

Struktur dan Komposisi Vegetasi Hutan Pegunungan Bagian Atas Taman Wisata Alam (TWA) Bukit Kaba

SHINTA AULIA PUTRI, WAHYUDI ARIANTO, HEFRI OKTOYOKI

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Jl. WR Supratman, Kandang Limun, Muara Bangka Hulu, Sumatera, Indonesia.

Tel. +62-823-4914-1043, email: shintaputri888@gmail.com

Abstrak.

Kawasan pegunungan termasuk ke dalam bagian penting dari rangkaian tipologi ekosistem teresterial dengan beragam ketinggian mulai dari 600 mdpl hingga lebih dari 4.000 mdpl. Kawasan pegunungan memiliki peran dalam menjaga stabilisasi kawasan yang ada di bawahnya, khususnya pada pegunungan bagian atas yang memiliki peran penting dalam siklus hidrologi. Terdapat pe,again zona vegetasi pada hutan pegunungan berdasarkan ketinggian tempat yang dipengaruhi oleh faktor lingkungan, karakteristik floristik dan struktur umumnya. Penelitian mengenai struktur dan komposisi vegetasi hutan pegunungan bagian atas masih sedikit dilakukan, khususnya pada Taman Wisata Alam (TWA) Bukit Kaba yang belum memiliki data mengenai vegetasi hutan pegunungan bagian atas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui struktur dan komposisi vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba dan mengetahui bagaimana kondisi faktor lingkungan vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba. Penelitian ini dilakukan pada bulan Juli-Agustus 2023 yang berlokasi di TWA Bukit Kaba Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu dengan meletakkan plot pada ketinggian 1.500 mdpl sampai 1.900 mdpl. Plot dibuat dengan ukuran 10 m x 10 m sebanyak 10 buah plot pada setiap strata ketinggian tempat. Hasil penelitian ditemukan sebanyak 35 jenis tumbuhan penyusun vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba yang tergolong kedalam 29 famili. Vegetasi tingkat pohon didominasi oleh *Phoebe grandis* dengan Indeks Nilai Penting (INP) 72,15%, vegetasi tingkat semak dan perdu didominasi oleh *Vaccinium varingiaefolium* dengan INP 53,12% dan vegetasi tingkat tumbuhan bawah didominasi oleh *Dicrenopteris linearis* dengan INP 64,24%. Stratifikasi vertikal pada ketinggian 1.500 mdpl terdiri dari 3 lapisan yaitu stratum A, B dan C, sedangkan pada ketinggian 1.600 mdpl terdiri dari 2 lapisan yaitu stratum A dan B. Hasil analisis faktor lingkungan yaitu suhu rata-rata berkisar antara 20,35°C-21,43°C, kelembaban udara rata-rata berkisar antara 73,20%-86,17%, serta intensitas cahaya rata-rata berkisar antara 265,22 W/m²-1.012,44 W/m². Hasil analisis tanah yaitu pH tanah tergolong masam, C-Organik tergolong tinggi-sangat tinggi, Nitrogen tergolong rendah-sedang, Fosfor tergolong sangat rendah, dan Kalium tergolong rendah.

Kata Kunci: Hutan Pegunungan, Hutan Pegunungan Bagian Atas, Vegetasi, Struktur, Komposisi

PENDAHULUAN

Kawasan pegunungan termasuk ke dalam bagian penting dari rangkaian tipologi ekosistem teresterial dengan beragam ketinggian mulai dari 600 mdpl hingga lebih dari 4.000 mdpl (Alikodra, 2012). Kawasan pegunungan sangat menentukan stabilisasi kawasan yang ada di bawahnya, khususnya pada hutan pegunungan atas yang memiliki peran penting dalam siklus hidrologi karena memiliki kemampuan mencegah limpasan setelah hujan deras, sehingga berperan dalam perlindungan terhadap erosi tanah dan

memastikan aliran sungai terus mengalir ke daerah dataran rendah (Ataroff dan Fermin, 2000). Kawasan pegunungan merupakan tempat penyimpanan air di permukaan bumi, yang sangat diperlukan bagi kegiatan pertanian, industri, rekreasi dan pariwisata serta pemukiman (Alikodra, 2012).

Hutan pegunungan biasanya dibagi menjadi hutan pegunungan atas dan hutan pegunungan bawah yang kemudian dapat diklasifikasikan lagi lebih lanjut. Namun batas zona tersebut berbeda antara masing-masing gunung (Wiryo, 2020). Gunung yang rendah

dan kecil akan memiliki zona vegetasi yang lebih sempit dibandingkan gunung yang lebih tinggi (Anesta *et al.*, 2020). Whitten *et al.* (1984) mengklasifikasikan hutan Pulau Sumatera menjadi zona berdasarkan ketinggian yaitu dataran rendah pada ketinggian 0 hingga 1.200 m, pegunungan bawah 1.200 hingga 2.100 m, pegunungan atas 2.100 hingga 3.000 m serta sub alpin pada ketinggian diatas 3000 m. Lebih sempit lagi Whitmore (1975) membagi hutan pegunungan menjadi dataran rendah 0 hingga 750 m, pegunungan bawah 750 hingga 1.500 m dan pegunungan atas 1.500 hingga 2.100 m.

Pembagian vegetasi pegunungan menjadi tipe-tipe hutan didasarkan pada karakteristik floristik dan struktur umumnya (Steenis, 1972). Khusus hutan pegunungan atas dicirikan dengan stratifikasi sederhana, pohon yang muncul semakin berkurang dan berukuran kecil, tajuk berbentuk payung, batang berbonggol dan cabang yang ditutupi epifit seperti anggrek, pakis dan lumut (Whitmore, 1975). Komponen ekosistem lainnya yang saling berinteraksi akan mempengaruhi struktur dan komposisi vegetasi. Salah satu faktor yang mempengaruhi struktur dan komposisi vegetasi ialah ketinggian tempat, hal ini disebabkan adanya perbedaan kondisi lingkungan yang dilihat dari suhu, intensitas cahaya, tanah dan air (Wijayanti, 2011).

Taman Wisata Alam (TWA) Bukit Kaba merupakan salah satu kawasan konservasi yang terletak di Kabupaten Rejang Lebong dan Kabupaten Kepahiang Provinsi Bengkulu dengan luas kawasan 14.650,51 ha (BKSDA Bengkulu, 2022). TWA Bukit Kaba mempunyai keunikan geologis yaitu kawah Bukit Kaba serta morfologi gunungnya yang membentuk punggung memanjang dengan relief tidak beraturan (BKSDA Bengkulu, 2022). Menurut BKSDA Bengkulu (2022), kawasan Bukit Kaba memainkan peran penting dalam aspek ekologi dan ekonomi, yaitu dalam memelihara fungsi hidrologis dan keanekaragaman hayati serta memberi sumber pendapatan masyarakat di sekitar kawasan TWA Bukit Kaba.

Namun di sisi lain kawasan TWA Bukit Kaba mengalami gangguan antropogenik yang mengakibatkan terjadinya kerusakan kawasan hutan. Permasalahan utama di kawasan Bukit Kaba ialah perambahan kawasan dengan menjadikannya areal ladang atau perkebunan serta pemanfaatan Hasil Hutan Bukan Kayu (HHBK) yang berlebihan (BKSDA Bengkulu, 2022). Selain itu, Bukit Kaba juga menjadi salah satu destinasi wisata pendakian yang ada di Bengkulu. Namun, perilaku beberapa pendaki yang tidak menerapkan nilai-nilai kelestarian lingkungan pada akhirnya mengakibatkan kerusakan ekosistem Bukit Kaba.

