukkan semakin tinggi keanekaragaman jenis, produktivitas, kestabilan, dan tekanan pada ekosistem tersebut.



Tabel 7. Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon-Winer (H')

No	Jenis Vegetasi		Indeks Keanekaragaman Jenis				
	Nama Jenis	Latin	n	pi	ln pi	pi ln pi	H'
1	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	275	0,62	-0,49	-0,30	
2	Makadamia	<i>Macadamia</i>	51	0,11	-2,17	-0,06	
3	Pongo	<i>Limonia acidissima</i>	1	0,00	-6,10	0,00	
4	Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	24	0,05	-2,92	-0,03	
5	Palli	<i>Quercus menadonensis Kds</i>	2	0,00	-5,41	0,00	
6	Uru	<i>Elmerillia ovalis</i>	11	0,02	-3,70	-0,01	
7	Merbau	<i>Lantsia spp</i>	25	0,06	-2,88	-0,03	0,49
8	Kayu manis	<i>Cinnamomum verum</i>	10	0,02	-3,80	-0,01	
9	Balik angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	4	0,01	-4,72	0,00	
10	Kuse-kuse	-	31	0,07	-2,67	-0,03	
11	Dengen	<i>Dillenia serrata</i>	2	0,00	-5,41	0,00	
12	Kopi	<i>Coffea arabica l</i>	9	0,02	-3,91	-0,01	
13	Jati putih	<i>gmelina arborea roxb</i>	2	0,00	-5,41	0,00	

Sumber: data primer setelah diolah, 2025

Berdasarkan jumlah individu jenis dan total jumlah individu seluruh spesies (tabel 5.7), menunjukkan nilai keanekaragaman jenis pada tegakan pinus desa Rambusaratu dikategorikan rendah ($H' = 0,49$), sesuai kriteria Odum (1993), yaitu $H' < 1$ rendah, $1 < H' < 3$ sedang, dan $H' > 3$ tinggi (Nuraida *et al.*, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa telah terjadinya suksesi namun ada jenis-jenis tingkat bawah yang tidak mampu bertahan sampai ke pohon akibat dominansi kuat spesies pinus. Rendanya nilai H' sebagian besar dipengaruhi oleh tingginya proporsi individu spesies pinus (275 individu) dibandingkan dengan spesies lain.

Hasil yang serupa juga ditemukan dalam penelitian Przybylski *et al.*, (2021), yang juga menemukan nilai H' rendah pada tegakan pinus dengan jumlah proporsi pinus lebih besar dibandingkan spesies lain, yang menunjukkan bahwa dominansi pinus berpengaruh besar terhadap interaksi dan keseimbangan vegetasi sehingga keanekaragamannya rendah. Hal ini diperkuat oleh studi Herman *et al.*, (2022), di hutan pinus desa Leme yang dikategorikan rendah (H' semai 0,92; H' pohon 0,08), yang menunjukkan hutan pinus yang masih di dominasi satu spesies utama akan selalu berada dalam kategori rendah keanekaragamannya.

Penelitian pada struktur dan komposisi jenis vegetasi di Cagar Alam Bukit Tangkiling, juga menemukan hal serupa yang menunjukkan adanya penurunan nilai H' pada terutama



strata pohon. Setiarno *et al.*, (2020), dalam penelitian menjelaskan ekosistem yang mendapatkan tekanan lingkungan umumnya menunjukkan penurunan nilai H' , yang dapat diartikan sebagai rendahnya stabilitas atau penataan ekosistem secara ekologis. komposisi jenis dan struktur komunitas yang didominasi oleh satu jenis utama cenderung menghasilkan indeks H' yang rendah, terutama pada tingkat pohon, meski proses regenerasi alami tetap berjalan di strata bawah seperti semai dan pancang (Lubis *et al.*, 2023).

3.2.2 Indeks kekayaan jenis (R)

Analisis indeks kekayaan jenis di lokasi penelitian dilakukan dengan rumus Margalef (Magurran, 2004), untuk menggambarkan kekayaan suatu jenis dalam sebuah komunitas. Jumlah atau besarnya nilai indeks kekayaan ini dipengaruhi oleh jumlah vegetasi yang adalah dalam komunitas tersebut (Harbi, *et al.* 2024).

