

Intensitas Pemanenan dan Karakteristik Rumpang pada Hutan Alam Bekas Tebangan (Logging Intensity and Canopy Gap Characteristics in Logged-Over Natural Forests)

Rosita Dewi^{1,2*}, Prijanto Pamoengkas¹, Darwo², dan /and Ika Heriansyah²

¹Program Studi Silvikultur Tropika, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Jl. Lingkar Akademik Kampus IPB Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680, Telp: 0251-8626886, fax: 0251-8626886

²Pusat Riset Ekologi, Badan Riset dan Inovasi Nasional (BRIN), Kawasan Sains dan Teknologi Soekarno, Jalan Raya Jakarta-Bogor KM 46, Cibinong, Kabupaten Bogor, Jawa Barat, Indonesia.

*E-mail : rositadewi@apps.ipb.ac.id; rosi015@brin.go.id

Tanggal diterima: 10 Juni 2026; Tanggal disetujui: 22 Juni 2026; Tanggal direvisi: 30 Juni 2026

Abstract

Gap formation due to timber harvesting is a critical factor influencing environmental and stand dynamics in tropical forests. This study aims to analyze the effect of gap size on microclimatic parameters and identify factors influencing gap area in a natural production forest. The study was conducted on harvested gaps, grouped into three size classes: small (≤ 0.14 ha), medium (0.15–0.24 ha), and large (0.25–0.34 ha). Observed parameters included humidity, temperature, leaf area index (LAI), diameter at breast height, branch-free height, number of trees felled, and volume of trees felled. Data were subjected to statistical analysis (analysis of variance, follow-up tests, and multiple linear regression). The results showed that gap size had no significant effect on air humidity, air temperature, LAI, DBH, and branch-free height. Conversely, the number and total volume of trees felled increased significantly as gap size increased. Regression analysis showed that the number of trees felled was the main factor influencing the gap area, with the best model being $\ln(LR) = -2.441 + 0.1723X_1$, yielding an Adjusted R^2 of 61.90%. This study indicates that the gap area is determined more by harvesting intensity than by the characteristics of the individual trees felled.

Keywords: Tropical natural forest, harvesting intensity, microclimate, and gaps.

Abstrak

Pembentukan rumpang akibat pemanenan kayu merupakan salah satu faktor penting yang memengaruhi kondisi lingkungan dan dinamika tegakan pada hutan alam tropis. Penelitian ini bertujuan menganalisis pengaruh ukuran rumpang terhadap parameter mikroklimat serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi luas rumpang pada areal hutan produksi alam. Penelitian dilakukan pada rumpang hasil pemanenan yang dikelompokkan menjadi tiga kelas ukuran, yaitu kecil ($\leq 0,14$ ha), sedang (0,15–0,24 ha), dan besar (0,25–0,34 ha). Parameter yang diamati, meliputi kelembapan udara, temperatur udara, *leaf area index* (LAI), diameter setinggi dada, tinggi bebas cabang, jumlah pohon ditebang, dan volume pohon ditebang. Data dianalisis statistika (analisis ragam, uji lanjut, dan regresi linear berganda). Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran rumpang tidak berpengaruh nyata terhadap kelembapan udara, temperatur udara, LAI, Dbh, dan tinggi bebas cabang. Sebaliknya, ukuran rumpang bertambah secara signifikan seiring dengan penambahan jumlah dan total volume pohon yang ditebang. Analisis regresi menunjukkan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan faktor utama yang memengaruhi luas rumpang dengan model terbaik $\ln(LR) = -2,441 + 0,1723X_1$ dan nilai Adjusted R^2 sebesar 61,90%. Penelitian ini menunjukkan bahwa luas rumpang lebih ditentukan oleh intensitas pemanenan dibandingkan karakteristik individu pohon yang ditebang.

