Analisis keanekaragaman dan struktur vegetasi di kawasan konservasi hutan *Main Transformer* (MTR) PT PLN Nusantara Power Up Cirata

Rizki Gusti[1,2], Bambang Wahyu Jatmiko[2], Kevin Daffa Prasetya[3], Achmad Chusnun Ni'am[1*]
[1]Program Studi Magister Teknik Lingkungan, Institut Teknologi Adhi Tama Surabaya Indonesia
[2]PT. PLN Nusantara Power UP Cirata
[3]Department of Environmental Engineering, Chung Yuan Christian University, Taiwan
*Email: ach.niam@itats.ac.id

Received 14 Agustus 2026; Received in revised 29 September 2026; Accepted 30 September 2026

Abstrak

Kawasan konservasi pada lanskap infrastruktur energi memiliki fungsi penting sebagai habitat vegetasi dan ruang penyangga ekologis, sehingga kondisi keanekaragaman dan struktur komunitas tumbuhan perlu dievaluasi secara periodik. Penelitian ini bertujuan menganalisis struktur komunitas dan keanekaragaman vegetasi pada kawasan konservasi hutan *Main Transformer* (MTR) PT PLN Nusantara Power UP Cirata. Pengambilan data dilakukan pada 30 plot utama berukuran 20 × 20 m yang tersebar pada empat blok, dengan desain petak bersarang untuk strata semai, pancang, tiang, dan pohon. Analisis meliputi frekuensi relatif, kerapatan relatif, dominansi relatif, Indeks Nilai Penting (INP), serta indeks keanekaragaman *Shannon-Wiener* (H'). Hasil menunjukkan bahwa *Musa paradisiaca* memiliki INP tertinggi pada strata semai (24,68%), pancang (90,24%), dan tiang (67,32%), sedangkan *Tectona grandis* mendominasi strata pohon dengan INP 36,50%, diikuti *Swietenia macrophylla* (29,66%) dan *Samanea saman* (25,98%). Nilai H' masing-masing strata semai, pancang, tiang, dan pohon adalah 2,98; 2,08; 2,87; dan 2,98, yang seluruhnya menunjukkan tingkat keanekaragaman sedang berdasarkan klasifikasi yang digunakan dalam penelitian. Rendahnya nilai pada strata pancang menunjukkan dominansi lebih kuat pada fase regenerasi tertentu. Hasil ini menegaskan perlunya pengelolaan vegetasi yang menjaga regenerasi alami, mempertahankan struktur berlapis, dan meningkatkan keragaman jenis pada strata yang lebih terdominasi.

Kata kunci: cirata, indeks nilai penting, kawasan konservasi, keanekaragaman hayati, vegetasi

Abstract

Conservation areas within energy-infrastructure landscapes can function as vegetation habitats and ecological buffers; therefore, their plant diversity and community structure require periodic evaluation. This study analyzes vegetation community structure and diversity in the Main Transformer (MTR) forest conservation area of PT PLN Nusantara Power UP Cirata. Vegetation data were collected from 30 main plots (20 × 20 m) distributed among four management blocks using nested subplots for seedling, sapling, pole, and tree strata. The analysis included relative frequency, relative density, relative dominance, Important Value Index (IVI), and the Shannon-Wiener diversity index (H'). Musa paradisiaca had the highest IVI in the seedling (24.68%), sapling (90.24%), and pole (67.32%) strata, while Tectona grandis dominated the tree stratum with an IVI of 36.50%, followed by Swietenia macrophylla (29.66%) and Samanea saman (25.98%). Shannon-Wiener index values for seedling, sapling, pole, and tree strata were 2.98, 2.08, 2.87, and 2.98, respectively, indicating moderate diversity according to the classification adopted in this study. The lower diversity value in the sapling stratum reflects stronger dominance during a specific regeneration phase. These findings indicate that vegetation management should maintain natural regeneration and multilayered structure while increasing species heterogeneity in strongly dominated strata.

Keywords: *cirata, biodiversity, conservation area, important value index, vegetation*

1. PENDAHULUAN

Keanekaragaman hayati merupakan fondasi penting bagi stabilitas dan ketahanan ekosistem hutan tropis, namun tekanan perubahan penggunaan lahan dan aktivitas manusia terus meningkatkan risiko kehilangan spesies dan penyederhanaan komunitas (Barlow *et al*., 2018; IPBES, 2019). Dalam penilaian kondisi hutan, biodiversitas tidak cukup direpresentasikan oleh jumlah jenis semata, tetapi juga perlu memperhitungkan kelimpahan relatif dan distribusi individu agar struktur komunitas dapat digambarkan secara lebih utuh (Purvis dan Hector, 2000). FAO (2020) juga menempatkan informasi komposisi dan struktur tegakan sebagai bagian penting dalam pemantauan sumber daya hutan karena perubahan pada komponen tersebut berkaitan langsung dengan regenerasi dan keberlanjutan fungsi ekologis.