Tabel 8 Indeks Kekayaan Jenis (R)

No	Jenis Vegetasi		Indeks Kekayaan Jenis (R)		
	Nama Jenis	Latin	n	Nilai	Kategori
1	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>	275		
2	Makadamia	<i>Macadamia</i>	51		
3	Pongo	<i>Limonia acidissima</i>	1		
4	Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>	24		
5	Palli	<i>Quercus menadonensis Kds</i>	2		
6	Uru	<i>Elmerillia ovalis</i>	11		
7	merbau	<i>Lantsia spp</i>	25	1,97	Rendah
8	Kayu manis	<i>Cinnamomum verum</i>	10		
9	Balik angin	<i>Mallotus paniculatus</i>	4		
10	Kuse-kuse	-	31		
11	Dengen	<i>Dillenia serrata</i>	2		
12	Kopi	<i>Coffea arabica l</i>	9		
13	Jati putih	<i>gmelina arborea roxb</i>	2		
		N	447		

Sumber: Data primer setelah diolah, 2025

Hasil analisis (tabel 8) menunjukkan, Indeks R yang ditemukan pada tegakan pinus desa Rambusaratu dikategorikan rendah ($R=1,97$), berdasarkan kategori Magurran (2004), nilai $R<3,5$ tergolong rendah. Hal tersebut mengindikasikan jumlah jenis yang ditemukan pada semua tingkat strata di hutan pinus Desa Rambusaratu masih sangat terbatas.

Kekayaan jenis yang rendah menandakan jumlah spesies yang ditemukan masih terbatas dalam setiap strata pertumbuhan, hal ini dapat berdampak terhadap potensi kelangsungan ekosistem secara jangka Panjang (Lubis *et al.*, 2023). Menurut Istomo dan Fardian, (2021), rendahnya nilai indeks kekayaan jenis menandakan proses regenerasi masih didominasi oleh beberapa spesies yang adaptif terhadap tekanan lingkungan, atau karena faktor gangguan antropogenik yang membatasi masuknya jenis baru. Selain itu, adanya campur tangan manusia terhadap kelestarian vegetasi yang berimplikasi pada terganggunya vegetasi dapat mempengaruhi rendahnya nilai kekayaan jenis (Harbi *et al.*, 2024).

3.2.3 Indeks kemerataan jenis (E)

Penilaian kemerataan jenis pada lokasi penelitian dianalisis menggunakan nilai Indeks Evenness (E). Semakin kecil nilainya maka semakin tidak merata penyebaran organisme dalam komunitas tersebut, sebaliknya semakin besar nilainya atau mendekati 1 maka, penyebaran organisme dalam komunitas tersebut semakin merata (Utami dan Putra, 2020). Nilai kemerataan masuk kategori rendah jika nilai $E < 0,3$, nilai kemerataan masuk kategori sedang apabila $0,3 \leq E \leq 0,6$, dan nilai kemerataan tinggi apabila $E \geq 0,6$ (Komul dan Hitipeuw, 2021).

Tabel 9 Indeks Kemerataan Jenis (E)

No	Jenis Vegetasi		Indeks Kemerataan Jenis (E)			
	Nama Jenis	Latin	N	H'	Nilai	Kategori
1	Pinus	<i>Pinus merkusii</i>				
2	Makadamia	<i>Macadamia</i>				
3	Pongo	<i>Limonia acidissima</i>				
4	Kolepasan	<i>Alphitonia incana</i>				
5	Palli	<i>Quercus menadonensis Kds</i>				
6	Uru	<i>Elmerillia ovalis</i>				
7	merbau	<i>Lantsia spp</i>	13	0,49	0,19	rendah
8	Kayu manis	<i>Cinnamomum verum</i>				
9	Balik angin	<i>Mallotus paniculatus</i>				
10	Kuse-kuse	-				
11	Dengen	<i>Dillenia serrata</i>				
12	Kopi	<i>Coffea arabica l</i>				
13	Jati putih	<i>gmelina arborea roxb</i>				

Sumber: Data primer setelah diolah, 2025.