Kata kunci: Hutan alam tropis, intensitas pemanenan, mikroklimat, dan rumpang

1. Pendahuluan

Hutan hujan tropis merupakan salah satu ekosistem terestrial paling kompleks di dunia yang berperan penting dalam menjaga keanekaragaman hayati, siklus karbon, siklus hidrologi, dan stabilitas iklim global. Struktur tegakan yang berlapis-lapis dan kanopi yang rapat memungkinkan terbentuknya kondisi mikroklimat yang relatif stabil sehingga mendukung keberlangsungan berbagai proses ekologis di dalam hutan (Nakamura et al., 2021). Namun, aktivitas pemanenan kayu pada hutan produksi dapat mengubah struktur tegakan dan menciptakan gangguan pada kanopi yang berdampak terhadap kondisi lingkungan bawah tajuk, regenerasi alami, serta fungsi ekosistem secara keseluruhan. Perubahan struktur kanopi akibat penebangan telah terbukti memengaruhi distribusi cahaya, suhu, kelembapan, dan dinamika vegetasi pada hutan tropis (Wahyudi, 2019). Keterbukaan rumpang akan mempengaruhi iklim suhu dan kelembapan dan aktivitas biologis tanah (Lenk et al., 2024). Kanopi berfungsi sebagai filter cahaya. Saat kanopi terbuka, intensitas cahaya di lantai hutan meningkat drastis, akibatnya species tumbuhan yang terbiasa dengan kondisi ternaungi akan terganggu, sementara spesies pionir yang toleran terhadap cahaya mendominasi. Pembukaan kanopi akan meningkatkan suhu permukaan tanah, karena adanya paparan langsung sinar matahari, kelembapan menurun akibat penguapan lebih cepat dan menciptakan kondisi kering yang tidak stabil. Hilangnya kanopi mengurangi kemampuan tanah menyerap air hujan, sehingga pola basah-kering menjadi singkat dan tidak stabil, demikian pula dengan pergerakan angin meningkat karena tidak ada lagi penghalang alami dan menyebabkan distribusi uap air tidak merata. Terkait dinamika vegetasi dan keanekaragaman hayati, fragmentasi habitat akan memutus hubungan ekologis antar organisme, populasi species endemik dan sensitif akan menurun karena

kehilangan perlindungan kanopi, dan vegetasi berubah. Dimana species pionir mendominasi sementara tumbuhan khas hutan tropis akan berkurang (Lestari, 2025).

Salah satu bentuk gangguan yang paling umum terjadi pada hutan alam tropis adalah kegiatan penebangan dalam pembentukan rumpang (*canopy gap*). Rumpang merupakan ruang terbuka pada tajuk hutan yang terbentuk akibat kematian pohon secara alami maupun aktivitas penebangan. Dalam teori *gap dynamics*, rumpang dipandang sebagai mekanisme utama yang mengendalikan regenerasi, suksesi, dan pergantian tegakan pada hutan tropis (Denslow, 1987; (Brokaw, 1985). Pembentukan rumpang meningkatkan penetrasi cahaya ke lantai hutan sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang berbeda dari areal bertajuk tertutup. Variasi ukuran rumpang dapat menghasilkan perbedaan tingkat keterbukaan tajuk, suhu, kelembapan, serta ketersediaan sumber daya yang selanjutnya memengaruhi pertumbuhan dan komposisi regenerasi alami.

Dalam beberapa dekade terakhir, penelitian mengenai dinamika rumpang menunjukkan bahwa dampak ekologis pembukaan tajuk tidak hanya ditentukan oleh keberadaan rumpang, tetapi juga oleh ukuran, konfigurasi spasial, dan intensitas gangguan yang membentuknya (Stanturf, 2004; Pamudyanti, 2016). Penelitian di hutan tropis Amazon menunjukkan bahwa aktivitas penebangan meninggalkan jejak yang jelas terhadap jumlah, ukuran, bentuk, dan distribusi spasial rumpang, yang kemudian memengaruhi proses pemulihan tegakan dan dinamika regenerasi jangka panjang (Zhang et al., 2023). Selain itu, dinamika rumpang pasca penebangan bersifat sangat dinamis dan tidak berada dalam kondisi keseimbangan karena terus dipengaruhi oleh kematian pohon, pembentukan rumpang baru, serta proses penutupan tajuk yang berlangsung secara simultan (Gorgens et al., 2023).

Perubahan struktur tajuk akibat pembentukan rumpang juga berimplikasi

terhadap kondisi mikroklimat hutan. Gangguan kanopi dapat menurunkan kemampuan hutan dalam meredam fluktuasi suhu, sehingga suhu bawah tajuk menjadi lebih sensitif terhadap kondisi atmosfer eksternal (Senior et al., 2024). Bahkan, penelitian terbaru menunjukkan bahwa kemampuan hutan tropis dalam mempertahankan mikroklimat sangat dipengaruhi oleh tingkat gangguan kanopi dan penutupan tajuk yang tersisa. Hutan dengan penutupan kanopi yang tinggi mampu mempertahankan kondisi mikroklimat yang relatif stabil, sedangkan gangguan tajuk yang lebih besar dapat meningkatkan suhu bawah tajuk secara signifikan. Oleh karena itu, pemahaman mengenai hubungan antara ukuran rumpang dan kondisi mikroklimat menjadi penting dalam pengelolaan hutan alam produksi yang berkelanjutan.