Pada tingkat komunitas tumbuhan, analisis frekuensi, kerapatan, dominansi, dan Indeks Nilai Penting (INP) dapat digunakan untuk mengenali jenis yang memiliki pengaruh terbesar pada suatu strata vegetasi (Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974). Sementara itu, indeks Shannon-Wiener menggabungkan kekayaan jenis dan kemerataan kelimpahan sehingga mampu menunjukkan heterogenitas komunitas (Magurran, 2004). Pada hutan tropis yang dikelola atau sedang mengalami pemulihan, struktur, komposisi, dan fungsi tidak selalu pulih dengan kecepatan yang sama, sehingga evaluasi antarstrata penting untuk membaca arah regenerasi (Poorter *et al*., 2021). Studi di Indonesia juga memperlihatkan rentang kondisi yang luas: hutan sekunder di Kalimantan Selatan memiliki H' hingga sekitar 2,4 (Suyanto *et al*., 2022), repong damar di Lampung menunjukkan H' 1,18-3,20 antarstrata (Santoso *et al*., 2023), sedangkan gradien invasi *Bellucia pentamera* di Sumatera Barat menunjukkan H' pohon 1,78 pada lokasi yang sangat terinvasi dan 4,05 pada lokasi tanpa *B. pentamera* (Solfiyeni *et al*., 2022). Variasi tersebut menegaskan bahwa H' perlu dibaca bersama pola dominansi dan konteks regenerasi, bukan sebagai indikator tunggal.

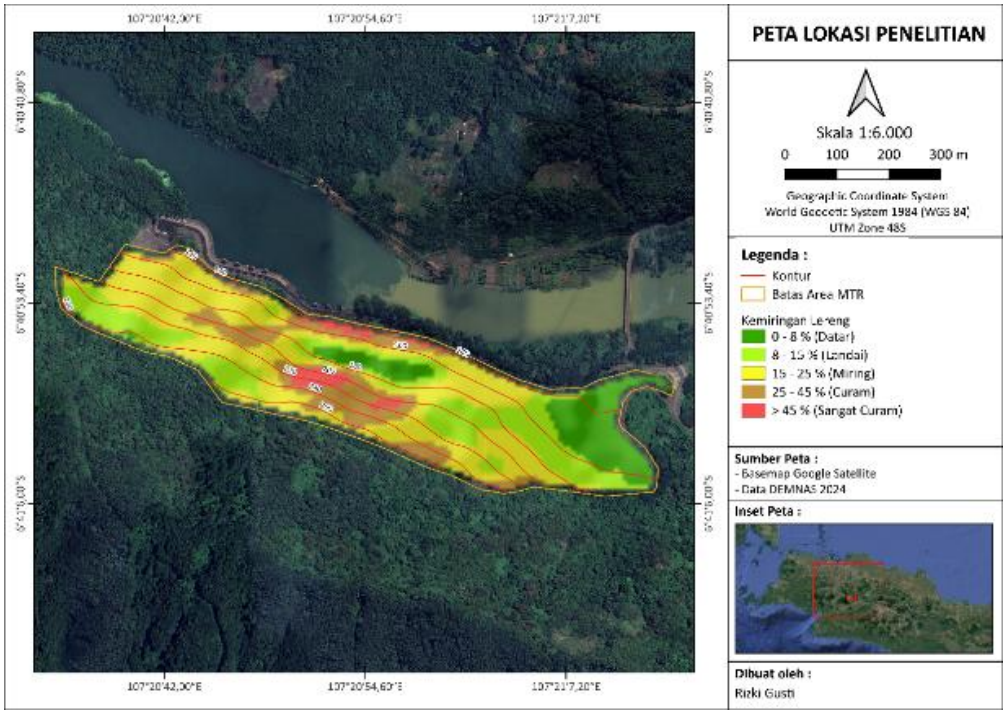
Kawasan konservasi *Main Transformer* (MTR) PT PLN Nusantara Power UP Cirata merupakan lanskap hutan sekunder dan agroforestri yang berada di sekitar infrastruktur pembangkitan energi. Pemantauan kawasan telah menghasilkan data vegetasi pada strata semai, pancang, tiang, dan pohon, tetapi informasi tersebut perlu diolah lebih lanjut agar tidak berhenti pada inventarisasi jenis. Analisis yang menghubungkan dominansi, INP, dan keanekaragaman antarstrata diperlukan untuk mengidentifikasi fase regenerasi yang paling terdominasi dan menentukan prioritas pengelolaan vegetasi. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk: (1) menganalisis struktur komunitas vegetasi melalui frekuensi relatif,

kerapatan relatif, dominansi relatif, dan INP; (2) membandingkan keanekaragaman vegetasi pada strata semai, pancang, tiang, dan pohon menggunakan indeks Shannon-Wiener; dan (3) merumuskan implikasi pengelolaan untuk mempertahankan keanekaragaman dan kesinambungan regenerasi di kawasan konservasi MTR PT PLN Nusantara Power UP Cirata.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Lokasi penelitian

Penelitian dilaksanakan di bulan Desember 2025 di kawasan hutan *Main Transformer* (MTR) PT PLN Nusantara Power UP Cirata, Kabupaten Purwakarta, Jawa Barat, pada kisaran koordinat 6°43′–6°44′ LS dan 107°21′–107°22′ BT. Luas kawasan sekitar 11,22 ha dan dibagi menjadi empat blok pengelolaan. Berdasarkan karakter penutupan lahannya, kawasan MTR merupakan lanskap hutan sekunder dan agroforestri yang berada di sekitar sistem Waduk Cirata.



