



ANALISIS VEGETASI TINGKAT POHON DI TEMPAT WISATA KALI BAK KAMPUNG HARAPAN SENTANI KABUPATEN JAYAPURA

Sartila Windesi^{1*}, Edoward K. Raunsay², Leonardo E. Aisoi³

¹Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Cenderawasih

²Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Cenderawasih

³Program Studi Pendidikan Biologi, FKIP, Universitas Cenderawasih

sartilawindesi@gmail.com¹, edowardraunsay@gmail.com², leon_aisoi@yahoo.com³

Abstract: This study aims to determine the types of trees and the diversity of tree species in the Kali Bak Tourism Object, Kampung Harapan Sentani, Jayapura Regency. This research is a quantitative ecological study using the Point Centered Quarter (PCQ) method across 40 observation points. The results showed that there were 17 tree species belonging to 10 families with a total of 160 individuals. *Gymnostoma papuana* (Miq.) was the most dominant species with 110 individuals, an Important Value Index (IVI/INP) of 182.95%, relative density (KR) of 68.75%, relative frequency (FR) of 45.45%, and relative dominance (DR) of 68.75%. The presence of this species indicates its strong adaptation to tropical riverside environments and rocky soils.

Keywords: Vegetation Analysis, Tree Level, Kali Bak, *Gymnostoma papuana*.

Abstrak: Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis-jenis pohon dan indeks keanekaragaman jenis pohon di Tempat Wisata Kali Bak Kampung Harapan Sentani Kabupaten Jayapura. Penelitian ini merupakan penelitian ekologi kuantitatif dengan menggunakan metode kuadran berpusat pada titik (Point Centered Quarter / PCQ) pada 40 titik pengamatan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa di kawasan tersebut ditemukan sebanyak 17 spesies pohon yang tergolong ke dalam 10 famili dengan total 160 individu. Spesies *Gymnostoma papuana* (Miq.) atau cemara gunung merupakan jenis yang paling mendominasi kawasan dengan jumlah 110 individu, Indeks Nilai Penting (INP) mencapai 182,95%, Kerapatan Relatif (KR) 68,75%, Frekuensi Relatif (FR) 45,45%, dan Dominansi Relatif (DR) 68,75%. Keberadaan spesies ini menunjukkan daya adaptasi yang tinggi terhadap ekosistem tepian sungai tropis dan tanah berbatu.

Kata kunci: Analisis Vegetasi, Tingkat Pohon, Kali Bak, *Gymnostoma papuana*.

PENDAHULUAN

Hutan hujan tropis Papua merupakan salah satu pusat keanekaragaman hayati (*biodiversity hotspot*) dunia yang dianugerahi kekayaan flora-fauna serta tingkat endemisme sangat tinggi di zona biogeografi Asia-Australasia (Petocz & Tucker, 1987). Di dalam tata ruang ekosistem ini, vegetasi tingkat pohon memegang peranan ekologis yang sangat vital dan krusial sebagai komponen struktural utama yang mengendalikan iklim mikro di lantai hutan (Soegianto, 1994), siklus hara, perlindungan solum tanah, penyerapan karbon, serta pengaturan tata air (Indriyanto, 2006). Secara khusus, kawasan sempadan sungai (riparian) yang dicirikan oleh formasi batuan karst dan struktur tanah berbatu (*stony soil*) menyajikan gradien ekologis unik sekaligus tekanan lingkungan (*environmental stress*) spesifik yang membutuhkan sistem adaptasi mekanis maupun fisiologis khusus dari tumbuhan penyusunnya (Martono, 2012).