Penelitian mengenai vegetasi yang ada di TWA Bukit Kaba masih sedikit dilakukan khususnya mengenai hutan pegunungan bagian atas, padahal penting untuk mengetahui dan memahami kondisi vegetasi tersebut. Oleh karena itu, perlu untuk dilakukan kajian mengenai struktur dan komposisi vegetasi hutan pegunungan bagian atas di TWA Bukit Kaba yang dapat digunakan sebagai data dasar untuk membantu dalam upaya pengelolaan TWA Bukit Kaba.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Lokasi

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Juli - Agustus 2023 yang berlokasi di Taman Wisata Alam (TWA) Bukit Kaba Kabupaten Rejang Lebong Provinsi Bengkulu. Lokasi pengambilan data di TWA Bukit Kaba dari ketinggian 1.500 mdpl hingga 1.900 mdpl.

Alat dan Bahan

Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah meteran roll 100 m, tali rafia, phi band, GPS Garmin 64s, air quality tester, whirling hygrometer, luxmeter, haka meter, kantong plastik, kertas koran, kertas label, gunting, sasak, parang, kamera, alat tulis, laptop, buku identifikasi, dan alkohol 70%.

Jenis Data

Data yang digunakan dalam penelitian ini adalah data primer dan data sekunder. Data primer merupakan data yang dikumpulkan melalui pengamatan dan observasi langsung di wilayah penelitian. Alat dan bahan yang dibutuhkan dalam penelitian ini adalah meteran roll 100 m, tali rafia, phi band, GPS Garmin 64s, air quality tester, whirling hygrometer, luxmeter, haga meter, kantong plastik, kertas koran, kertas label, gunting, sasak, parang, kamera, alat tulis, laptop, buku identifikasi, dan alkohol 70%. Data sekunder meliputi peta administrasi TWA Data sekunder dikumpulkan melalui buku, jurnal, situs web, risalah kawasan serta instansi-instansi yang terkait dengan penelitian. Selain itu juga diambil data lingkungan dari instansi terkait.

Metode Pengambilan Data

Pengambilan data vegetasi di lapangan dilakukan dengan menggunakan petak contoh yang merupakan kombinasi antara jalur dan garis berpetak (Kusmana, 2017). Plot diletakkan secara sistematis di lokasi penelitian pada lima strata ketinggian yaitu dari ketinggian 1.500 mdpl – 1.900 mdpl. Plot transek dibuat dengan ukuran 10 m x 10 m sebanyak 10 buah plot pada setiap strata ketinggian (Suryana et al., 2018). Metode yang digunakan untuk melihat struktur vegetasi ialah menggunakan belt transect dengan peletakan secara purposive sampling dilihat dari keterwakilan ekosistem hutan. Petak contoh berbentuk jalur dengan ukuran lebar 10 m dan panjang 60 m (Martuti et al., 2020). Pengambilan data komposisi jenis di lapangan dilakukan dengan analisis vegetasi. Petak contoh atau plot pada transek dibuat secara nested sampling (plot bersarang) dengan ukuran kuadrat ditentukan berdasarkan habitus tanaman yaitu 10 x 10 m untuk pohon, 4 x 4 m untuk lapisan vegetasi semak dan perdu sampai tinggi 3 m, dan 1 x 1 m untuk vegetasi bawah (Kusmana, 2017).

Analisis Data

Indeks Nilai Penting

Indeks Nilai Penting Muelle-Dumbeis dan Ellenberg (1974) (Ludwig dan Reynolds, 1988) dengan rumus:

$$\text{Kerapatan (K)} = \frac{\text{Jumlah individu suatu jenis}}{\text{Luas total petak contoh}}$$

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

$$\text{Frekuensi jenis (F)} = \frac{\text{Jumlah petak yang ditemukan suatu jenis}}{\text{Jumlah seluruh petak contoh}}$$

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

$$\text{Dominansi (D)} = \frac{\text{Luas Bidang Dasar Suatu Jenis}}{\text{Luas petak contoh}}$$

$$\text{Dominansi Relatif (DR)} = \frac{\text{Dominansi suatu jenis}}{\text{Dominansi seluruh jenis}} \times 100\%$$

Rumus INP untuk tingkat pohon:

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR} + \text{DR}$$

Rumus INP untuk tingkat semak, perdu dan tumbuhan bawah:

$$\text{Indeks Nilai Penting (INP)} = \text{KR} + \text{FR}$$

Keanekaragaman Jenis

Indeks Keanekaragaman Jenis Shannon – Wiener (Ludwig dan Reynolds, 1988) dengan rumus:

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

Dimana $P_i = n_i/N$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman Shannon – Wiener

P_i = Perbandingan jumlah individu jenis dengan total individu

n_i = Jumlah individu jenis

N = Total individu

Analisis Kesamaan Komunitas (Cluster Analisis)

Analisis kesamaan komunitas dilakukan menggunakan metode Single Linkage dengan bantuan software PAST 4.03.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi jenis hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba pada Tabel 1. tercatat 35 jenis. Jumlah jenis yang ditemukan pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba berdasarkan ketinggian tempat tidak jauh berbeda, namun jumlah individu semakin bertambah seiring meningkatnya ketinggian tempat. Jumlah jenis terbanyak ditemukan di ketinggian 1.500 mdpl yaitu 16 jenis dan

jumlah jenis terendah ditemukan di ketinggian 1.900 mdpl yaitu 13 jenis. Hasil tersebut sesuai dengan penelitian Wijayanti (2011) yang menyatakan bahwa semakin meningkatnya ketinggian tempat, kelimpahan jenis akan semakin menurun bahkan hampir tidak ditemukan jenis pohon pada puncak gunung.

Hal tersebut diduga disebabkan oleh kondisi lingkungan pada hutan pegunungan

akan semakin ekstrim seiring dengan meningkatnya ketinggian tempat, sehingga jenis yang ditemukan di hutan pegunungan atas ialah jenis yang memiliki kemampuan adaptasi dan toleransi di kondisi ekstrim. Ketinggian tempat akan mempengaruhi proses fotosintesis secara tidak langsung dan akan menjadi faktor pembatas yang akan menghambat pertumbuhan

Tabel 1. Komposisi jenis vegetasi hutan pegunungan atas TWA Bukit Kaba berdasarkan ketinggian tempat

No	Nama Ilmiah	Famili	Jumlah Individu Berdasarkan Ketinggian Tempat (mdpl)				
			1.500	1.600	1.700	1.800	1.900
1	<i>Dicrenopteris linearis</i> (Burm.)	Gleicheniaceae			146	261	268
2	<i>Lycopodium cernuum</i> L.	Lycopodoaceae			123	87	136
3	<i>Selliguea feei</i> Bory.	Polypodiaceae			14	31	92
4	<i>Rhododendron javanicum</i> (Bl.) Benn.	Ericaceae			30	17	3
5	<i>Breynia virgata</i> (Bl.) M. A.	Phyllanthaceae				6	2
6	<i>Blechnum orientale</i> Linn.	Blechnaceae					8
7	<i>Melastoma malabathricum</i> L.	Melastomataceae			61	11	32
8	<i>Vaccinium viringiaefolium</i> (Bl.)	Ericaceae			94	41	11
9	<i>Pandanus furcatus</i> Roxb.	Pandanaceae			11	10	26
10	<i>Romnaldia grallata</i> RJFHend.	Asparagaceae			4		7
11	<i>Gahnia javanica</i> Zoll. & Mor. ex Mor	Cyperaceae			39	9	34
12	<i>Melinis minutiflora</i> Beauv	Poaceae			11	8	7
13	<i>Melissa officinalis</i> L.	Lamiaceae			11		5
14	<i>Imperata cylindrica</i> (L.)	Poaceae			7	8	
15	<i>Gaultheria leucocarpa</i> Bl.	Ericaceae			49	11	
16	<i>Eleagnus conferta</i> Roxb.	Elaeagnaceae				2	
17	<i>Vaccinium laurifolium</i> (Bl)	Ericaceae			15	6	
18	<i>Phoebe grandis</i> (Nees) Merr.	Lauraceae	8	7			
19	<i>Brassaiopsis glomerulata</i> (Bl.) Regel	Araliaceae	6	6			
20	<i>Drypetes kikir</i> Airy Shaw.	Putranjivaceae	3	2			
21	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lmk)	Euphorbiaceae	2	1			
22	<i>Homalanthus populneus</i> (Geiseler) Pax.	Euphorbiaceae	2	3			
23	<i>Rhaphiolepis bibas</i> (Lour.) Galasso & Banfi	Rosaceae	3	3			
24	<i>Ficus ribes</i> Reinw. ex Bl.	Moraceae	3	1			
25	<i>Eurya acuminata</i> DC.	Theaceae	1	3			
26	<i>Cyrtandra picta</i> Blume.	Gesneriaceae	38	28			
27	<i>Mycetia cauliflora</i> Reinw.	Rubiaceae	24	24			
28	<i>Elatostema rostratum</i> (Blume.) Hassk.	Urticaceae	30	15			
29	<i>Globba aurantiaca</i> Miq.	Zingiberaceae	12				
30	<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	Saxifragaceae	5	27			
31	<i>Homalomena javanica</i> V.A.V.R.	Araceae		16			
32	<i>Begonia muricata</i> Bl.	Begoniaceae		9			
33	<i>Dimocarpus fumatus</i> (Bl.) Leenh.	Sapindaceae	3				
34	<i>Lithocarpus elegans</i> (Bl.) Hatus.	Fagaceae	4				
35	<i>Camellia lanceolata</i> (Bl.) Seem.	Theaceae	5				
Jumlah			149	145	615	508	631