Gambar 1. Lokasi kawasan konservasi hutan MTR PT PLN Nusantara Power UP Cirata

2.2 Desain sampling vegetasi

Inventarisasi vegetasi dilakukan menggunakan metode kuadrat dengan desain petak bersarang. Sebanyak 30 plot utama berukuran 20 × 20 m didistribusikan pada empat blok melalui pendekatan grid. Di dalam setiap plot utama dibuat subplot bersarang sesuai metode

standar analisis vegetasi (Kusmana, 1997; Soerianegara dan Indrawan, 2005; Kusuma *et al*., 2024), yai× 2 m untuk semai (tinggi < 1,5 m), 5 × 5 m untuk pancang (DBH < 10 cm dan tinggi > 1,5 m), 10 × 10 m untuk tiang (DBH 10–20 cm), dan 20 ×), dan 20 × 20 m untuk pohon (DBH > 20 cm). Diameter setinggi dada (DBH) diukur pada ketinggian standar 1,3 m dari permukaan tanah sesuai protokol inventarisasi hutan internasional (FAO, 2020; West, 2015). Data yang dicatat meliputi identitas jenis, jumlah individu, keberadaan jenis pada plot, dan parameter struktur yang dibutuhkan untuk analisis dominansi. Distribusi jumlah plot pada setiap blok diringkas pada Tabel 1.

Tabel 1. Proporsi sampling vegetasi pada setiap blok MTR

No.	Blok MTR	Luas (ha)	Grid 20 × 20 m	Jumlah plot
1	Blok 1	3,12	111	8
2	Blok 2	2,95	121	8
3	Blok 3	1,80	73	5
4	Blok 4	3,35	124	9
	Total	11,22	429	30

2.3 Analisis struktur dan keanekaragaman vegetasi

Struktur komunitas vegetasi dianalisis melalui frekuensi relatif (FR), kerapatan relatif (KR), dominansi relatif (DR), dan Indeks Nilai Penting (INP) mengacu pada pendekatan ekologi vegetasi (Kusmana, 1997; Mueller-Dombois dan Ellenberg, 1974). Luas bidang dasar (*Basal Area*/BA) dihitung untuk setiap individu berkayu pada strata pancang, tiang, dan pohon berdasarkan diameter setinggi dada (*d*) menggunakan Persamaan (1):

$$BA_i = ¼ \pi d_i^2 \quad (1)$$

di mana BA_i adalah luas bidang dasar individu ke-*i* (m^2), π adalah 3,14159, dan d_i adalah diameter batang (m). Selanjutnya, Dominansi Absolut (*D*) dan Dominansi Relatif (*DR*) dihitung melalui Persamaan (2) dan (3):

$$D_i = \sum BA_i \,/\, L \quad (2)$$

$$DR_i = (D_i \,/\, \sum D) \times 100\% \quad (3)$$

di mana D_i adalah dominansi absolut jenis ke-*i* (m^2/ha), $\sum BA_i$ adalah total luas bidang dasar jenis ke-*i* (m^2), *L* adalah total luas area sampling (ha), dan DR_i adalah dominansi relatif jenis ke-*i* (%). Parameter Frekuensi Relatif (*FR*) dan Kerapatan Relatif (*KR*) dihitung menggunakan Persamaan (4) hingga (7):

$$F_i = p_i \,/\, P \quad (4)$$

$$FR_i = (F_i \,/\, \sum F) \times 100\% \quad (5)$$

$$K_i = n_i \,/\, L \quad (6)$$

$$KR_i = (K_i / \sum K) \times 100\% \quad (7)$$

di mana p_i adalah jumlah plot ditemukannya jenis ke-*i*, P adalah total plot contoh, n_i adalah jumlah individu jenis ke-*i*, dan $\sum K$ adalah total kerapatan seluruh jenis. Peranan ekologis relatif jenis vegetasi ditentukan berdasarkan Indeks Nilai Penting (INP) menggunakan Persamaan (8a) dan (8b):

$$INP = FR + KR + DR \quad (8a)$$

$$INP = FR + KR \quad (8b)$$

Persamaan (8a) digunakan untuk strata yang memiliki parameter dominansi (pancang, tiang, dan pohon; nilai maksimal 300%), sedangkan Persamaan (8b) digunakan untuk strata semai yang tidak diukur dominansinya (nilai maksimal 200%). Keanekaragaman jenis dihitung dengan indeks *Shannon-Wiener* (H') mengacu pada Magurran (2004) melalui Persamaan (9):

$$H' = -\sum_{i=1}^{S} p_i \ln p_i \quad (9)$$

di mana p_i adalah proporsi individu jenis ke-*i* terhadap total individu pada strata yang sama ($p_i = n_i / N$). Pengkategorian tingkat keanekaragaman diklasifikasikan berdasarkan kriteria *Odum* (1993), yaitu: $H' \leq 1$ (Rendah), $1 < H' < 3$ (Sedang), dan $H' \geq 3$ (Tinggi).