Salah satu ekosistem riparian yang bernilai strategis di Kabupaten Jayapura adalah kawasan Kali Bak yang terletak di Kampung Harapan, Distrik Sentani. Kawasan ini merupakan bagian penting dari daerah tangkapan air terpadu yang menopang stabilitas hidrologis kawasan penyangga Cagar Alam Pegunungan Cycloop (Windesi, 2022), sekaligus berfungsi sebagai penyangga ekologis bagi Danau Sentani. Namun, akibat dialihfungsikan sebagai destinasi wisata pemandian alam yang intensif dikunjungi masyarakat, area ini terus mengalami eskalasi tekanan antropogenik yang masif (Sutomo & Fardila, 2020). Aktivitas rekreasi, pembukaan lahan skala kecil untuk fasilitas wisata, serta mobilitas pengunjung yang tinggi memicu degradasi habitat dan fragmentasi kanopi hutan yang secara akumulatif berpotensi mengubah komposisi jenis, menurunkan indeks keanekaragaman, serta mengganggu proses regenerasi alami vegetasi asli (Subekti et al., 2021).

Meskipun kajian mengenai analisis vegetasi hutan tropis di Papua telah banyak dipublikasikan, sebagian besar riset terdahulu masih berfokus pada kawasan konservasi murni seperti Cagar Alam Pegunungan Cycloop secara umum atau hutan produksi primer. Sebaliknya, studi komprehensif mengenai dinamika struktur vegetasi tingkat pohon pada area riparian yang terfragmentasi oleh aktivitas pariwisata berbasis alam (*nature-based tourism*) di wilayah Sentani ini masih sangat langka. Ketidaktersediaan data dasar kuantitatif (*baseline data*) mengenai respons komunitas pohon terhadap gangguan antropogenik menjadi celah riset krusial (*research gap*) yang menghambat perumusan kebijakan pengelolaan pariwisata berbasis ekologi. Padahal, analisis vegetasi secara kuantitatif merupakan instrumen ekologi esensial untuk mengevaluasi status kesehatan, struktur kanopi, dan arah suksesi komunitas tumbuhan akibat dampak gangguan tersebut (Mueller-Dombois & Ellenberg, 2002). Selama ini, analisis vegetasi kerap mengandalkan metode petak contoh (*quadrat method*) konvensional yang membutuhkan waktu lama dan kurang adaptif pada medan tepi sungai berbatu dan curam. Oleh sebab itu, penerapan metode *Point Centered Quarter* (PCQ) atau kuadran berpusat pada titik dalam penelitian ini menawarkan efisiensi sampling tanpa mengorbankan akurasi estimasi parameter ekologis komunitas (Soegianto, 1994).

Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis secara kuantitatif komposisi jenis, struktur komunitas, tingkat dominansi melalui Indeks Nilai Penting (INP), serta mengukur Indeks Keanekaragaman Jenis (H') Shannon-Wiener pada tingkat pohon di Tempat Wisata Kali Bak Kampung Harapan Sentani. Kebaruan (*novelty*) dari penelitian ini terletak pada pengungkapan adaptabilitas dan dominansi mutlak spesies lokal *Gymnostoma papuana* (Miq.) di bawah tekanan aktivitas antropogenik kawasan wisata sungai berbatu. Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan kontribusi teoretis bagi perkembangan ilmu ekologi tumbuhan tropis Papua, serta memberikan rekomendasi empiris bagi pemangku kebijakan dan masyarakat adat dalam menjaga keseimbangan antara pembangunan sektor pariwisata dan proteksi keanekaragaman hayati kelokalan.

METODE

Desain Penelitian, Waktu, dan Lokasi

Penelitian ini merupakan studi ekologi kuantitatif eksplanatori yang dirancang untuk mengukur struktur komunitas dan parameter demografi vegetasi tingkat pohon. Pengambilan data lapangan dilakukan selama tiga bulan, terhitung sejak Januari hingga Maret 2022. Lokasi

penelitian berfokus pada zona riparian sempadan sungai di Tempat Wisata Kali Bak, Kampung Harapan, Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura, Provinsi Papua. Secara geografis, kawasan ini berbatasan langsung dengan area penyangga (*buffer zone*) Cagar Alam Pegunungan Cycloop, yang dicirikan oleh topografi bergelombang hingga curam, formasi batuan karst, serta dominasi substrat tanah berbatu (*stony soil*).