tumbuhan (Wijayanti, 2011). Meningkatnya ketinggian tempat akan berpengaruh terhadap suhu udara. Suhu udara akan turun 0,6°C setiap ketinggian tempat bertambah 100 m (Whitten *et al.*, 1984).

Penurunan suhu yang disebabkan meningkatnya ketinggian tempat akan menimbulkan efek zonasi. Efek zonasi tersebut mengakibatkan terjadinya pengelompokan menurut perbedaan kepekaan atau toleransi ekologi (Steenis, 1972). Pengelompokan tersebut juga terlihat pada Tabel 1. yang menunjukkan terdapat persamaan komposisi jenis antara ketinggian 1.500 mdpl dan 1.600

mdpl serta persamaan jenis antara ketinggian 1.700 mdpl sampai 1.900 mdpl. Berdasarkan hal tersebut, dapat diasumsikan bahwa komposisi jenis vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba terbagi menjadi 2 kelompok, yaitu kelompok pertama vegetasi ketinggian 1.500 mdpl dan 1.600 mdpl serta kelompok kedua vegetasi ketinggian 1.700 mdpl sampai 1.900 mdpl.

Hasil penelitian ini juga dapat melihat jumlah jenis vegetasi berdasarkan famili pada ketinggian yang berbeda. Jumlah jenis vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba berdasarkan famili dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Jumlah jenis vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba berdasarkan famili

No	Famili	Ketinggian Tempat (mdpl)				
		1.500	1.600	1.700	1.800	1.900
1	Gleicheniaceae			1	1	1
2	Lycopodoaceae			1	1	1
3	Polypodiaceae			1	1	1
4	Ericaceae			4	3	2
5	Phyllanthaceae				1	1
6	Blechnaceae					1
7	Melastomataceae			1	1	1
8	Pandanaceae			2	1	2
9	Cyperaceae			1	1	1
10	Poaceae			1	2	1
11	Lamiaceae			1		1
12	Elaegnaceae				1	
13	Ericaceae					
14	Lauraceae	1	1			
15	Araliaceae	1	1			
16	Euphorbiaceae	2	2			
17	Rosaceae	1	1			
18	Putranjivaceae	1	1			
19	Moraceae	1	1			
20	Theaceae	2	1			
21	Gesneriaceae	1	1			
22	Rubiaceae	1	1			
23	Urticaceae	1				
24	Zingiberaceae	1				
25	Saxifragaceae	1	1			

26	Araceae		1			
27	Begoniaceae		1			
28	Sapindaceae	1				
29	Fagaceae	1				
Jumlah		16	13	13	13	13

Berdasarkan Tabel 2 terlihat jenis yang lebih banyak ditemukan pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ialah famili Ericaceae, terutama pada ketinggian 1.700 mdpl sampai 1.900 mdpl. Hal ini dipengaruhi oleh kondisi lingkungan, seperti faktor ketinggian, suhu udara, kelembaban udara, intensitas cahaya, pH dan nutrisi tanah. Faktor-faktor tersebut berpengaruh terhadap proses pertumbuhan dan regenerasi vegetasi di lokasi penelitian.

Menurut Whitten et al. (1984) salah satu ciri hutan pegunungan bagian atas adalah dengan adanya kehadiran dari famili Ericaceae seperti *Vaccinium* dan *Rhododendron*. Ericaceae merupakan famili yang tersebar secara global, kebanyakan ditemukan di zona pegunungan dan terkonsentrasi di zona pegunungan atas. Kehadiran famili Ericaceae yang banyak pada hutan pegunungan atas disebabkan kemampuannya yang dapat beradaptasi di habitat dengan nutrisi rendah (Schwery et al., 2015).

Indeks Nilai Penting (INP)

Indeks Nilai Penting (INP) merupakan salah satu parameter yang dapat memberikan gambaran tentang peranan suatu jenis dalam suatu lokasi. Berdasarkan hasil analisis indeks nilai penting dari 11 jenis pohon pada Tabel 3. jenis tumbuhan tingkat pohon yang memiliki

nilai INP tertinggi yaitu *P. grandis* dari famili Lauraceae. Jenis tersebut mendominasi tingkat pohon dengan nilai INP sebesar 72,15%. Nilai KR dari jenis *P. grandis* yaitu 29,41%, nilai ini menggambarkan jumlah jenis ini merupakan jenis terbanyak pada tingkat pohon yang ditemukan di hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba. Nilai FR pada jenis *P. grandis* yaitu sebesar 20%, nilai ini menunjukkan penyebaran jenis ini tidak terlalu merata karena hanya ditemukan pada 9 plot dari total 50 plot pengamatan. Nilai DR yaitu 22,74%, lebih rendah dibandingkan nilai DR dari jenis *B. glomerulata*.

Brassiopsis glomerulata merupakan jenis dari famili Araliaceae yang memiliki INP tertinggi kedua yaitu sebesar 66,96%. Nilai KR tidak jauh berbeda dari jenis *P. grandis* yaitu sebesar 23,53%, nilai ini menunjukkan bahwa penyebaran jenis ini cukup tinggi dibandingkan jenis lainnya. Nilai FR yaitu 20%, nilai ini sama dengan *P. grandis* yang menunjukkan bahwa penyebarannya yang sama yaitu hanya ditemukan pada 9 plot dari total 50 plot pengamatan. Nilai DR yaitu 23,43%, nilai ini lebih besar dibandingkan dengan jenis lainnya. Jenis *B. glomerulata* memiliki nilai DR tertinggi diduga karena rata-rata ukuran diameter batang masing-masing individunya lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya.