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Struktur komunitas vegetasi

Komunitas vegetasi pada kawasan MTR menunjukkan pola dominansi yang berbeda pada setiap strata pertumbuhan. Pada strata semai, *Musa paradisiaca* memiliki INP tertinggi sebesar 24,68%, diikuti *Piper aduncum* (21,41%) dan *Tectona grandis* (19,33%). Selisih INP antartiga jenis tersebut relatif kecil dibandingkan strata berikutnya, yang menunjukkan bahwa dominansi pada strata semai masih terbagi pada beberapa jenis. Kondisi ini mengindikasikan bahwa fase awal regenerasi memiliki beberapa jenis yang sama-sama berperan dalam pengisian ruang bawah tegakan.

Pada strata pancang terjadi peningkatan dominansi yang sangat jelas. *Musa paradisiaca* memiliki INP 90,24%, jauh lebih tinggi dibandingkan *Bambusa vulgaris* (38,70%), *Piper aduncum* (31,85%), *Macaranga indica* (28,10%), dan *Bambusa blumeana* (23,72%). Pola serupa terlihat pada strata tiang, ketika *Musa paradisiaca* tetap menempati INP tertinggi sebesar 67,32%. Berdasarkan klasifikasi lapangan yang digunakan dalam studi, konsistensi

dominansi jenis tersebut pada beberapa strata menunjukkan bahwa fase regenerasi menengah belum memiliki distribusi kelimpahan yang seimbang.

Strata pohon menunjukkan komposisi dominan yang berbeda dibandingkan dengan strata pertumbuhan lainnya. *Tectona grandis* memiliki Indeks Nilai Penting (INP) tertinggi sebesar 36,50%, diikuti oleh *Swietenia macrophylla* (29,66%) dan *Samanea saman* (25,98%). Dominansi ketiga spesies tersebut mengindikasikan bahwa struktur tegakan pada kawasan MTR tidak hanya dibentuk oleh proses regenerasi alami, tetapi juga dipengaruhi oleh riwayat penanaman dan pengelolaan kawasan. Kondisi ini sesuai dengan karakter kawasan MTR sebagai lanskap hutan sekunder dan agroforestri, di mana komposisi vegetasi merupakan hasil interaksi antara proses suksesi, regenerasi, dan intervensi pengelolaan.

Tabel 2. Jenis tanaman dengan nilai struktur komunitas tertinggi pada setiap strata vegetasi

Strata	Jenis	FR (%)	KR (%)	DR (%)	INP (%)
Semai	*Musa paradisiaca*	8,59	16,09	–	24,68
	Piper aduncum	7,81	13,60	–	21,41
	Tectona grandis	9,38	9,95	–	19,33
Pancang	*Musa paradisiaca*	16,67	23,85	49,72	90,24
	Bambusa vulgaris	5,39	32,76	–	38,70
	Piper aduncum	11,11	7,18	13,56	31,85
Tiang	*Musa paradisiaca*	10,68	26,82	29,82	67,32
	Melanolepis multiglandulosa	6,80	6,15	8,68	21,63
	Tectona grandis	7,77	7,82	5,79	21,38
Pohon	*Tectona grandis*	11,21	12,93	12,36	36,50
	Swietenia macrophylla	8,41	10,88	10,37	29,66
	Samanea saman	9,35	9,52	7,11	25,98

Keterangan: FR = frekuensi relatif; KR = kerapatan relatif; DR = dominansi relatif; INP = Indeks Nilai Penting; tanda (–) menunjukkan parameter tidak dihitung atau tidak tersedia pada strata tersebut.

Keberadaan *S. saman* sebagai salah satu spesies dominan pada strata pohon juga memiliki relevansi yang lebih luas dalam konteks pengelolaan lingkungan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa biomassa *S. saman* dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku karbon aktif untuk adsorpsi logam berat, termasuk Cr(VI) dan Cu (Ni'am *et al*., 2022; Ni'am *et al*., 2023). Temuan tersebut menunjukkan adanya potensi pemanfaatan biomassa spesies ini dalam teknologi pengendalian pencemaran. Namun, dalam konteks kawasan konservasi MTR, penelitian ini memberikan perspektif yang berbeda dengan menempatkan *S. saman* sebagai bagian dari komunitas vegetasi dan mengevaluasi peran ekologisnya berdasarkan dominansi serta kontribusinya terhadap struktur tegakan. Dengan demikian, kajian ini memperluas

pemahaman mengenai *S. saman* dari perspektif pemanfaatan biomassa untuk pengolahan lingkungan menuju perspektif fungsi ekologisnya dalam pengelolaan biodiversitas dan struktur vegetasi kawasan konservasi.

3.2 Keanekaragaman vegetasi antar strata

Nilai indeks *Shannon-Wiener* menunjukkan bahwa keanekaragaman vegetasi MTR berada pada kategori sedang berdasarkan klasifikasi penelitian sumber. Nilai H' pada strata semai, pancang, tiang, dan pohon berturut-turut adalah 2,98; 2,08; 2,87; dan 2,98. Nilai terendah pada pancang menunjukkan adanya penyempitan heterogenitas pada fase pertumbuhan menengah, sedangkan semai, tiang, dan pohon memiliki distribusi kelimpahan yang relatif lebih merata. Karena desain, luas plot, umur tegakan, dan intensitas gangguan berbeda antarpenelitian, perbandingan dengan studi lain berikut dipakai sebagai pembanding ekologis kontekstual, bukan sebagai uji statistik langsung.