Di sisi lain, pembentukan rumpang juga memiliki peran penting dalam mendukung regenerasi alami. Faktor biofisik seperti suhu, kelembapan, intensitas cahaya, kelerengan, dan kerapatan tajuk turut mendukung keberadaan permudaan (Dewi & Pamoengkas, 2025). Bukaan tajuk dapat menyediakan ruang tumbuh dan cahaya yang diperlukan oleh semai dan pancang, terutama bagi spesies yang membutuhkan intensitas cahaya lebih tinggi. Komposisi jenis pada petak rumpang bekas tebangan sering didominasi oleh permudaan tingkat semai dan pancang dari famili *Dipterocarpaceae* seperti jenis *Shorea parvifolia* dan *Dryobalanops lanceolata* (Dewi et al., 2025). Namun, respon regenerasi tidak selalu berbanding lurus dengan ukuran rumpang. Penelitian Chao et al. (2022) menunjukkan bahwa pembukaan tajuk berulang dapat meningkatkan peluang tumbuh spesies intoleran naungan, regenerasi pada hutan tropis tetap didominasi oleh spesies toleran naungan apabila ukuran rumpang relatif kecil. Temuan ini menunjukkan bahwa pengaruh rumpang terhadap regenerasi sangat dipengaruhi oleh karakteristik gangguan

yang terjadi (Pamudyanti, 2016). Gangguan kecil dan sporadis akan memberikan cahaya tambahan yang terbatas, sehingga species toleran naungan tetap unggul, sementara gangguan berulang dan lebih luas akan meningkatkan intensitas cahaya dan membuka ruang bagi species pionir/intoleran naungan, dan gangguan antropogenik seperti penebangan berulang akan memperbesar peluang perubahan komposisi vegetasi, fragmentasi habitat, dan ketidakstabilan regenerasi (Fitriandhini & Putra, 2022).

Dalam konteks pengelolaan hutan produksi di Indonesia, konsep rumpang telah menjadi bagian penting dari berbagai sistem silvikultur. Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.11/Menhut-II/2009 menetapkan bahwa pengelolaan hutan produksi dapat menerapkan berbagai sistem silvikultur, antara lain Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ), Tebang Jalur Tanam Indonesia (TJTI), dan Tebang Rumpang (TR), sesuai dengan kondisi sumber daya hutan dan tujuan pengelolannya. Sistem Tebang Rumpang secara khusus menjadikan rumpang sebagai unit perlakuan silvikultur untuk menciptakan ruang tumbuh yang optimal bagi regenerasi dan meningkatkan produktivitas tegakan tidak seumur.

Meskipun demikian, informasi mengenai hubungan antara ukuran rumpang, kondisi mikroklimat, dan karakteristik pemanenan pada hutan produksi tropis di Indonesia masih relatif terbatas. Sebagian besar penelitian lebih banyak menitikberatkan pada aspek regenerasi atau dampak penebangan terhadap tegakan tinggal, sementara faktor-faktor yang menentukan pembentukan rumpang dan implikasinya terhadap kondisi lingkungan pasca penebangan belum banyak dikaji secara kuantitatif. Padahal, informasi tersebut sangat penting untuk mendukung implementasi sistem silvikultur adaptif, *Reduced Impact Logging* (RIL), serta pengelolaan PBPH yang berkelanjutan.

Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menganalisis pengaruh ukuran rumpang terhadap parameter mikroklimat serta mengidentifikasi faktor-faktor yang memengaruhi luas rumpang pada hutan produksi alam tropis. Hasil penelitian diharapkan dapat memberikan dasar ilmiah bagi pengelolaan pemanenan yang lebih efektif dalam mengendalikan pembentukan rumpang, menjaga stabilitas mikroklimat, mendukung regenerasi alami, dan meningkatkan keberlanjutan pengelolaan hutan produksi di Indonesia.