Tabel 3. Indeks Nilai Penting (INP) vegetasi tingkat pohon hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba

No	Nama Ilmiah	Famili	KR (%)	FR (%)	DR (%)	INP (%)
1	<i>Phoebe grandis</i> (Nees) Merr.	Lauraceae	29,41	20	22,74	72,15
2	<i>Brassaiopsis glomerulata</i> (Bl.) Regel	Araliaceae	23,53	20	23,43	66,96
3	<i>Rhaphiolepis bibas</i> (Lour.) Galasso & Banfi	Rosaceae	11,76	13,33	15,85	40,95

4	<i>Drypetes kikir</i> Airy Shaw.	Putranjivaceae	9,80	11,11	15,16	36,08
5	<i>Camelia lanceolata</i> (Bl.) Seem.	Theaceae	9,80	11,11	7,58	28,50
6	<i>Eurya acuminata</i> DC.	Theaceae	7,84	8,89	11,72	28,45
7	<i>Homalanthus populneus</i> (Geiseler) Pax.	Euphorbiaceae	9,80	8,89	6,20	24,90
8	<i>Lithocarpus elegans</i> (Bl.) Hatus.	Fagaceae	7,84	8,89	5,51	22,25
9	<i>Ficus ribes</i> Reinw. Ex Bl.	Moraceae	7,84	6,67	6,89	21,40
10	<i>Mallotus paniculatus</i> (Lmk).	Euphorbiaceae	5,88	6,67	4,20	16,75
11	<i>Dimocarpus fumatus</i> (Bl.) Leenh.	Sapindaceae	5,88	4,44	3,45	13,77

Keterangan: KR = Kerapatan Relatif; FR = Frekuensi Relatif; DR = Dominasi Relatif; INP = Indeks Nilai Penting

Nilai INP tertinggi ketiga ditemukan pada *R. bibas* yaitu sebesar 40,95%. Ketiga parameter yaitu KR, FR, dan DR sama-sama menentukan tingginya nilai INP pada jenis ini karena tidak ada faktor dominan yang mempengaruhi. Nilai KR sebesar 11,76%, FR 13,33% dan DR sebesar 15,85%.

Indeks Nilai Penting (INP) tingkat semak dan perdu yang terdapat pada Tabel 4. menunjukkan bahwa INP tertinggi ditemukan pada jenis *V. varingiaefolium* dari famili Ericaceae yaitu sebesar 53,12%. Nilai KR

sebesar 30,60%, menunjukkan bahwa jenis ini memiliki jumlah individu yang banyak di lokasi penelitian dibandingkan dengan jenis yang lain. Nilai FR yaitu 22,52%, menunjukkan bahwa individu jenis ini penyebarannya cukup luas karena ditemukan di 25 plot dari total 50 plot pengamatan. Menurut Roziaty *et al.* (2023) *V. varingiaefolium* merupakan salah satu tumbuhan yang ditemukan di hutan pegunungan atas yang diduga dapat beradaptasi terhadap perubahan lingkungan.

Tabel 4. Indeks Nilai Penting (INP) tingkat semak dan perdu vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba

No	Nama Ilmiah	Famili	KR (%)	FR (%)	INP (%)
1	<i>Vaccinium varingiaefolium</i> (Bl.)	Ericaceae	30,60	22,52	53,12
2	<i>Melastoma malabathricum</i> L.	Melastomataceae	21,36	16,22	37,57
3	<i>Pandanus furcatus</i> Roxb.	Pandanaceae	9,68	17,12	26,77
4	<i>Mycetia cauliflora</i> Reinw.	Rubiaceae	9,86	13,51	23,37
5	<i>Gaultheria leucocarpa</i> Bl.	Ericaceae	12,32	9,91	22,23
6	<i>Rhododendron javanicum</i> (Bl.) Benn.	Ericaceae	10,27	9,91	20,18
7	<i>Vaccinium laurifolium</i> (Bl.)	Ericaceae	4,31	6,31	10,62
8	<i>Dichroa febrifuga</i> Lour.	Saxifragaceae	1,64	4,50	6,15
9	<i>Eleagnus conferta</i> Roxb.	Elaegnaceae	0,42	0,90	1,31

Keterangan: KR = Kerapatan Relatif; FR = Frekuensi Relatif; INP = Indeks Nilai Penting

Melastoma malabathricum dari famili Melastomataceae merupakan jenis dengan nilai INP tertinggi kedua, yaitu 37,57%. Nilai KR yang tinggi disebabkan oleh jumlah individu yang cukup banyak ditemukan di lokasi

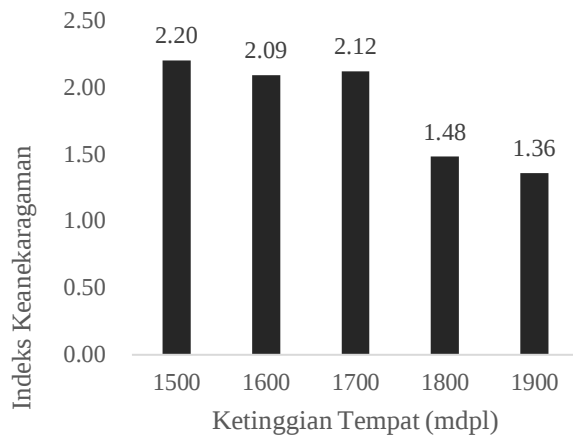
penelitian. Nilai kerapatan relatif sebesar 21,36%, nilai kerapatan relatif inilah yang mendukung nilai INP yang tinggi dari jenis ini. Hal ini dikarenakan *M. malabathricum* dapat tumbuh dimana saja, baik areal terbuka maupun ternaungi, serta bijinya yang dapat

yang lebih rendah. Nilai FR tidak jauh berbeda dari jenis *D. linearis* yaitu sebesar 17,22%, menunjukkan bahwa jenis ini ditemukan pada 26 plot dari 50 total plot pengamatan. Kemudian nilai INP tertinggi ketiga yaitu *G. javanica*, dengan INP sebesar 20,86%. Nilai KR 5,63%, menunjukkan bahwa jumlah individu dari jenis ini cukup rendah ditemukan di lokasi penelitian. Nilai FR yaitu sebesar

15,23%, menunjukkan bahwa jenis ini ditemukan pada 23 plot dari total 50 plot pengamatan.

Indeks Keanekaragaman Jenis

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman jenis hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba berdasarkan ketinggian dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Indeks keanekaragaman hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba berdasarkan ketinggian tempat

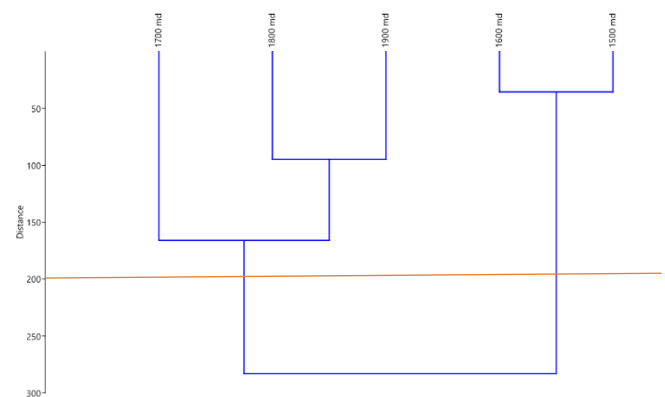
Hasil perhitungan nilai Indeks Keanekaragaman (H') pada Gambar 1. menunjukkan bahwa terjadi penurunan nilai indeks keanekaragaman seiring dengan meningkatnya ketinggian tempat. Semakin tinggi nilai indeks keanekaragaman maka akan semakin tinggi pula keanekaragaman jenis tumbuhan di tempat tersebut begitupula sebaliknya (Yulianto *et al.*, 2018). Sementara itu, jumlah jenis dipengaruhi oleh ketinggian tempat karena adanya perbedaan suhu udara, kelembaban udara dan intensitas cahaya.

Nilai indeks keanekaragaman hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba tergolong rendah jika dibandingkan dengan nilai indeks keanekaragaman zona montana Taman Nasional Gunung Gede Pangrango yaitu

sebesar 3,78 (Arrrijani, 2008). Namun, nilai tersebut tidak jauh berbeda dengan nilai indeks keanekaragaman pada Gunung Mangalayang yaitu sebesar 2,00 (Cahyanto, 2014).