Tabel 3. Indeks keanekaragaman vegetasi pada setiap strata

Strata	Nilai H'	Kategori
Semai	2,98	Sedang
Pancang	2,08	Sedang
Tiang	2,87	Sedang
Pohon	2,98	Sedang

Secara komparatif, H' pohon MTR (2,98) lebih tinggi daripada hutan rakyat karst Tubokarto (1,53), lokasi terinvasi *Calliandra houstoniana* di Taman Hutan Raya Bung Hatta (2,32), dan strata pohon Cagar Alam Martelu Purba (1,58), serta berada di atas nilai heterogenitas maksimum sekitar 2,4 yang dilaporkan pada beberapa petak hutan sekunder Kalimantan Selatan (Prabowo *et al*., 2024; Solfiyeni *et al*., 2024; Rangkuti *et al*., 2023; Suyanto *et al*., 2022). Namun, nilai tersebut masih di bawah hutan sekunder tanpa *Bellucia pentamera* di Sumatera Barat (H'=4,05sam) (Solfiyeni *et al*., 2022). Nilai H' 2,77 pada sistem agroforestri kelapa sawit di Jambi juga dekat dengan H' semai, tiang, dan pohon MTR, sedangkan monokultur pada studi yang sama hanya 0,48 (Rahmani *et al*., 2024). Pada repong damar, H' pancang 2,75-3,20 lebih tinggi daripada pancang MTR (2,08), sehingga fase pancang menjadi titik yang paling jelas memerlukan perhatian dalam pengelolaan regenerasi (Santoso *et al*., 2023).

Pola INP memperkuat interpretasi tersebut. INP *Tectona grandis* pada strata pohon MTR sebesar 36,50% jauh lebih rendah daripada *T. grandis* pada hutan rakyat Tubokarto (142,79%) dan *Shorea platyclados* pada Martelu Purba (173,04%), serta lebih rendah daripada *C. houstoniana* pada strata pohon lokasi terinvasi (62,96%) (Prabowo *et al*., 2024; Rangkuti *et al*.,

2023; Solfiyeni *et al*., 2024). Artinya, strata pohon MTR tidak menunjukkan monodominansi sekuat beberapa tegakan terkelola atau terinvasi di Indonesia. Sebaliknya, INP *Musa paradisiaca* pada pancang MTR (90,24%) menunjukkan konsentrasi dominansi yang lebih kuat pada fase tersebut, walaupun masih lebih rendah daripada *C. houstoniana* pada pancang (168,47%) dan *T. grandis* pada pancang Tubokarto (197,84%). Hubungan terbalik antara dominansi dan H' juga tampak pada gradien Bellucia, ketika IVI dominan tinggi (130,8%) berasosiasi dengan H' pohon 1,78, sedangkan lokasi tanpa Bellucia memiliki spesies dominan dengan IVI 21,15% dan H' 4,05 (Solfiyeni *et al*., 2022).

Tabel 4. Perbandingan H', INP, dan pola regenerasi MTR dengan studi vegetasi di Indonesia

Studi / lokasi	Nilai H' utama	INP / pola dominansi	Interpretasi terhadap MTR
MTR Cirata (studi ini)	Semai 2,98; pancang 2,08; tiang 2,87; pohon 2,98.	INP tertinggi: Musa 24,68; 90,24; 67,32%; Tectona pohon 36,50%.	Keragaman sedang; hambatan regenerasi paling kuat pada pancang.
Suyanto *et al*. (2022), hutan sekunder Kalimantan Selatan	H' maksimum antarpetak sekitar 2,40.	41 jenis pohon; dominansi komersial bervariasi antarpetak.	H' pohon MTR lebih tinggi, tetapi metode dan skala berbeda.
Solfiyeni *et al*. (2022), hutan sekunder Sumatera Barat	Pohon: 1,78 (invasi tinggi), 3,48, dan 4,05 (tanpa Bellucia).	IVI dominan 130,8% pada invasi tinggi vs 21,15% pada lokasi tanpa Bellucia.	MTR berada di antara kondisi sangat terdominasi dan hutan lebih heterogen.
Santoso *et al*. (2023), repong damar Lampung	Pohon 1,81-2,12; tiang 1,18-2,47; pancang 2,75-3,20; semai 1,42-1,52.	Shorea javanica IVI pohon 89,25-136,41%.	Pancang MTR lebih rendah H'; pohon MTR lebih heterogen dan kurang terdominasi.
Rangkuti *et al*. (2023), Martelu Purba, Sumatera Utara	Semai 2,76; pancang 2,51; tiang 2,91; pohon 1,58.	IVI pohon *Shorea platyclados* 173,04%; pancang *Gamblea malayana* 66,43%.	Semai/tiang MTR serupa; pohon MTR lebih beragam; pancang MTR lebih rendah.
Prabowo *et al*. (2024), Tubokarto, Wonogiri	Pohon 1,53; tiang 0,94; pancang 0,97; semai 1,36.	Tectona IVI: pohon 142,79; tiang 212,48; pancang 197,84; semai 122,29%.	MTR jauh lebih heterogen dan tidak sekuat monodominansi jati Tubokarto.
Solfiyeni *et al*. (2024), Tahura Bung Hatta	Pohon 2,32; pancang 1,69; tumbuhan bawah 2,70.	Calliandra IVI pohon 62,96%; pancang 168,47%.	H' MTR lebih tinggi; dominansi MTR lebih rendah, tetapi pancang tetap perlu perhatian.
Rahmani *et al*. (2024), agroforestri kelapa sawit Jambi	Agroforestri 2,77; monokultur 0,48.	Pengayaan jenis meningkatkan keragaman dibanding monokultur.	Semai/tiang/pohon MTR sebanding atau lebih tinggi; pancang MTR lebih rendah.
Putra *et al*. (2023), hutan sekunder Sulawesi Selatan	Tidak berfokus pada H' antarstrata.	2019-2022: populasi berubah dan basal area meningkat meski kerapatan berfluktuasi.	Menegaskan perlunya plot permanen untuk membaca regenerasi MTR secara temporal.