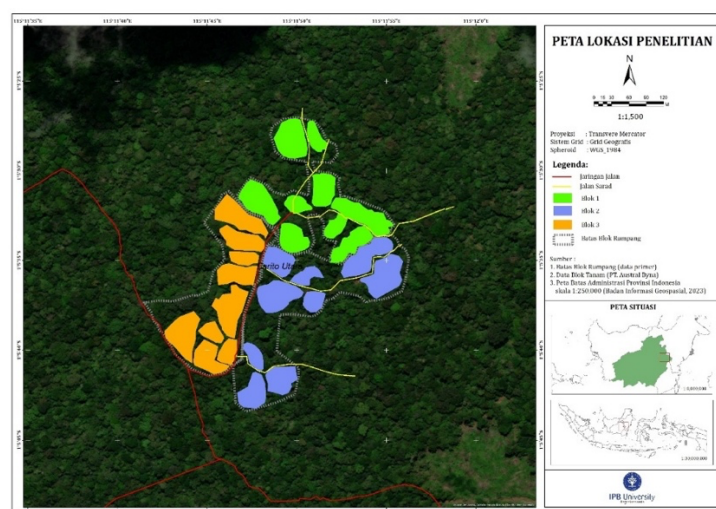
2. Metodologi

2.1. Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada areal hutan produksi alam bekas tebangan yang dikelola oleh Pemegang Perizinan Berusaha Pemanfaatan Hutan (PBPH) PT Aural Byna di Kabupaten Barito Utara, Provinsi Kalimantan Tengah yang menerapkan sistem pemanenan kayu dengan prinsip tebang pilih. Pengambilan data dilakukan pada areal bekas tebangan yang memiliki variasi ukuran rumpang akibat kegiatan pemanenan. Pengamatan lapangan dilaksanakan pada bulan Juli-Desember Tahun 2023 pada kondisi yang relatif representatif terhadap kondisi iklim

setempat untuk meminimalkan pengaruh variasi cuaca terhadap pengukuran parameter mikroklimat. Lokasi penelitian berada di hutan alam bekas tebangan tahun 2022 pada Petak BA 43 dan BA 44. Lokasinya di koordinat 01°05'27"-01°05'42" Lintang Utara dan 115°11'54"-115°11'42" Bujur Timur, termasuk tipe hutan hujan tropis lahan kering, curah hujan tahunan 8.033 mm/tahun, ketinggian tempat 65-131 m dpl, dan jenis tanah Podsolik Merah Kuning.

Lokasi penelitian dipilih secara purposif dengan mempertimbangkan keberadaan rumpang alami hasil penebangan yang mewakili tiga kelas ukuran, yaitu rumpang kecil ($\leq 0,14$ ha), rumpang sedang (0,15-0,24 ha), dan rumpang besar (0,25-0,34 ha). Pengelompokan ukuran rumpang dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh intensitas gangguan tajuk terhadap kondisi mikroklimat dan karakteristik tegakan yang ditebang. Pendekatan ini sejalan dengan konsep *gap dynamics* yang menyatakan bahwa ukuran bukaan tajuk merupakan salah satu faktor utama yang mempengaruhi kondisi lingkungan dan proses regenerasi pada hutan tropis (Brokaw, 1985; Denslow, 1987).



Gambar (Figure) 1. Peta lokasi penelitian (Research location map)

2.2. Metode Penelitian

2.2.1. Prosedur Kerja

Penelitian diawali dengan identifikasi dan pemetaan rumpang hasil penebangan menggunakan data operasional pemanenan dan verifikasi lapangan. Setiap rumpang yang teridentifikasi kemudian dikelompokkan ke dalam kelas ukuran kecil, sedang, dan besar. Pada masing-masing rumpang dilakukan pengukuran parameter mikroklimat, karakteristik tegakan yang ditebang, serta luas rumpang. Pengukuran kelembapan udara, temperature udara, dan Leaf Area Index (LAI) dilakukan di 5 titik, yaitu di sudut arah utara, selatan, timur, barat dan tengah rumpang (Gambar 2).