Analisis Kesamaan Komunitas (Cluster Analisis)

Hasil analisis kluster pada 5 ketinggian di hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba diperlihatkan pada Gambar 2. Berdasarkan analisis ini akan terbentuk kelompok-kelompok yang memiliki ciri relatif sama, pengelompokan ini dilakukan berdasarkan variabel-variabel yang diamati (Muhartini *et al.*, 2022). Pengelompokan dalam analisis ini dilakukan berdasarkan kesamaan komunitas dari ketinggian 1.500 mdp sampai dengan 1.900 mdp.



Gambar 2. Dendrogram pengelompokan 5 komunitas ketinggian berbeda

Dendrogram pada Gambar 2. menunjukkan bahwa terdapat kecenderungan pemisahan masing-masing ketinggian tempat menjadi dua kelompok bila dipotong pada jarak kesamaan 200. Vegetasi ketinggian 1.500 mdpl menjadi satu kelompok dengan vegetasi 1.600 mdpl, kemudian pada kelompok kedua vegetasi ketinggian 1.700 mdpl, 1.800 mdpl dan 1.900 mdpl. Hal tersebut menunjukkan vegetasi yang ada pada ketinggian 1.500 mdpl memiliki kemiripan dengan ketinggian 1.600 mdpl, kemudian vegetasi yang juga memiliki kemiripan ialah vegetasi 1.700 mdpl, 1.800 mdpl dan 1.900 mdpl.

Pengelompokan yang terjadi pada 5 ketinggian tempat tersebut memberikan gambaran bahwa adanya kecenderungan terbentuknya zona pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba. Pada penelitian ini kelompok tersebut dapat diberi nama zona A (1.500 mdpl-1.600 mdpl) dan zona B (1.700 mdpl-1.900 mdpl). Zona-zona tersebut terbentuk diduga karena adanya perbedaan kondisi lingkungan dan jenis-jenis tumbuhan yang dapat hidup di kondisi tersebut.

Vegetasi pada ketinggian 1.500 mdpl dan 1.600 mdpl masih ditumbuhi oleh pepohonan dengan vegetasi yang lebih rapat dan kelerengan yang tidak terlalu curam. Namun, berbeda pada ketinggian 1.700 mdpl sampai dengan 1.900 mdpl yang sudah tidak ditemukan pohon dan lebih banyak didominasi oleh semak, perdu dan tumbuhan bawah. Ketinggian 1.700 mdpl sampai dengan 1.900 mdpl ini memiliki vegetasi yang terbuka, kelerengan yang curam dan berbatu.

Struktur Vegetasi Vertikal (Diagram Profil)

Diagram profil vegetasi dapat menunjukkan perbedaan struktur vegetasi hutan pegunungan atas TWA Bukit Kaba berdasarkan ketinggian tempat. Diagram profil Gambar 3. menunjukkan bahwa struktur penyusun vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ketinggian tempat 1.500 mdpl memiliki 3 stratum tajuk yaitu stratum A, B dan C.

Komposisi jenis pada stratum C terdiri dari 4 individu yang termasuk dalam 5 jenis yaitu *P. grandis*, *B. glomerulata*, *D. kikir*, *H. Populneus* dan *L. elegans*. Stratum B terdiri dari 18 individu yang termasuk dalam 9 jenis yaitu *P. grandis*, *B. glomerulata*, *D. kikir*, *M. paniculatus*, *F. ribes*, *D. fumatus*, *L. elegans*, *C. lanceolata*, dan *R. bibas*. Stratum A terdiri dari 6 individu yang termasuk kedalam 4 jenis *B. glomerulata*, *P. grandis*, *D. kikir* dan *L. elegans*.

Diagram profil pada Gambar 4. menunjukkan bahwa struktur penyusun vegetasi hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ketinggian tempat 1.600 mdpl terdiri dari 2 stratum yaitu stratum A dan B. Komposisi jenis pada stratum B terdiri dari 15 individu yang termasuk dalam 6 jenis yaitu *P. grandis*, *B. glomerulata*, *D. kikir*, *R. bibas*, *F. ribes*, *E. acuminata*. Stratum A terdiri dari 9 individu yang termasuk dalam 7 jenis yaitu jenis *M. paniculatus*, *P. grandis*, *B. glomerulata*, *F. ribes*, *E. acuminata*, *H. populneus* dan *R. bibas*.

Menurut Richards (1964) jenis pohon yang terdapat pada stratum A akan ditemukan juga pada stratum B dan C, hal ini terjadi karena hutan senantiasa tumbuh dan mempermuda diri. Beberapa individu dari suatu jenis mayoritas menempati stratum lebih rendah dan beberapa individu lain akan mencapai stratum yang lebih tinggi ketika dewasa. Perbedaan dalam tingkat strata berhubungan dengan kondisi lingkungan. Suhu yang rendah dan kelembapan yang tinggi pada hutan pegunungan bagian atas akan mempengaruhi tinggi pohon yang akan berpengaruh terhadap stratifikasi. Suhu yang melampaui batas maksimum dan minimum dapat menghambat pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan (Firmasari *et al.*, 2017).

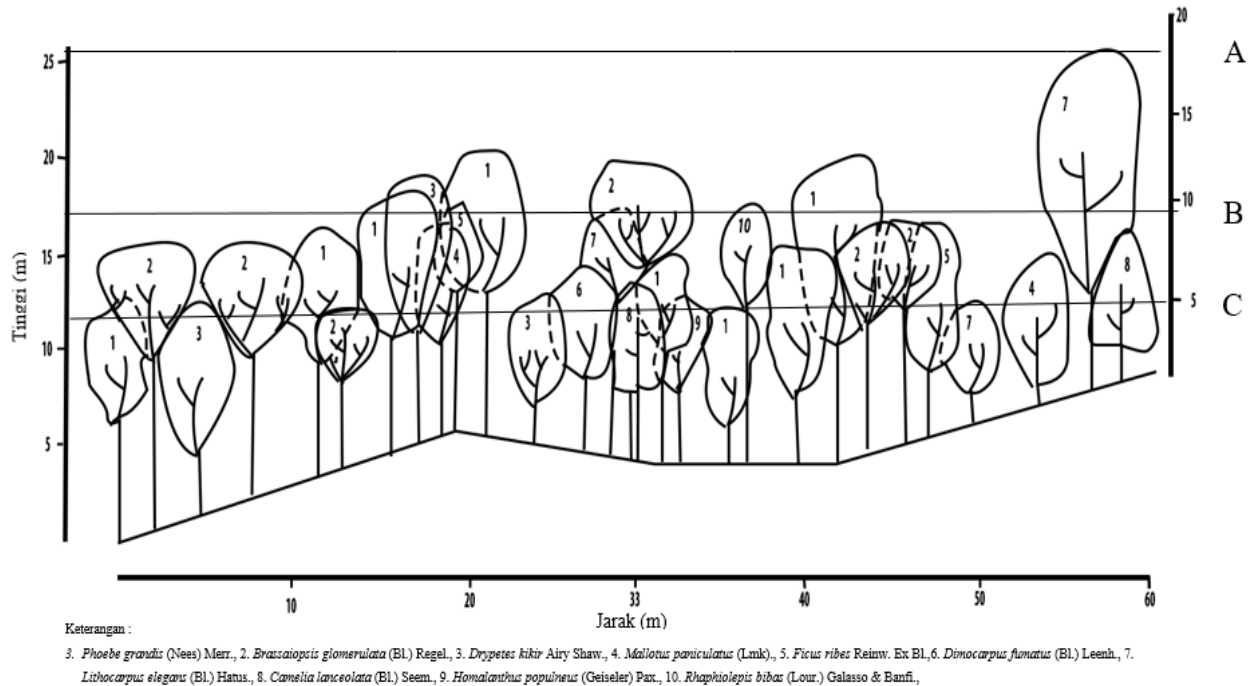
Faktor Lingkungan

Ketinggian tempat memiliki peran penting dalam proses pertumbuhan dan perkembangan tumbuhan. Perbedaan ketinggian akan mengakibatkan terjadinya perbedaan penerimaan jumlah sinar matahari oleh tumbuhan, jumlah air yang dapat diserap oleh