Ditinjau dari kesinambungan regenerasi, *Tectona grandis* tercatat pada strata semai, tiang, dan pohon, tetapi tidak tercatat dalam kelompok jenis dominan utama pada pancang. Pola ini menunjukkan bahwa keberadaan suatu jenis pada beberapa kelas pertumbuhan belum

otomatis menjamin kontinuitas rekrutmen yang seimbang. Rangkuti *et al*. (2023) menunjukkan bahwa H' dapat berubah tajam antarstadia, sedangkan pemantauan permanen Putra *et al*. (2023) memperlihatkan bahwa kerapatan pohon dapat menurun atau berfluktuasi ketika luas bidang dasar tetap meningkat. Karena itu, interpretasi regenerasi MTR perlu ditopang oleh pemantauan temporal. Selain itu, *Musa paradisiaca* merupakan monokotil herba; kemunculannya pada strata operasional semai-pancang-tiang dalam data lapangan sebaiknya dibaca sebagai dominansi struktural berdasarkan klasifikasi ukuran yang digunakan dalam survei, bukan sebagai bukti regenerasi pohon berkayu.

Berdasarkan struktur komunitas antarstrata (Tabel 4), lokasi MTR mengindikasikan adanya fenomena *bottleneck* regenerasi (hambatan kelanjutan regenerasi) yang paling kuat pada tingkat pancang. *Bottleneck* regenerasi merupakan fase krusial dalam dinamika hutan di mana terjadi penyempitan atau penurunan keanekaragaman jenis akibat kegagalan rekrutmen individu dari fase yang lebih muda (semai) menuju fase berikutnya (pancang) (Harper, 1977; Swaine dan Hall, 1988).

Fenomena ini terbukti dari penurunan nilai H' yang signifikan pada fase pancang (2,08) dibandingkan dengan fase semai (2,98). Penyebab utama *bottleneck* pada fase pancang di lokasi studi adalah persaingan ruang dan cahaya yang sangat ketat akibat dominansi tunggal dari *Musa paradisiaca* yang memiliki Indeks Nilai Penting (INP) sangat tinggi, yaitu 90,24%. Dominansi spesies pionir/non-pohon ini membentuk kanopi rapat pada strata bawah yang menutupi pencahayaan (*light suppression*) dan merebut unsur hara, sehingga sebagian besar semai jenis pohon hutan gagal bertahan hidup (*survive*) dan mengalami mortalitas tinggi sebelum mampu berkembang menjadi pancang.

3.3 Relevansi biodiversitas vegetasi MTR terhadap pengelolaan lingkungan dan PROPER

Keanekaragaman dan struktur vegetasi kawasan MTR memiliki arti penting tidak hanya dari perspektif ekologis, tetapi juga dalam konteks pengelolaan lingkungan perusahaan. Kawasan MTR merupakan bagian dari lanskap operasional PT PLN Nusantara Power UP Cirata yang berfungsi sebagai ruang konservasi dan penyangga ekologis. Oleh karena itu, informasi mengenai komposisi spesies, Indeks Nilai Penting (INP), keanekaragaman *Shannon-Wiener* (H'), dan kesinambungan regenerasi dapat digunakan sebagai dasar ilmiah untuk mengevaluasi efektivitas pengelolaan biodiversitas secara berkala. Pendekatan tersebut sejalan dengan kerangka pengelolaan lingkungan nasional yang menempatkan pengelolaan keanekaragaman

hayati sebagai salah satu kegiatan pengendalian kerusakan dan pengelolaan lingkungan hidup pada kegiatan usaha. Peraturan Menteri Lingkungan Hidup/Badan Pengendalian Lingkungan Hidup Nomor 6 Tahun 2026 secara eksplisit mencantumkan pengelolaan keanekaragaman hayati sebagai salah satu komponen kegiatan pengelolaan lingkungan hidup.