Pengukuran kelembapan dan temperatur udara menggunakan thermo-hygrometer digital. Pengukuran mikroklimat tersebut dilakukan pada waktu siang antara pukul 11.00-12.00, relatif sama untuk seluruh lokasi pengamatan. Kondisi keterbukaan tajuk diukur menggunakan metode *Leaf Area Index* (LAI) menggunakan alat kamera lensa fish eye pada rumpang (Nakamura et al., 2021). Jumlah rumpang yang dibuat untuk setiap rumpang kecil, sedang dan besar masing-masing sebanyak 9 rumpang sehingga total rumpang yang dibuat sebanyak 27

rumpang. Data pemanenan diperoleh dari inventarisasi pohon yang ditebang pada masing-masing rumpang. Parameter yang dicatat, meliputi jumlah pohon yang ditebang, diameter setinggi dada (*diameter at breast height* atau Dbh), tinggi bebas cabang, dan volume pohon yang ditebang dengan rumus:

$$\text{Volume pohon} = \frac{1}{4}\pi D^2 T f k$$

Dimana: $\pi = 3,14$;

D = Diameter setinggi dada;

T = Tinggi bebas cabang, dan

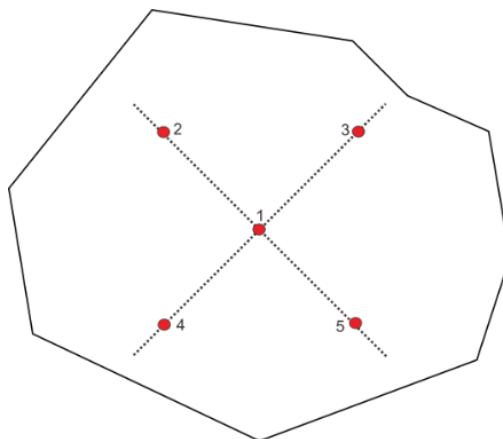
k = Faktor bentuk pohon (0,7)

Volume kayu hasil tebangan = Volume pohon x factor keamanan x factor eksploitasi

Dimana: F = Faktor keamanan (0,8);
dan

E = Faktor eksploitasi (0,7).

Luas rumpang diukur berdasarkan batas terluar bukaan tajuk yang terbentuk akibat kegiatan penebangan sesuai prinsip pengukuran rumpang yang umum digunakan dalam kajian dinamika tajuk hutan tropis (Zhang et al., 2023; Winstanley et al., 2024).



Gambar (Figure) 2. Titik pengambilan data mikroklimat dan LAI (*Microclimate and LAI data collection points*)

2.2.2. Rancangan Penelitian

Penelitian menggunakan rancangan observasional dengan pendekatan komparatif berdasarkan tiga kelas ukuran rumpang sebagai perlakuan, yaitu:

1. Rumpang kecil ($\leq 0,14$ ha),
2. Rumpang sedang (0,15-0,24 ha),
3. Rumpang besar (0,25-0,34 ha).

Setiap rumpang yang memenuhi kriteria dijadikan satuan pengamatan. Variabel bebas dalam penelitian ini adalah ukuran rumpang, sedangkan variabel respon meliputi kelembapan udara, temperatur udara, LAI, rata-rata diameter setinggi dada pohon yang ditebang, rata-rata tinggi bebas cabang, jumlah pohon yang ditebang, dan total volume pohon yang ditebang.

Selain itu, dilakukan analisis hubungan antara luas rumpang dengan karakteristik pohon yang ditebang untuk mengetahui faktor yang paling berpengaruh terhadap pembentukan rumpang. Variabel prediktor yang digunakan meliputi jumlah pohon yang ditebang, diameter setinggi dada (Dbh), dan tinggi bebas cabang (Tbc). Parameter yang diamati dalam penelitian (Tabel 1).

Parameter mikroklimat digunakan untuk menggambarkan kondisi lingkungan yang terbentuk akibat variasi ukuran rumpang, sedangkan parameter pemanenan digunakan untuk menjelaskan faktor-faktor

yang mempengaruhi pembentukan luas rumpang.

2.2.3. Analisis Data

Data dianalisis menggunakan nilai rata-rata dan standar deviasi untuk menggambarkan karakteristik setiap parameter pada masing-masing kelas ukuran rumpang. Pengaruh ukuran rumpang terhadap parameter mikroklimat dan karakteristik pohon yang ditebang dianalisis menggunakan analisis ragam (*Analysis of Variance* atau ANOVA) pada taraf kepercayaan 95%. Apabila hasil ANOVA menunjukkan perbedaan nyata, maka dilakukan uji lanjut Tukey *Honest Significant Difference* (HSD) untuk membandingkan perbedaan antar perlakuan (Gomez & Gomez, 1984).