Berdasarkan hasil analisis yang ditunjukkan pada tabel 9, untuk indeks kemerataan jenis pada tegakan pinus desa Rambusaratu masuk pada kategori nilai kemerataan rendah yang ditunjukkan dengan nilai 0,19 atau $E < 3$, nilai ini menunjukkan dominansi spesies tertentu semakin nyata terutama pada tingkat pohon.

Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian di hutan dipterokarpa sekunder Kalimantan timur yang menunjukkan penurunan kemerataan pada strata pohon. pola hubungan indeks kemerataan terhadap umur tegakan mengikuti regresi logaritmik, dimana kemerataan jenis cenderung meningkat pada usia tegakan yang relatif muda namun bisa menurun seiring pertambahan umur akibat dominasi spesies dominan yang mengambil alih ruang dan sumber daya (Susanty, 2020). Selain itu, Anam *et al.*, (2024) menegaskan bahwa nilai kemerataan tinggi mencerminkan distribusi individu yang merata di seluruh jenis, yang menjadi indikasi stabilitas ekologis dan keberagaman yang seimbang. Sebaliknya kemerataan rendah menunjukkan adanya dominasi yang kuat oleh satu atau beberapa jenis saja, yang dapat menyebabkan menurunnya fungsi ekosistem dan kerentanan terhadap gangguan lingkungan.

4. KESIMPULAN

Struktur horizontal tegakan pinus di Desa Rambusaratu tidak membentuk pola huruf J terbalik, menunjukkan kerapatan vegetasi tingkat di dominasi kelas menengah dengan kerapatan tertinggi pada kelas diameter 20-30 cm yaitu sebesar 190 individu/ha, sedangkan struktur vertikal didominasi pohon dengan kelas tinggi 20-30 m (stratum B) yang menandakan tahap kematangan hutan. Ditemukan 13 jenis vegetasi pada berbagai strata pertumbuhan dengan *Pinus merkusii* sebagai jenis dominan di seluruh strata, dengan nilai INP tertinggi pada tingkat pohon (228,9%).

Sementara itu, komunitas vegetasi pada tegakan pinus desa Rambusaratu menunjukkan nilai keanekaragaman (H') tergolong rendah, mengindikasikan komunitas yang didominasi satu jenis. Nilai kekayaan jenis (R) dan nilai kemerataan (E) juga tergolong rendah, menunjukkan distribusi individu yang tidak seimbang antarjenis, serta keterbatasan jumlah jenis yang ditemukan.

DAFTAR PUSTAKA

Anam, R. A., Pamoengkas, P., Darwo, & Dewi, R. (2024). Struktur dan Produktivitas Tegakan Hutan Tanaman Shorea meciostopteryx di KHDTK Haurbentes Kabupaten Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 21(1), 18–35.

Arisandy, D. A., & Triyanti, M. (2018). Keanekaragaman Jenis Vegetasi Strata Semak. *BIOEDUSAINS: Jurnal Pendidikan Biologi Dan Sains*, 1(2), 95–105. <https://doi.org/https://doi.org/10.31539/bioedusains.v1i2.362>

Astuti, S. D., Supartono, T., & Adhya, I. (2019). Identifikasi Tumbuhan Bawah Dengan Pendekatan Kurva Spesies Di Blok Pasir Batang Karangsari Seksi Pengelolaan Taman Nasional Wilayah I Kuningan Taman Nasional Gunung Ciremai. *Prosiding seminar Nasional dan Call Of Papers: Konservasi Untuk Kesejahteraan Masyarakat*.

Awaluddin. (2024). Dinamika Vegetasi Hutan Pinus (Pinus Merkusii Jungh Et De Vriese) Selama Kurun Waktu 6 Tahun Dalam Kawasan Hutan Pendidikan Universitas Hasanuddin. Universitas Hasanuddin Makassar.