Dalam konteks Program Penilaian Peringkat Kinerja Perusahaan dalam Pengelolaan Lingkungan Hidup (PROPER), hasil penelitian ini dapat berperan sebagai bukti ilmiah pendukung untuk menunjukkan bahwa program konservasi biodiversitas dilaksanakan berdasarkan kondisi ekologis yang terukur. PROPER didefinisikan sebagai program pembinaan kepada penanggung jawab usaha dan/atau kegiatan dalam bidang perlindungan dan pengelolaan lingkungan hidup. Dengan demikian, nilai H', INP, komposisi spesies, dan struktur regenerasi MTR dapat dikembangkan sebagai *baseline* untuk membandingkan kondisi biodiversitas sebelum dan setelah intervensi pengelolaan. Penggunaan indikator kuantitatif tersebut penting agar keberhasilan program tidak hanya dinilai berdasarkan jumlah kegiatan penanaman atau jumlah individu yang ditanam, tetapi juga berdasarkan perubahan kualitas komunitas vegetasi.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa strata pancang merupakan bagian komunitas yang membutuhkan perhatian lebih besar karena memiliki nilai H' paling rendah dan konsentrasi INP paling tinggi pada satu jenis. Kondisi tersebut dapat digunakan untuk menentukan prioritas program pengayaan vegetasi, terutama pada plot yang memiliki dominansi tinggi *Musa × paradisiaca*, bambu, atau jenis pionir. Intervensi pengelolaan sebaiknya diarahkan pada peningkatan heterogenitas jenis lokal yang sesuai dengan kondisi tapak tanpa menghilangkan struktur vegetasi yang telah terbentuk. Sebaliknya, strata pohon yang memiliki komposisi lebih tersebar perlu dipertahankan, terutama pohon berdiameter besar dan tajuk berlapis, karena menyediakan struktur habitat sekaligus mendukung proses regenerasi pada strata di bawahnya.

Kondisi awal MTR yang diperoleh pada penelitian ini dapat digunakan sebagai baseline biodiversity, sedangkan pengayaan jenis lokal, pemeliharaan pohon induk, perlindungan regenerasi alami, serta pengendalian dominansi jenis tertentu dapat diposisikan sebagai bentuk intervensi. Keberhasilan program selanjutnya dapat dievaluasi melalui peningkatan atau kestabilan nilai H', penurunan konsentrasi INP pada satu spesies yang terlalu dominan, peningkatan representasi jenis lokal, serta semakin baiknya kesinambungan individu dari strata semai menuju pancang, tiang, dan pohon. Pendekatan ini memungkinkan pengelolaan

biodiversitas MTR bergerak dari inventarisasi statis menuju sistem pemantauan berbasis perubahan ekologis.

Kontribusi utama penelitian ini terhadap pengelolaan lingkungan PT PLN Nusantara Power UP Cirata adalah menyediakan baseline kuantitatif dan indikator ekologis yang dapat digunakan untuk mendukung evaluasi program keanekaragaman hayati dalam kerangka pengelolaan lingkungan dan PROPER. Integrasi antara data penelitian, program pengelolaan, dan pemantauan berkelanjutan berpotensi memperkuat posisi kawasan MTR sebagai kawasan konservasi yang dikelola berdasarkan prinsip *manajemen lingkungan berbasis bukti*.

4. KESIMPULAN

Vegetasi MTR menunjukkan perbedaan struktur antarstrata. *Musa paradisiaca* memiliki INP tertinggi pada semai (24,68%), pancang (90,24%), dan tiang (67,32%), sedangkan *Tectona grandis* mendominasi pada pohon (36,50%). Nilai H' semai, pancang, tiang, dan pohon masing-masing 2,98; 2,08; 2,87; dan 2,98. Dibandingkan dengan sejumlah hutan sekunder dan agroforestri di Indonesia, strata pohon MTR relatif heterogen dan tidak menunjukkan monodominansi ekstrem, tetapi strata pancang menjadi titik kritis karena H' paling rendah dan INP dominan paling tinggi. Pengelolaan perlu memprioritaskan pengayaan jenis lokal, pemeliharaan tajuk berlapis, dan pemantauan plot permanen. Dominansi *Musa paradisiaca* pada kelas ukuran operasional harus ditafsirkan sebagai struktur vegetasi, bukan regenerasi pohon berkayu.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada PT PLN Nusantara Power UP Cirata atas izin dan dukungan penelitian, serta kepada Program Studi Magister Teknik Lingkungan ITATS dan tim survei biodiversitas atas dukungan selama inventarisasi vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

Barlow, J., França, F., Gardner, T. A., Hicks, C. C., Lennox, G. D., Berenguer, E., Castello, L., Economo, E. P., Ferreira, J., Guénard, B., Gontijo Leal, C., Isaac, V., Lees, A. C., Parr, C. L., Wilson, S. K., Young, P. J., Graham, N. A. J. (2018). The future of hyperdiverse tropical ecosystems. Nature, 559, 517–526. https://doi.org/10.1038/s41586-018-0301-1

FAO. (2020). Global forest resources assessment 2020: Main report. Food and Agriculture Organization of the United Nations. https://doi.org/10.4060/ca9825en

Harper, J. L. (1977). *Population Biology of Plants*. Academic Press, London.