Prosedur Sampling dan Desain Transek

Populasi dalam penelitian ini mencakup seluruh individu tumbuhan berkayu yang telah mencapai fase hidup tingkat pohon (didefinisikan secara operasional sebagai tumbuhan dengan diameter batang ≥ 10 cm pada ketinggian dada atau *Diameter at Breast Height* / DBH $\approx 1,3$ meter dari permukaan tanah).

Mengingat kondisi medan tepian sungai yang memiliki kemiringan terjal dan struktur tanah berbatu yang tidak memungkinkan penerapan metode petak contoh (*quadrat method*) secara konvensional, sampling dilakukan dengan menggunakan metode Kuadran Berpusat pada Titik (*Point Centered Quarter* / PCQ) (Soegianto, 1994). Teknik sampling ini dipilih karena efisien secara waktu dan memiliki akurasi tinggi untuk menduga kerapatan absolut pada komunitas yang homogen maupun heterogen dengan hambatan topografi. Desain peletakan titik sampling mengikuti alur sebagai berikut:

1. Jalur transek utama ditarik sepanjang 400 meter sejajar dengan aliran sungai Kali Bak pada kawasan yang terdampak aktivitas wisata.
2. Di sepanjang transek tersebut, ditentukan sebanyak 40 titik pengamatan (sampling points) secara sistematis dengan jarak antartitik sejajar ditentukan sejauh 10 meter (*systematic sampling*).
3. Pada setiap titik pengamatan, ruang komunal di sekitarnya dibagi menjadi 4 kuadran arah mata angin (Kuadran I, II, III, dan IV) menggunakan garis tegak lurus imajiner berpusat pada titik koordinat tersebut.
4. Di setiap kuadran, dipilih satu individu pohon terdekat dari titik pusat yang memenuhi syarat DBH ≥ 10 cm. Dengan demikian, total sampel pohon yang diukur secara intensif berjumlah 160 individu pohon ($40 \text{ titik} \times 4 \text{ kuadran}$).

Pengukuran Parameter Vegetasi di Lapangan

Pada setiap individu pohon terpilih di masing-masing kuadran, dilakukan pengukuran variabel ekologis primer yang meliputi:

- (1) Jarak Pohon (d): Jarak linear terkecil dari titik pusat kuadran ke pusat batang pohon terdekat (diukur dalam satuan meter menggunakan rol meter).
- (2) Keliling Batang (K): Keliling lingkaran batang pohon setinggi dada (1,3 m) menggunakan pita meteran, yang selanjutnya dikonversi menjadi diameter (D) dan Luas Bidang Dasar (LBDS) atau *Basal Area* (BA).
- (3) Identifikasi Taksonomi: Pencatatan nama ilmiah spesies dan nama famili. Spesimen tumbuhan yang belum teridentifikasi secara langsung di lapangan diambil sampel organ vegetatif dan generatifnya untuk dibuat spesimen herbarium kering, kemudian diidentifikasi di Laboratorium Botani Program Studi Pendidikan Biologi Universitas Cenderawasih dengan merujuk pada kunci identifikasi flora Malesiana.

Analisis Data Kuantitatif Ekologi

Data mentah lapangan ditabulasikan untuk menghitung parameter kuantitatif vegetasi guna mengeksplorasi struktur komunitas (Indriyanto, 2006). Perhitungan parameter ekologis dilakukan menggunakan rumus-rumus standar berikut:

1. Kerapatan Total Seluruh Jenis (KT):

$$KT = \frac{1}{(\text{Rata-rata Jarak})^2}$$

Dimana Rata-rata Jarak adalah total jarak seluruh pohon ke titik pusat dibagi jumlah sampel ($N=160$).