Aznawi, A. A. (2022). Keragaman Genetik Pinus Tusam (Pinus Merkusii) Di Kabupaten Bantaeng Berdasarkan Penanda Morfologi. Skripsi Universitas Hasanuddin. Makassar

Darajati W, Pratiwi S, Herwinda E, Radiansyah AD, Nalang VS, Nooryanto B, Rahajoe JS, Maryanto I, Kurniawan R, Prasetyo TA, Jefferson J, Hakim F. 2016. Indonesia Biodiversity Strategy and Action Plan (IBSAP) 2015-2020. Jakarta (ID): Kementerian Perencanaan Pembangunan Nasional/BAPPENAS

Harbi, J., Milantara, N., Yuwono, H., Romantik, R., Alhusna, I., & Ansori, M. (2024). Analisis kondisi, potensi, dan tren keanekaragaman hayati vegetasi di kawasan konservasi dalam Wilayah Izin Usaha PT PHE Ogan Komering. *Journal of Global Sustainable Agriculture*, 4(2), 108–119. <https://doi.org/10.32502/jgsa.v4i2.8227>

Herman, S., Handayani, T., & Anhar, A. (2022). Pendugaan Analisis Keanekaragaman Hayati Hutan Pinus di Desa Leme Kecamatan Blangkejeren Kabupaten Gayo Lues. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 7(4), 1187–1193. <https://doi.org/10.17969/jimfp.v7i4.22737>

Hidayat, M. (2018). Analisis Vegetasi Dan Keanekaragaman Tumbuhan Di Kawasan Manifestasi Geothermal le Suum Kecamatan Mesjid Raya Kabupaten Aceh Besar. *BIOTIK: Jurnal Ilmiah Biologi Teknologi Dan Kependidikan*, 5(2), 114. <https://doi.org/10.22373/biotik.v5i2.3019>

Istomo, & Fardian, A. (2021). Composition and Vegetation Structure in the Succession Process in Sedahan Peat Swamp Forest of Gunung Palung National Park. *Journal of Tropical Silviculture*, 12(3), 178–185.

Jamiluddin, A., Tan, Mahyuddin, Sastika, Masdi, Syamnurha, & Randialla, Y. (2021). Analisis Vegetasi Tumbuhan Di Kawasan Resort Bantimurung, Seksi Pengelolaan Taman Nasional Wilayah II Camba, Kabupaten Maros, Sulawesi Selatan. Jurusan Biologi FMIPA UNM Kampus. Makassar

Komul, Y. D., & Hitipeuw, J. C. (2021). Keragaman Jenis Vegetasi Pada Hutan Dataran Rendah Wilayah Adat Air Buaya Pulau Buano Kabupaten Seram Bagian Barat. *Ojs Unpatti*, 5(2), 163–174. <https://doi.org/10.30598/jhpk.2021.5.2.163>

Kusmana, C., & Melyanti, A. R. (2017). Species Composition and Vegetation Structure of Protected Forest Area using CBFM (Community Based Forest Management) in BKPH Tampomas, FMU (Forest Management. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 8(2), 123–129.

Lubis, P. A., Pamoengkas, P., & Darwo. (2023). Structure and composition of *Shorea pinanga* stands in the KHDTK Haurbentes Bogor. *Journal of Tropical Silviculture*, 14(03), 209–215.

Mampi, B., Hapid, A., & Muthmainnah. (2018). Produksi Getah Pinus (*Pinus merkusii* jung et de vriese) Pada Berbagai Diameter Batang Menggunakan Sistem Koakan Di Desa Namo Kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi. *Jurnal Warta Rimba*, 6(3), 42–48.

Mawazin, Pamoengkas, P., Heriansyah, I., & Dewi, R. (2024). Restorasi 15 Tahun : Analisis Komposisi Potensi dan Keanekaragam Jenis di Taman Nasional Gunung Gede Pangrango, Jawa Barat. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 21(2), 115–124.

Natalia, K., Jumari, & Murningsih. (2020). Struktur komposisi vegetasi hutan pinus di Kawasan Candi Gedong Songo, Kecamatan Bandungan, Kabupaten Semarang, Jawa Tengah. *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(2), 50–58.

Nuraida, D., Arbiyanti Rosyida, S. Z., Ayu Widyawati, N., Winda Sari, K., & Iwan Fanani, M. R. (2022). Analisis Vegetasi Tumbuhan Herba Di Kawasan Hutan Krawak. *Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya (JB&P)*, 9(2), 96–104. <https://doi.org/10.29407/jbp.v9i2.18417>

Priyono, P. P., Ismanto., & Susilo, A. (2021). Keanekaragaman Tumbuhan Invasif di Hutan Penelitian Dramaga Bogor. *Ekologia: jurnal ilmiah ilmu dasar dan lingkungan hidup*, 21(2), 72-80. <https://doi.org/10.33751/ekologia.v21i2.3948>

Rahmawati, A., Wibowo, D. N., & Yani, E. (2019). Keanekaragaman Tumbuhan Bawah Pada Berbagai Umur Tegakan Pinus (*Pinus merkusii*) Di KPH Banyumas Timur. *BioEksaka: Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 1(2), 134–139.