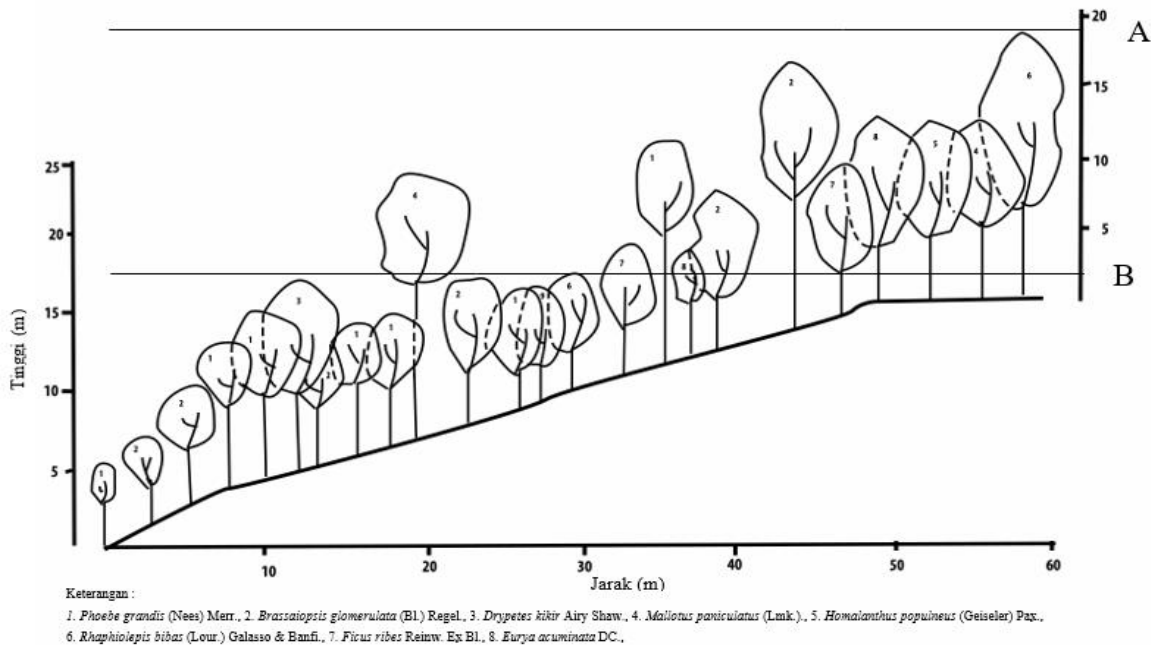
tumbuhan, dan ketersediaan nutrisi di dalam tanah (Zhu *et al.* 2019). Hal tersebut akan mempengaruhi variasi jenis vegetasi pada hutan pegunungan, karena beberapa jenis tumbuhan dapat hidup dengan baik di dataran tinggi sedangkan beberapa lainnya hanya bisa hidup di dataran rendah hingga sedang.

Suhu lingkungan merupakan salah faktor yang memiliki peran dalam susunan vegetasi

tumbuhan (Destaranti *et al.*, 2017). Suhu udara biasanya dipengaruhi oleh ketinggian tempat, semakin tinggi suatu tempat suhu udara akan semakin berkurang (Subagiyo *et al.*, 2019). Hasil pengukuran suhu rata-rata berdasarkan ketinggian mulai dari 1.500 mdpl sampai dengan 1.900 mdpl berturut adalah 21,43°C, 21,13 °C, 21,08 °C, 20,76 °C, dan 20,35 °C.



Gambar 3. Diagram profil hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ketinggian 1.500 mdpl.



Gambar 4. Diagram profil hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ketinggian 1.600 mdpl

Kelembaban udara akan bertambah seiring dengan menurunnya suhu. Hutan yang memiliki ketinggian yang tinggi akan mengalami kelembaban yang semakin tinggi, terlebih pada malam hari saat suhu menurun (Whitten *et al.*, 1984). Kelembaban udara pada lokasi penelitian dari ketinggian 1.500 mdpl sampai dengan 1.900 mdpl secara

berurut didapatkan 86,17%, 85,70%, 79,10%, 78,33% dan 73,20%.

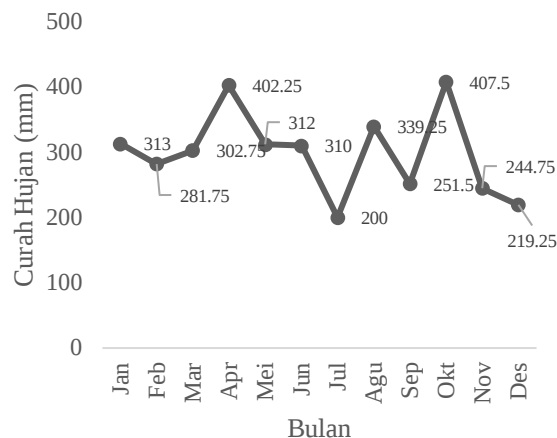
Intensitas cahaya pada lokasi penelitian berdasarkan ketinggian secara berurut dari 1.500 mdpl sampai dengan 1.900 mdpl yaitu 265,22 Lux, 263,00 Lux, 718,67 Lux, 1012,44 Lux dan 905,67 Lux. Intensitas cahaya pada lokasi penelitian cukup bervariasi karena dipengaruhi oleh ketinggian tempat dan penutupan tajuk vegetasi. Menurut Rizky *et al.* (2018) tinggi rendahnya intensitas cahaya dipengaruhi oleh ada tidaknya tutupan tajuk dan awan. Intensitas cahaya mempengaruhi tumbuhan dalam proses fotosintesis untuk memproduksi karbohidrat dan oksigen, intensitas cahaya yang rendah akan

mengakibatkan produktivitas tumbuhan menjadi rendah (Nahdi dan Darsikin, 2014).

Curah hujan ialah salah satu unsur iklim penting dalam pembentukan hutan. Curah hujan 1 mm menunjukkan tinggi air hujan yang menutupi permukaan sebesar 1 mm, jika air tersebut tidak meresap kedalam tanah atau menguap ke atmosfer (Tjasyono, 2004). Curah hujan pada hutan pegunungan biasanya akan lebih tinggi dibandingkan pada dataran rendah. Whitmore (1975) menyatakan bahwa rata-rata kenaikan curah hujan 30 mm per 100 m kenaikan elevasi, namun pernyataan ini tidak selalu berlaku dikarenakan adanya variasi lokal. Curah hujan di lereng gunung hingga ketinggian sekitar 2000 m umumnya akan lebih tinggi dibandingkan pada dataran rendah yang ada di sekitarnya (Whitten *et al.*, 1984).

Berdasarkan grafik rata-rata curah hujan pada Gambar 5. dapat dilihat 3 puncak tertinggi curah hujan dari tahun 2019-2022. Puncak pertama pada bulan April yaitu sebesar 402,25 mm, puncak kedua pada bulan Agustus yaitu sebesar 339,25 mm, dan puncak ketiga pada bulan Oktober yaitu sebesar 407,50 mm. Menurut Badan Meteorologi, Klimatologi, dan Geofisika

(BMKG), ada empat kategori curah hujan, yaitu rendah (0-100 mm), menengah (100-300 mm), tinggi (300-500 mm), dan sangat tinggi (>500 mm) (BMKG, 2021). Berdasarkan kategori tersebut curah hujan rata-rata pada TWA Bukit Kaba masuk dalam kelas curah hujan menengah hingga curah hujan tinggi.