Hubungan antara luas rumpang dan karakteristik pohon yang ditebang dianalisis menggunakan regresi linear berganda dengan model umum:

$$\ln (LR) = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$$

Dimana:

- LR = Luas rumpang (ha),
 X_1 = Jumlah pohon yang ditebang,
 X_2 = Diameter setinggi dada (cm),
 X_3 = Tinggi bebas cabang (m),
a = Intersep,
b, c, d = Koefisien regresi.

Tabel (Table) 1. Parameter yang diamati (*Observed parameters*)

Kelompok parameter (<i>Parameter group</i>)	Variabel (<i>Variable</i>)	Satuan (<i>Unit</i>)
Mikroklimat	Temperatur udara	°C
Mikroklimat	Kelempapan udara	%
Struktur tajuk	<i>Leaf Area Index</i> (LAI)	-
Karakteristik pemanenan	Diameter setinggi dada (Dbh)	cm
Karakteristik pemanenan	Tinggi bebas cabang	m
Karakteristik pemanenan	Jumlah pohon ditebang	pohon
Karakteristik pemanenan	Total volume pohon ditebang	m ³
Ukuran rumpang	Luas rumpang	ha

Pemilihan model terbaik dilakukan berdasarkan nilai koefisien determinasi terkoreksi (*Adjusted R²*), galat baku, dan signifikansi parameter model pada taraf nyata 5%. Analisis regresi digunakan untuk mengidentifikasi faktor dominan yang memengaruhi pembentukan rumpang akibat kegiatan pemanenan. Selanjutnya dilakukan analisis *Stepwise* (regresi bertahap) untuk memilih variabel independen yang paling signifikan secara otomatis dan menyaring variabel yang tidak relevan, guna menghasilkan model yang terbaik. Pendekatan ini telah banyak digunakan dalam studi dinamika rumpang dan gangguan tajuk pada hutan tropis (Gorgens et al., 2023 ; Zhang et al., 2023). Seluruh analisis statistik dilakukan menggunakan perangkat lunak statistik yang sesuai untuk analisis ekologi dan kehutanan.

3. Hasil dan Pembahasan

3.1. Hasil

3.1.1. Pengaruh Ukuran Rumpang terhadap Kondisi Mikroklimat dan Karakteristik Pohon yang Ditebang

Hasil uji lanjut Tukey menunjukkan bahwa ukuran rumpang tidak memberikan pengaruh yang nyata ($p > 0,05$) terhadap kelembapan udara, temperatur udara, nilai leaf area index (LAI), diameter setinggi dada (DBH), dan tinggi bebas cabang (TBC) pohon yang ditebang (Tabel 2). Kelembapan udara berkisar antara 67,69-71,77%, sedangkan temperatur udara berkisar antara 31,40-32,88°C. Nilai LAI pada seluruh kelas rumpang relatif seragam dengan kisaran 1,70–2,03.

Tabel (Table) 2. Hasil uji Tukey beda rata-rata pengaruh ukuran rumpang terhadap parameter mikroklimat, diameter setinggi dada, tinggi bebas cabang pohon yang ditebang (*Tukey test results showed the difference in the average effect of gap size on agroclimatic parameters, diameter at breast height, and height of free branches of felled trees*)

No.	Parameter	Perlakuan ukuran rumpang (<i>Gap size treatment</i>)					
		Kecil (<i>Small</i>) (≤0,14 ha)		Sedang (<i>Medium</i>) (0,15-0,24 ha)		Besar (<i>Large</i>) (0,25-0,34 ha)	
		Rata-rata/ <i>Mean</i>	SD	Rata-rata/ <i>Mean</i>	SD	Rata-rata/ <i>Mean</i>	SD
1.	Kelembapan (%)	68,15 ^a	10,70	67,69 ^a	9,53	71,77 ^a	8,38
2.	Temperatur (°C)	32,55 ^a	2,96	32,88 ^a	3,25	31,40 ^a	1,61
3.	<i>Leaf area index</i> s	1,99 ^a	0,51	1,70 ^a	0,45	2,03 ^a	0,05
4.	Rata-rata diameter setinggi dada (cm)	57,54 ^a	5,14	61,60 ^a	4,85	59,29 ^a	5,00
5.	Rata-rata tinggi bebas cabang (m)	18,04 ^a	3,20	18,72 ^a	1,89	19,43 ^a	1,28
6.	Total volume pohon ditebang (Pohon)	3,91 ^b	1,70	10,28 ^a	4,05	13,36 ^a	5,57
7.	Jumlah pohon ditebang (Pohon)	2,11 ^b	0,78	4,44 ^a	1,33	6,00 ^a	1,94