2. Kerapatan Absolut Suatu Jenis (K):

$$K = \frac{\text{Jumlah Individu suatu jenis}}{\text{Total Individu seluruh jenis}} \times KT$$

3. Kerapatan Relatif (KR):

$$KR = \frac{\text{Kerapatan suatu jenis}}{\text{Kerapatan seluruh jenis}} \times 100\%$$

4. Frekuensi Absolut Suatu Jenis (F):

$$F = \frac{\text{Jumlah titik ditemukan suatu jenis}}{\text{Total titik pengamatan (40)}}$$

5. Frekuensi Relatif (FR):

$$FR = \frac{\text{Frekuensi suatu jenis}}{\text{Frekuensi seluruh jenis}} \times 100\%$$

6. Dominansi Absolut/Luas Bidang Dasar Jenis (D):

$$D = \frac{\sum LBDS \text{ suatu jenis}}{\text{Luas area total sampling}}$$

$$\text{Dimana } LBDS = \frac{\pi \times D^2}{4} \text{ atau } LBDS = \frac{K^2}{4\pi}$$

7. Dominansi Relatif (DR):

$$DR = \frac{\text{Dominasi suatu jenis}}{\text{Dominasi seluruh jenis}} \times 100\%$$

8. Indeks Nilai Penting (INP):

$$INP = KR + FR + DR$$

Nilai INP berkisar antara 0% hingga 300% dan menjadi indikator tingkat penguasaan/dominansi spesies dalam komunitas.

9. Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (H')

$$H' = - \sum \left(\frac{n_i}{N} \right) \ln \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

Dimana n_i adalah jumlah individu spesies i , dan N adalah total individu seluruh spesies (160). Kriteria nilai H' didefinisikan sebagai: $H' > 3$ (Keanekaragaman tinggi), $1 \leq H' \leq 3$ (Keanekaragaman sedang), dan $H' < 1$ (Keanekaragaman rendah).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi Taksonomi dan Struktur Komunitas Vegetasi

Berdasarkan inventarisasi ekologis tumbuhan menggunakan metode *Point Centered Quarter* (PCQ) pada 40 titik sampling di kawasan riparian Tempat Wisata Kali Bak, tercatat sebanyak 160 individu pohon berkayu yang berhasil diidentifikasi. Seluruh sampel tersebut terdistribusi ke dalam 17 spesies spesifik yang tercakup dalam 10 famili tumbuhan. Data komprehensif mengenai rekapitulasi parameter kuantitatif vegetasi tingkat pohon di lokasi penelitian disajikan secara detail pada Tabel 1.

Tabel 1. Parameter Kuantitatif Analisis Vegetasi Tingkat Pohon di Kawasan Wisata Kali Bak