Gambar 5. Rata-rata curah hujan pos hujan Bukit Kaba

Sifat-sifat tanah berubah seiring dengan perubahan ketinggian tempat. Umumnya tanah banyak mengandung humus dan hara mineral rendah terutama pada tanah gambut yang sangat masam. Sifat tanah di Sumatera hingga ketinggian 1000 m masih memiliki kesamaan dengan sifat tanah pada dataran rendah, selanjutnya untuk di pegunungan yang lebih tinggi pencucian mineral dan podsolisasi serta kejenuhan air meningkat (Whitten *et al.*, 1984). Selain itu, pelapukan kimiawi dan aktivitas biologis terhambat oleh suhu yang lebih rendah.

Berdasarkan hasil analisis uji laboratorium nilai pH tanah menunjukkan bahwa tanah pada hutan pegunungan atas TWA Bukit Kaba memiliki pH yang tergolong masam, dengan demikian dapat dikatakan bahwa jenis tumbuhan yang tumbuh di hutan pegunungan atas merupakan jenis tumbuhan yang dapat tumbuh dan beradaptasi dengan kondisi tanah yang masam. Penurunan nilai pH tanah seiring dengan meningkatnya

ketinggian tempat diduga menyebabkan perbedaan struktur dan komposisi vegetasi berdasarkan ketinggiannya. Tanah dengan kriteria rendah umumnya ditemukan di daerah yang memiliki iklim lembab dan curah hujan yang tinggi (Slessarev *et al.*, 2016).

Ketersediaan C organik pada hutan pegunungan atas TWA Bukit Kaba tergolong tinggi hingga sangat tinggi. Karbon organik adalah istilah yang menggambarkan keberadaan bahan organik dalam tanah (Sagiarti *et al.*, 2020). Kualitas tanah mineral ditentukan oleh kadar C-Organik, kadar C-Organik yang tinggi akan menyebabkan kualitas tanah lebih baik (Siregar, 2017). Kadar C organik terendah terdapat pada ketinggian 1.500 mdpl yaitu 3,80% dan tertinggi terdapat pada ketinggian 1.700 mdpl yaitu 14,48%. Perbedaan kadar C organik di berbagai ketinggian pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ini diduga disebabkan oleh kedalaman tanah pada saat pengambilan sampel, iklim, tekstur tanah dan drainase.

Berdasarkan hasil analisis tanah ketersediaan N di lokasi penelitian tergolong rendah hingga sedang. Gejala yang terjadi apabila tanaman kekurangan N adalah tanaman menjadi kerdil serta daun-daun kuning dan gugur (Sutanto, 2007). Hal ini terlihat dari jenis vegetasi yang tumbuh di hutan pegunungan atas memiliki tubuh yang kerdil serta daun yang menguning. Nilai N terendah terdapat pada ketinggian 1.900 mdpl yaitu 0,12% dan tertinggi pada ketinggian 1.700 mdpl yaitu 0,28%. Kandungan N yang bervariasi ini diduga dipengaruhi oleh iklim, vegetasi serta sifat fisika dan kimia tanah lainnya (Nopsagiarti *et al.*, 2020).

Fosfor (P) berfungsi dalam proses fotosintesis, respirasi, transfer dan penyimpanan energi, pembelahan dan pembesaran sel serta proses lainnya (Winarso, 2005). Hasil analisis ketersediaan P pada tanah lokasi penelitian tergolong

sangat rendah. Hal ini sesuai dengan Whitten *et al.* (1984) yang mengatakan bahwa persediaan fosfor kurang pada hutan pegunungan atas. Kandungan fosfor pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba terendah terdapat pada ketinggian 1.900 mdpl yaitu 3,46 ppm dan tertinggi pada ketinggian 1.700 mdpl yaitu 8,61 ppm. Ketersediaan fosfor dalam tanah yang bervariasi ini diduga dipengaruhi oleh pH tanah, bahan organik tanah dan tekstur tanah (Hadi *et al.*, 2014)

Kalium (K) pada tumbuhan memiliki peran dalam proses pertumbuhan, metabolisme perkembangan, dan membantu tumbuhan dalam menghadapi stress terhadap lingkungan. Tanpa K yang cukup tumbuhan akan mengalami pertumbuhan yang lambat, perakaran yang kurang berkembang, batang lemah dan menghasilkan biji kecil (Parmar dan Sindhu, 2013). Berdasarkan hasil analisis uji laboratorium nilai ketersediaan K pada lokasi penelitian tergolong rendah dengan nilai pada masing-masing ketinggian yang tidak jauh berbeda. Rendahnya nilai K pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba ini diduga dipengaruhi oleh pH tanah, vegetasi dan kandungan ion lain.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian Struktur dan Komposisi Vegetasi Hutan Pegunungan Bagian Atas Taman Wisata Alam (TWA) Bukit Kaba yang telah dilakukan maka diperoleh hasil kesimpulan sebagai berikut:

1. Terdapat 35 jenis tumbuhan yang tergolong dalam 29 famili, dengan masing-masing tingkat habitus didominasi oleh jenis *Phoebe grandis* (Nees) Merr., *Vaccinium varingiaefolium* (Bl.), dan *Dicrenopteris linearis* (Burm.) yang memiliki INP > 50%. Berdasarkan karakteristik floristik terdapat kecenderungan pengelompokan jenis yang dikategorikan sebagai zona A (1.500 mdpl-1.600 mdpl) dan zona B (1.700 mdpl-1.900 mdpl).
2. Kondisi lingkungan pada hutan pegunungan bagian atas TWA Bukit Kaba yaitu rata-rata suhu < 220C, rata-rata kelembaban udara > 73%, serta rata-rata intensitas cahaya berkisar antara > 265 Lux. Curah hujan termasuk dalam kelas menengah hingga tinggi. Analisis tanah menghasilkan pH tanah tergolong masam, C-Organik tergolong tinggi-sangat tinggi, Nitrogen (N) tergolong rendah-sedang, Fosfor (P) tergolong sangat rendah, dan Kalium (K) tergolong rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Alikodra, H.S. 2012. Konservasi Sumber Daya Alam dan Lingkungan Pendekatan Ecosophy Bagi Penyelamatan Bumi. Cetakan pertama. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Anesta, A.F., A.F. Fatman, dan M. Sugandi. 2020. Zonasi Distribusi Tanaman Hutan di Taman Nasional Gunung Semeru Berdasarkan Integrasi Nilai Indeks Vegetasi dan Digital Elevation Model. Jurnal Geosains dan Remote Sensing 1(2) : 64–70.
- Arrijani. 2008. Vegetation Structure and Composition of The Montane Zone of Mount Gede Pangrango National Park. Biodiversitas Journal of Biological Diversity 9(2) : 134–141.
- Ataroff, M. dan F. Rada. 2000. Deforestation Impact on Water Dynamics in a Venezuelan Andean Cloud Forest. Ambio 29(7) : 440–444.
- BKSDA Bengkulu. 2022. Profil 37 Kawasan Konservasi Lingkup Balai KSDA Bengkulu. BKSDA Bengkulu, Bengkulu.
- BMKG. 2021. Peta Rata-Rata Curah Hujan dan Hari Hujan Periode 1991-2020 Indonesia. Pusat Informasi Perubahan Iklim

Kedeputian Bidang Klimatologi, Badan Meteorologi Klimatologi dan Geofisika.

Tujuan dan Metode. LIPI Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia, Jakarta.