IPBES. (2019). Global assessment report on biodiversity and ecosystem services of the Intergovernmental Science-Policy Platform on Biodiversity and Ecosystem Services. E. S. Brondizio, J. Settele, S. Díaz, & H. T. Ngo (Eds.). IPBES Secretariat. https://doi.org/10.5281/zenodo.3831673

Kusmana, C. (1997). *Metode Penelitian Vegetasi*. Bogor: PT Penerbit IPB Press.

Kusuma, M. N., Handriyono, R. E., Pramestyawati, T. N., Sari, A. N., Listyaningsih, D., Hafizah, N. E. (2024). Mitigation of CO_2 emissions based on aboveground biomass assessment in tropical regions (Case study: Gresik City, East Java, Indonesia). *Environmental Research, Engineering and Management*, *80*(4), 48-59. https://doi.org/10.5755/j01.erem.80.4.35259

Magurran, A. E. (2004). Measuring biological diversity. Blackwell Publishing.

Mueller-Dombois, D., Ellenberg, H. (1974). Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons.

Ni'am, A. C., Fenelon, E., Ningsih, E., Mirzayanti, Y. W., Kristanti, E. (2022). High-efficiency adsorption of hexavalent chromium from aqueous solution by *Samanea saman* activated carbon. Adsorption Science & Technology, 2022, 8960379. https://doi.org/10.1155/2022/8960379

Ni'am, A. C., Suhar, M., Fenelon, E. (2023). Characterization and potential of *Samanea saman*-activated carbon on adsorption of copper from an aqueous solution. Adsorption Science & Technology, 2023, 1911596. https://doi.org/10.1155/2023/1911596

Odum, E. P. (1993). *Dasar-Dasar Ekologi* (Edisi Ketiga, diterjemahkan oleh T. Samingan). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

Poorter, L., Bongers, F., Aide, T. M., Almeyda Zambrano, A. M., Balvanera, P., Becknell, J. M., et al. (2021). Multidimensional tropical forest recovery. Science, 374(6573), 1370–1376. https://doi.org/10.1126/science.abh3629

Prabowo, S. H., Rahmadwiati, R., Nufus, M. (2024). Exploring the vegetation characteristics of karst landscapes: A study of community forest in Tubokarto Village, Wonogiri, Indonesia. Media Konservasi, 29(4), 593–608. https://doi.org/10.29244/medkon.29.4.593

Prasetya, K. D., Ni'am, A. C. (2025). Revealing of macroinvertebrate communities as ecological integrity of water quality: A case study in Kali Lamong Estuary. Jurnal Ilmu Lingkungan, 23(2), 402–409. https://doi.org/10.14710/jil.23.2.402-409

Purvis, A., Hector, A. (2000). Getting the measure of biodiversity. Nature, 405(6783), 212–219. https://doi.org/10.1038/35012221

Putra, P. S., Yamada, T., Achmad, A., Nasri, Hamzah, A. S., Ngakan, P. O. (2023). Differences in the vegetation dynamic patterns of three tropical secondary forests in South Sulawesi, Indonesia. Biodiversitas, 24, 5065–5073. https://doi.org/10.13057/biodiv/d240950

Rahmani, T. A., Nurrochmat, D. R., Park, M. S., Boer, R., Ekayani, M. (2024). The potential ecological impact of oil palm agroforestry as term of improvement for restoring Harapan Rainforest. Jurnal Manajemen Hutan Tropika, 30(3), 376–389. https://doi.org/10.7226/jtfm.30.3.376

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

Santoso, T., Paridduar, R., Bintoro, A. (2023). Plant diversity under traditional agroforestry system of repong damar in Pesisir Barat District, Lampung Province, Indonesia. Biodiversitas, 24, 4675–4684. https://doi.org/10.13057/biodiv/d240849

Soerianegara, I., Indrawan, A. (2005). *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan, Fakultas Kehutanan IPB.

Solfiyeni, Syamsuardi, Chairul, Mukhtar, E. (2022). Impacts of invasive tree species Bellucia pentamera on plant diversity, microclimate and soil of secondary tropical forest in West Sumatra, Indonesia. Biodiversitas, 23, 3135–3146. https://doi.org/10.13057/biodiv/d230641

Solfiyeni, Winata, F., Mildawati, Marisa, H. (2024). Vegetation composition, structure and association at site invaded by Calliandra houstoniana in Bung Hatta Grand Forest Park, West Sumatra, Indonesia. Biodiversitas, 25, 3608–3616. https://doi.org/10.13057/biodiv/d251022

Suyanto, Nugroho, Y., Harahap, M. M., Kusumaningrum, L., Wirabuana, P. Y. A. P. (2022). Spatial distribution of vegetation diversity, timber production, and carbon storage in secondary tropical

rainforest at South Kalimantan, Indonesia. Biodiversitas, 23, 6147–6154. https://doi.org/10.13057/biodiv/d231208

Swaine, M. D., Hall, J. B. (1988). The mosaic theory of forest regeneration and the determination of forest composition in Ghana. *Journal of Tropical Ecology*. *4*(3), 253-269. DOI: https://doi.org/10.1017/S0266467400002819

West, P. W. (2015). *Tree and Forest Measurement* (3rd ed.). Springer.