Ramadani, A. L., Suhartati, T., & Wahyudiono, S. (2024). Model Pertumbuhan Tegakan Pinus Merkusii Di RPH Katerban BKPH Purworejo KPH Kedu Selatan. *AGROFORETECH*, 2(2), 1031–1040. <https://jurnal.instiperjogja.ac.id/index.php/JOM/article/view/1240>

Rangkuti, A. B., Hartini, K. S. R. I., Susilowati, A., Rambey, R., Harahap, M. M., Pamoengkas, P., Irmayanti, L., Arinah, H., Indriani, F., Peniwidiyanti, & Ruhidi, A. (2023). Structure, composition and diversity of tree species in Martelu Purba Nature Reserve, North Sumatra, Indonesia. *Jurnal Biodiversitas*, 24(1), 78–85. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240111>

Rawana, Wijayani, S., & Masrur, M. A. (2023). Indeks Nilai Penting dan Keanekaragaman Komunitas Vegetasi Penyusun Hutan di Alas Burno SUBKPH Lumajang. *Jurnal Wana Tropika*, 12 (02), 80–89. <https://doi.org/10.55180/jwt.v12i02.215>

Setiarno, Hidayat, N., Bambang, T. A., & S, M. L. (2020). Komposisi Jenis Dan Struktur Komunitas Serta Keanekaragaman Jenis Vegetasi Di Areal Cagar Alam Bukit Tangkiling. *Jurnal Hutan Tropika*, 15(2), 150–162. <https://doi.org/10.36873/Jht.V15i2.2170>

Shobby, A, Yosa, D, & Pebriandi.. 2025. Understory Plant Species Diversity in Pine Tree Stands in Bukit Cadika Pine. *Jurnal biologi tropis*, *Jurnal Biologi Tropis*, 25 (3): 4399 – 4408DOI: <http://doi.org/10.29303/jbt.v25i3.9254>

Siregar, B. H., & Nugroho, A. (2020). Potensi Ekstrak Daun Pinus (*Pinus Merkusii*) Sebagai Bioherbisida Terhadap Gulma Teki (*Cyperus Rotundus L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*, 8(4), 363–369.

Su, S., Deng, N., Song, Q., & Tian, Y. (2023). Crown and diameter structure of pure *Pinus massoniana* Lamb . forest in Hunan province , China. *Open Life Science*, 18(1). <https://doi.org/https://doi.org/10.1515/biol-2022-0574>

Susanty, F. H. (2020). Pola kerapatan dan keragaman tegakan hutan dipterokarpa sekunder Kalimantan Timur. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 17(1), 41–51.

Tajuddin, T., & Suryanto, D. A. (2022). Sebaran Potensi Hutan Pinus Dan Perannya Terhadap Perbaikan Kondisi Hutan Di Provinsi Sulawesi Selatan. *Wahana Forestra: Jurnal Kehutanan*, 17(1), 1–12. <https://doi.org/10.31849/forestra.v17i1.8448>

Tongka, G. N., Wardah, & Yusran, Y. (2019). Kondisi Kimia Tanah Di Bawah Tegakan Pinus (*Pinus Merkusii* Jungh. Et De Vriese) Dan Padang Rumput Desa Watutau Kecamatan Lore Peore Kabupaten Poso Sulawesi Tengah. *Forestsains*, 16(2), 69–76.

Utami, I., & Putra, I. L. I. (2020). *Ekologi Kuantitatif: Metode Sampling Dan Analisis Data Lapangan*. K- Media.Yogyakarta.

Wijayanto, N., & Prasetyo, A. (2021). Struktur Vegetasi, Komposisi, dan Serapan Karbon Pekarangan Di Desa Duyung, Kecamatan Trawas, Kabupaten Mojokerto. *Journal of Tropical Silviculture*, 12(3), 144–150. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.12.3.144-150>