Keterangan (*Remarks*): SD = Standard deviasi. Huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan hasil uji Tukey yang tidak berbeda nyata pada tingkat kepercayaan 95% (*SD = Standard deviation. The same letters in the same row indicate Tukey test results that are not significantly different at the 95% confidence level*)

Diameter setinggi dada pohon yang ditebang berkisar antara 57,54-61,60 cm,

sedangkan tinggi bebas cabang berkisar antara 18,04-19,43 m. Hasil ini

menunjukkan bahwa karakteristik tegakan yang dipanen relatif homogen pada seluruh kelas ukuran rumpang. Sebaliknya, ukuran rumpang dipengaruhi secara nyata oleh total volume pohon yang ditebang dan jumlah pohon yang ditebang ($p < 0,05$). Rumpang kecil memiliki volume tebangan rata-rata sebesar $3,91 \text{ m}^3$ dan jumlah pohon ditebang sebanyak 2,11 pohon, yang secara nyata lebih rendah dibandingkan rumpang sedang dan besar. Pada rumpang sedang dan besar, volume tebangan masing-masing mencapai $10,28 \text{ m}^3$ dan $13,36 \text{ m}^3$, sedangkan jumlah pohon ditebang mencapai 4,44 dan 6,00 pohon. Hal ini menunjukkan bahwa semakin banyak jumlah pohon yang ditebang maka semakin besar luas rumpang yang terbentuk.

3.1.2. Hubungan Luas Rumpang dengan Karakteristik Pohon yang Ditebang

Analisis regresi menunjukkan bahwa luas rumpang (LR) memiliki hubungan yang signifikan dengan jumlah pohon yang ditebang, diameter setinggi dada, dan tinggi bebas cabang (Tabel 3). Model regresi berganda yang diperoleh adalah:

$$\ln(\text{LR}) = -2,4940 + 0,1735X_1 - 0,0092X_2 + 0,0318X_3$$

Dimana: X_1 = Jumlah pohon ditebang,
 X_2 = Dbh (diameter setinggi dada), dan
 X_3 = Tbc (tinggi bebas cabang).

Model tersebut signifikan ($p < 0,001$) dengan nilai adjusted R^2 sebesar 62,26%, yang menunjukkan bahwa sekitar 62% variasi luas rumpang dapat dijelaskan oleh ketiga variabel tersebut secara simultan. Namun demikian, berdasarkan nilai signifikansi masing-masing parameter, hanya jumlah pohon yang ditebang yang berpengaruh nyata terhadap luas rumpang ($p < 0,001$), sedangkan Dbh ($p = 0,427$) dan Tbc ($p = 0,217$) tidak menunjukkan pengaruh yang signifikan (Tabel 3). Selanjutnya dilakukan analisis **regresi Stepwise** untuk memilih variabel independen (prediktor) terbaik ke dalam model. Dengan demikian, model yang lebih sederhana diperoleh sebagai berikut:

$$\ln(\text{LR}) = -2,441 + 0,1723X_1$$

Tabel (Table) 3. Hubungan luas rumpang alami dengan jumlah pohon ditebang, Dbh dan Tbc (*The relationship between the area of natural gaps and the number of trees felled, Dbh and Tbc*)

No.	Persamaan	a	b	c	d	P-value	s	$R^2(\text{adj})$
1.	$\ln(\text{LR}) = a + bX_1 + cX_2 + dX_3$	-2,4940	0,1735	-0,0092	0,0318	0,000	0,2833	62,26%
			p-value = 0,000	p-value = 0,427	p-value = 0,217			
2.	$\ln(\text{LR}) = a + bX_1$	-2,441	0,1723	-	-	0,000	0,2847	61,90%

Keterangan (Remarks): LR = Luas rumpang (*Gap area*), X_1 = jumlah pohon ditebang (*number of trees felled*), X_2 = diameter setinggi dada (*diameter at breast height*), X_3 = tinggi bebas cabang (*branch-free height*), a = konstanta (*constant*), b, c, d = koefisien regresi (*regression coefficient*), s = simpangan baku (*standard deviation*), $R^2(\text{adj})$ = koefisien determinasi disesuaikan (*adjusted coefficient of determination*)

Model tersebut tetap signifikan ($p < 0,001$) dengan adjusted R^2 sebesar 61,90%, hampir sama dengan model regresi berganda. Hasil ini menunjukkan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan faktor utama yang menentukan luas rumpang yang terbentuk.