No	Famili	Spesies	Nama lokal	Komposisi Pohon									
				Jumlah	Jumlah Titik	K	KR%	F	FR%	D	DR%	INP	'H
1	Casuarinaceae	<i>Gymnostoma papuana</i> (Miq.)	Cemara gunung	110	40	20,85	68,75	1,00	45,45	632,2	68,75	182,95	-0,26
2	Moraceae	<i>Ficus benjamina</i> L.	Beringin	5	4	0,95	3,125	0,10	4,55	28,74	3,125	10,8	-0,11
3	Moraceae	<i>Ficus hispida</i> L.	Luwing	4	3	0,76	2,5	0,08	3,41	22,99	2,5	8,41	-0,09
4	Moraceae	<i>Ficus virens</i>	Beringin	1	1	0,19	0,625	0,03	1,14	5,75	0,625	2,39	-0,03
5	Moraceae	<i>Prainea limpat</i>	ara putih	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
6	Moraceae	<i>Prainea papuana</i>	-	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
7	Moraceae	<i>Artocarpus sericarpus</i>	Terap	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
8	Cannabaceae	<i>Celtis paniculata</i>	-	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
9	Cannabaceae	<i>Celtis philippensis</i>	Horo	7	7	1,33	4,375	0,18	7,95	40,24	4,375	16,7	-0,14
10	Anacardiaceae	<i>Buchanania</i> sp	Terentang	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
11	Calophyllaceae	<i>Mammea</i> sp	-	4	4	0,76	2,5	0,10	4,55	22,99	2,5	9,55	-0,09
12	Calophyllaceae	<i>Calophyllum inophyllum</i>	Bitanggur/ Nyaplung	5	5	0,95	3,125	0,13	5,68	28,74	3,125	11,93	-0,11
13	Apocynaceae	<i>Alstonia scholaris</i> (L) R.br	Kayu susu /pule	5	5	0,95	3,125	0,13	5,68	28,74	3,125	11,93	-0,11
14	Fabaceae	<i>Instia bijuga</i>	Merbau /Kayu besi	3	3	0,57	1,875	0,08	3,41	17,24	1,875	7,16	-0,07
15	Combretaceae	<i>Terminalia</i> sp	Ketapang	1	1	0,19	0,625	0,03	1,14	5,75	0,625	2,39	-0,03
16	Malvaceae	<i>Microcos paniculata</i>	-	3	3	0,57	1,875	0,08	3,41	17,24	1,875	7,16	-0,07
17	Rubiaceae	<i>Morinda citrifolia</i> L.	Mengkudu	2	2	0,38	1,25	0,05	2,27	11,5	1,25	4,77	-0,05
Total		17		160	40	30,33	100	2,20	100	919,67	100	300	1,45

Analisis sebaran taksonomi menunjukkan variasi kekayaan jenis yang timpang antar famili. Famili Moraceae menjadi kelompok dengan kekayaan jenis tertinggi, diwakili oleh genus *Ficus* (*F. benjamina*, *F. hispida*, *F. virens*) dan *Prainea* (*P. limpato*, *P. papuana*). Kehadiran famili Moraceae dalam jumlah spesies yang melimpah merupakan karakteristik tipikal dari sabuk vegetasi riparian sekunder di kawasan tropis, mengingat famili ini memiliki adaptabilitas tinggi terhadap fluktuasi ketersediaan air tanah di dekat aliran sungai (Martono, 2012).

*Dominansi Mutlak *Gymnostoma papuana* (Miq)*

Temuan paling krusial dari analisis kuantitatif ini adalah fenomena dominansi tunggal yang sangat ekstrem oleh spesies *Gymnostoma papuana* (Miq.) atau cemara gunung. Dari total 160 sampel pohon yang terdata di sepanjang transek, 110 individu di antaranya merupakan *G. papuana*. Kondisi ini terefleksi langsung pada perolehan Indeks Nilai Penting (INP) yang mencapai 182,95% dari ambang batas maksimum 300%. Tingginya nilai INP ini didorong secara linear oleh nilai Kerapatan Relatif (KR) sebesar 68,75%, Frekuensi Relatif (FR) 45,45%, dan Dominansi Relatif (DR) 68,75%.

Tingginya akumulasi parameter demografi *G. papuana* di Kali Bak dapat dijelaskan melalui sudut pandang ekofisiologi tumbuhan dan kondisi edafik setempat. *G. papuana* merupakan salah satu jenis pohon pionir asli (*native pioneer species*) Papua yang memiliki kemampuan adaptasi mekanis luar biasa pada wilayah riparian berbatu dengan lapisan solum tanah yang tipis (*stony soil*). Tumbuhan ini mengembangkan sistem perakaran kontraktif dan asosiasi simbiotik dengan aktinometes pengikat nitrogen bebas (seperti genus *Frankia*), yang memungkinkannya mengekstrak hara secara efisien dari sela-sela batuan karst yang miskin nutrisi organik.