- Cahyanto, T., D. Chairunnisa, dan T. Sudjawro. 2014. Analisis Vegetasi Pohon Hutan Alam Gunung Mangalayang Kabupaten Bandung. *Journal of UIN Sunan Gunung Djati Bandung* 85(1) : 2071–2079.
- Destaranti, N., Sulistyani, dan E. Yani. 2017. Struktur dan Vegetasi Tumbuhan Bawah pada Tegakan Pinus di RPH Kalirajut dan RPH Baturraden Banyumas. *Scripta Biologica* 4(3) : 155-160.
- Firmasari, N., Riski, dan S. Elza. 2017. Stratifikasi Pohon di Bukit Ace Kelurahan Gunung Sarik Kecamatan Kuranji Padang. *Jurnal Sains dan Teknologi* 8(2) : 142-149.
- Hadi, M. A., Razali, dan Fauzi. 2014. Pemetaan Status Unsur Hara Fosfor dan Kalium di Perkebunan Nanas (*Ananas comosus* L. Merr) Rakyat Desa Panribuan Kecamatan Dolok Silau Kabupaten Simalungun. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(2) : 427-439.
- Kusmana, C. 2017. Metode Survey dan Interpretasi Data Pegunungan. Cetakan pertama. IPB Press, Bogor.
- Ludwig, J. A. dan J. F. Reynolds. 1988. *Statistical Ecology: a Primer on Methods and Computing*. John Wiley & Sons. New York.
- Martuti, N.K.T., M. Rahayuningsih, S.B. Nugraha, dan W.A.B.N. Sidiq. 2020. Profil Vegetasi Dataran Rendah Kota Semarang. *Jurnal Riptek*, 14(2) : 99–107.
- Mueller-Dombois, D. dan Ellenberg. 1974. *Aims and Methods of Vegetation Ecology*. John Wiley and Sons, New York. *Diterjemahkan oleh K. Kartawinata dan R. Abdulhadi*. 2016. *Ekologi Vegetasi: Tujuan dan Metode*. LIPI Press & Yayasan Pustaka Obor Indonesia, Jakarta.
- Muhartini, A.A., T. Febriati, dan S. Sukmawati. 2022. Analisis Cluster untuk Mengelompokkan Universitas Bina Bangsa (Survei Mahasiswa Jurusan Pendidikan Matematika T. A. 2021-2022). *Jurnal Bayesian: Jurnal Ilmiah Statistika dan Ekonometrika* 2(1) : 15–30.
- Nahdi, M.S., dan Darsikin. 2014. Distribusi dan Kelimpahan Jenis Tumbuhan Bawah pada Naungan *Pinus merkusii*, *Acacia auriculiformis* dan *Eucalyptus alba* di Hutan Gama Giri Mandiri Yogyakarta. *Jurnal Nature Indonesia* 16(1) : 33-41.
- Nopsagiarti, T., D. Oktalia, dan G. Marlina. 2020. Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya. *Jurnal Agrosains dan Teknologi* 16(1) : 11-18.
- Parmar, P. dan S.S. Sindhu. 2013. Potassium Solubilization by Rhizosphere Bacteria: Influence of Nutritional and Environmental Conditions. *Journal of Microbiology Research* 3(1) : 25–31.
- Richard, P. W. 1964. *The tropical Rain Forest. An Ecological Study*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Rizky, H., R. Primasari, Y. Kurniasih, dan D. Vivanti. 2018. Keanekaragaman Jenis Tumbuhan Paku Terrestrial di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Banten. *BIOSFER, J. Bio & Pend. Bio* 3(1) : 6-12.
- Roziaty, E., P. Agustina, Santhyami, D. F. Salsabila, M. Y. N. Sholihin, M. A. Fathin, dan S. A. Rahmania. 2023. Edukasi Konservasi Cantigi (*Vaccinium varingiaefolium* (Blume) Miq) Berbasis Kearifan Lokal bagi Masyarakat di

- Kawasan Lereng Gunung Lawu, Tawangmangu, Karanganyar, Jawa Tengah. *Jurnal Pengabdian Masyarakat Sains dan Aplikasinya (JPMSA)* 3(2) : 24-27.
- Sagiarti, T., D. Okalia, dan G. Markina. 2020. Analisis C-Organik, Nitrogen dan C/N Tanah pada Lahan Agrowisata Beken Jaya di Kabupaten Kuantan Singingi. *Jurnal AGROSAINS dan TEKNOLOGI*, 5(1) : 11-18.
- Schwery, O., R.E. Onstein, Y.B. Khelladi, Y. Xing, R.J. Carter, dan H.P. Linder. 2015. As Old As The Mountains : The Radiations of The Ericaceae. *New Phytologist* : 355–367.
- Siregar, B. 2017. Analisa Kadar C-Organik dan Perbandingan C/N Tanah di Lahan Tambak Kelurahan Sicanang Kecamatan Medan Belawan. *Jurnal Warta Edisi* 53(1) : 1–14.
- Slessarev, E.W., Y. Lin, N.L. Bingham, J.E. Johnson, Y. Dai, J.P. Schimel, dan O.A. Chadwick. 2016. Water Balance Creates a Threshold in Soil Ph At The Global Scale. *Nature* 540 (7634) : 567–569.
- Sofiyanti, N., D. Iriani, I. Taufik, M. Sari, A. Irawan, dan F.M. Syauqi. 2021. Diversity, Structure and Composition of Pteridophyte in Varying Habitats in Karimun Besar Island, Riau Islands Province , Indonesia. *BIODIVERSITAS* 22(11) : 4847–4856.
- Steenis, C.G.G. 1972. *The Mountain Flora of Java*. E.J Brill Publishing. *Diterjemahkan oleh Jenny A. Kartawinata*. 2010. *Flora Pegunungan Jawa*. LIPI Press, Jakarta.
- Subagiyo, L., Herliani, Sudarman, dan Z. Haryanto. 2019. *Literasi Hutan Tropis Lembab dan Lingkungannya*. Cetakan pertama. Mulawarman University Press, Samarinda.
- Suryana, J. Iskandar, Parikesit, R. Partasasmita, dan B. Irawan. 2018. Struktur Vegetasi Kawasan Hutan Pada Zona Ketinggian Berbeda di Kawasan Gunung Galunggung Kabupaten Tasikmalaya Jawa Barat. *Jurnal Ilmu Lingkungan* 16(2), 130-135.
- Susanti, T., Suraida, dan H. Febriana. 2013. Keanekaragaman Tumbuhan Invasif di Kawasan Taman Hutan Kenali Kota Jambi. *Prosiding Semirata FMIPA Universitas Lampung*.
- Sutanto, R. 2007. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah Konsep dan Kenyataan*. Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
- Tjasyono, B. 2004. *Klimatologi*. Edisi kedua. Penerbit ITB, Bandung.
- Whitmore, T.C. 1975. *Tropical Rain Forest of the Far East*. Clarendon, Oxford.
- Whitten, A.J., S.J. Damanik, J. Anwar, dan N. Hisyam. 1984. *Ekologi Ekosistem Sumatra*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Wijayanti, Y.E. 2011. Struktur dan Komposisi Komunitas Tumbuhan Lantai Hutan di Kawasan Cagar Alam Ulolanang Kecubung Kecamatan Subah Kabupaten Batang. *Skripsi*. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam. IKIP PGRI Semarang, Semarang.
- Winarso, S. 2005. *Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah : Kesuburan Tanah*. Cetakan pertama. Penerbit Gaya Media, Yogyakarta.
- Wiryono. 2020. *Ekologi Hutan dan Aplikasinya*. UNIB Press, Bengkulu.
- Yulianto, A., D.T. Adriyanti, dan A. Syahbudin. 2018. *Plant Diversity in Merapi Ungup-*

Ungup of Ijen Crater Nature Preserve, East Java. Proceeding of the 2nd International Conference on Tropical Agriculture.

Diversity Along an Elevation Gradient in The Tropical Forest of Diaolou Mountain in Hainan, China. Acta Oecol.

Zhu, Z.X., M.M. Nizamani, S.K. Sahu, A. Kunsingam, dan H.F. Wang. 2019. Tree Abundance, Richness, and Phylogenetic