Selain faktor edafik, karakter habitat Kali Bak yang telah terbuka akibat alih fungsi lahan pariwisata memicu peningkatan intensitas penetrasi radiasi matahari langsung ke lantai hutan (*gap dynamic*). Sebagai spesies intoleran naungan (*shade-intolerant*), benih dan anakan *G. papuana* merespons ketersediaan cahaya yang melimpah ini dengan melakukan perkecambahan massal dan pertumbuhan vertikal yang sangat progresif. Hal ini menyebabkan spesies klimaks lain tereliminasi dalam kompetisi ruang hidup dan cahaya, sehingga memicu terjadinya homogenitas struktur kanopi atas hutan riparian Kali Bak oleh tegakan cemara gunung.

Analisis Indeks Keanekaragaman Jenis (H') dan Dampak Antropogenik

Berdasarkan kalkulasi matematis menggunakan formula Shannon-Wiener, nilai keanekaragaman jenis total (H') tingkat pohon di Tempat Wisata Kali Bak diperoleh sebesar 1,45. Merujuk pada kriteria klasifikasi Barbour et al. (1987), nilai H' yang berada pada rentang $1 \leq H' \leq 3$ mengindikasikan bahwa keanekaragaman komunitas tumbuhan di kawasan ini tergolong ke dalam kategori sedang.

Meskipun secara kategoris berada di tingkat sedang, nilai 1,45 sebenarnya mendekati batas bawah keanekaragaman rendah ($H' < 1$). Rendahnya stabilitas komunitas ini disebabkan oleh indeks pemerataan jenis (*evenness index*) yang tidak seimbang akibat dominansi tunggal dari *G. papuana*. Distribusi individu yang terkonsentrasi hanya pada satu spesies dominan

menyebabkan sensitivitas ekosistem terhadap gangguan eksternal menjadi sangat rentan. Jika terjadi serangan hama spesifik atau penyakit biologis yang menyerang famili Casuarinaceae di lokasi tersebut, maka struktur proteksi hidrologis dan fisik sungai Kali Bak berisiko mengalami keruntuhan ekologis secara instan.

Rendahnya keragaman spesies pohon non-dominan di area ini juga mengonfirmasi adanya dampak tekanan antropogenik akibat aktivitas pariwisata. Pembukaan jalan setapak, pembersihan semak/tumbuhan bawah untuk area rekreasi air, serta pemadatan tanah akibat injakan kaki pengunjung secara konstan merusak struktur perakaran halus anakan pohon (*seedling* dan *sapling*) spesies sensitif seperti famili Anacardiaceae dan Combretaceae. Akibatnya, regenerasi alami pohon-pohon klimaks menjadi terhambat (*delayed succession*). Kawasan pariwisata alam Kali Bak saat ini sedang berada dalam fase suksesi sekunder yang terganggu, di mana intervensi manusia secara tidak langsung mengarahkan formasi hutan menuju tipe monokultur fungsional lokal. Kajian ini memberikan pembuktian empiris bahwa tata kelola ekowisata berbasis sungai di wilayah penyangga Pegunungan Cycloop membutuhkan zonasi proteksi vegetasi riparian yang ketat guna menekan laju degradasi keanekaragaman hayati asli Papua.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kajian ekologis kuantitatif di kawasan riparian Tempat Wisata Kali Bak Kampung Harapan Sentani menunjukkan bahwa intervensi antropogenik pariwisata berbasis alam secara nyata memengaruhi struktur demografi dan kestabilan vegetasi tingkat pohon. Hutan sempadan sungai pada substrat tanah berbatu (*stony soil*) ini dicirikan oleh kekayaan jenis yang relatif terbatas dengan akumulasi 17 spesies pohon dari 10 famili. Temuan krusial dari riset ini mengungkap adanya fenomena dominansi tunggal yang sangat ekstrem oleh spesies asli pionir, *Gymnostoma papuana* (Miq.), dengan Indeks Nilai Penting (INP) mutlak sebesar 182,95%. Kemampuan adaptasi ekofisiologis *G. papuana* dalam memanfaatkan ketersediaan intensitas cahaya matahari langsung di area hutan terbuka (*gap dynamic*) serta efisiensi perakaran dalam mengekstrak hara pada celah karst berbatu menjadikannya spesies penentu rona lingkungan lanskap ini. Meskipun indeks keanekaragaman jenis Shannon-Wiener (H') secara kategoris berada di tingkat sedang (1,45), stabilitas riil ekosistem riparian Kali Bak tergolong rentan akibat rendahnya indeks kemerataan jenis yang dipicu oleh suksesi sekunder yang terganggu oleh aktivitas rekreasi. Secara keseluruhan, penelitian ini membuktikan bahwa pembukaan area wisata alam tanpa zonasi proteksi sempadan sungai dapat mengeliminasi spesies pohon klimaks sensitif dan mendorong penyederhanaan formasi hutan menuju monokultur lokal yang rentan terhadap guncangan ekologis.

Secara akademis, kelemahan penelitian ini terletak pada fokus sampling yang terbatas pada fase hidup tingkat pohon ($DBH \geq 10\text{ cm}$). Oleh karena itu, penelitian lanjutan disarankan untuk mengeksplorasi dinamika struktur vegetasi pada tingkat di bawahnya, yaitu fase belta (*sapling*) dan semai (*seedling*). Investigasi komprehensif mengenai struktur regenerasi alami tersebut, dikombinasikan dengan analisis sifat fisik-kimia tanah riparian serta pengukuran indeks pemadatan tanah akibat pijakan wisatawan, sangat diperlukan untuk memodelkan lintasan suksesi jangka panjang hutan riparian di sekitar Cagar Alam Pegunungan Cycloop.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis merakamkan setinggi-tinggi penghargaan kepada Program Studi Pendidikan Biologi, Jurusan Pendidikan Matematika dan IPA, Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan, Universitas Cenderawasih atas sokongan institusi dan penyediaan fasiliti makmal sepanjang proses identifikasi spesimen dijalankan. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Pemerintah Kampung Harapan, Distrik Sentani, Kabupaten Jayapura, serta para pengelola kawasan pelancongan alam Kali Bak yang telah memberikan kebenaran rasmi dan bantuan teknikal semasa proses persampelan ekologi di lapangan dijalankan.

DAFTAR PUSTAKA

- Barbour, M. G., Burk, J. H., & Pitts, W. D. (1987). *Terrestrial plant ecology* (2nd ed.). Benjamin/Cummings Publishing Company.
- Indriyanto. (2006). Ekologi hutan. PT Bumi Aksara.
- Martono. (2012). Analisis vegetasi dan komposisi tumbuhan hutan tropis. *Jurnal Ekologi Lingkungan*, 4(2), 115–124.
- Martono. (2012). Analisis vegetasi dan komposisi tumbuhan hutan tropis. *Jurnal Ekologi Lingkungan*, 4(2), 115–124.
- Mueller-Dombois, D., & Ellenberg, H. (2002). *Aims and methods of vegetation ecology*. John Wiley & Sons.
- Petocz, R. G., & Tucker, C. (1987). *Konservasi alam dan pembangunan di Irian Jaya: Strategi pemanfaatan sumber daya alam secara rasional*. Grafiti Press.
- Soegianto, A. (1994). *Ekologi kuantitatif: Metode analisis populasi dan komunitas*. Penerbit Usaha Nasional.
- Subekti, A., Gunawan, H., & Heriyanto, N. M. (2021). Komposisi dan keanekaragaman vegetasi pohon pada area riparian terganggu di kawasan hutan penyangga. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*, 18(1), 77–89.
- Sutomo, & Fardila, D. (2020). Kerentanan komunitas tumbuhan riparian akibat tekanan antropogenik dan pengembangan pariwisata alam. *Jurnal Ekologi Tropis*, 11(2), 156–167.