3.2. Pembahasan

Pembentukan rumpang merupakan proses ekologis yang berperan penting dalam dinamika hutan tropis karena mengatur regenerasi, suksesi, struktur tegakan, dan distribusi spesies. Teori *gap dynamics* menjelaskan bahwa bukaan tajuk akibat kematian pohon atau gangguan lainnya menciptakan heterogenitas lingkungan yang menjadi pendorong utama regenerasi alami dan pergantian tegakan (Brokaw, 1985; Denslow, 1987). Sebagian besar dinamika hutan hujan tropis berlangsung melalui pembentukan rumpang berukuran kecil hingga sedang yang memungkinkan masuknya cahaya ke lantai hutan tanpa mengubah kondisi ekosistem secara drastis. Konsep ini menjadi landasan ekologis berbagai sistem silvikultur pada hutan alam tropis, termasuk Tebang Pilih Tanam Indonesia (TPTI), Tebang Pilih Tanam Jalur (TPTJ), Silvikultur Intensif (SILIN), dan Tebang Rumpang (TR).

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran rumpang dari 0,1 sampai 3,4 ha tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kelembapan udara, temperatur udara, maupun nilai *leaf area index* (LAI). Temuan ini mengindikasikan bahwa variasi ukuran rumpang yang terbentuk sampai 0,34 ha belum cukup besar untuk menghasilkan perubahan mikroklimat yang signifikan. Dalam perspektif *gap dynamics*, kondisi tersebut menunjukkan bahwa fungsi penyangga mikroklimat oleh tegakan di sekitar rumpang masih berjalan efektif

sehingga suhu dan kelembapan relatif stabil. Temuan ini sejalan dengan hasil penelitian (Chao et al., 2023) yang menunjukkan bahwa pembukaan tajuk berulang tidak selalu mengubah kondisi lingkungan secara ekstrem maupun menggeser dominasi regenerasi ke arah spesies intoleran naungan. Bahkan pada hutan yang sering mengalami gangguan, spesies toleran naungan tetap mendominasi regenerasi karena ukuran rumpang yang terbentuk belum cukup besar untuk menciptakan kondisi lingkungan yang sangat berbeda.

Tidak adanya perbedaan nyata pada temperatur, kelembapan, dan LAI juga menunjukkan bahwa perubahan mikroklimat lebih dipengaruhi oleh konfigurasi struktur tajuk dibandingkan luas bukaan tajuk semata. Nakamura et al. (2021) menegaskan bahwa kanopi hutan merupakan komponen utama yang mengendalikan distribusi cahaya, suhu, kelembapan, serta berbagai proses ekologis lainnya di hutan tropis. Meskipun demikian, perubahan struktur tajuk akibat penebangan tetap berpotensi menurunkan kapasitas *thermal buffering* hutan. Senior et al. (2024) melaporkan bahwa gangguan tajuk akibat penebangan selektif menyebabkan suhu bawah tajuk menjadi lebih sensitif terhadap kondisi atmosfer eksternal. Namun, besarnya perubahan tersebut sangat dipengaruhi oleh intensitas gangguan dan kecepatan pemulihan tajuk setelah pemanenan.

Keseragaman nilai LAI antar kelas rumpang mengindikasikan bahwa proses pemulihan tajuk (*canopy recovery*) kemungkinan telah berlangsung secara aktif. Winstanley et al. (2024) menunjukkan bahwa sekitar 90% luas rumpang hasil penebangan selektif di Amazon dapat tertutup kembali dalam waktu enam tahun melalui kombinasi pertumbuhan lateral tajuk pohon tepi dan pertumbuhan vertikal vegetasi

regenerasi. Campoe et al. (2022) juga melaporkan bahwa pemulihan struktur tajuk merupakan salah satu proses yang berlangsung paling cepat setelah pemanenan dibandingkan pemulihan biomassa atau komposisi tegakan. Dengan demikian, tidak adanya perbedaan nyata pada parameter mikroklimat dalam penelitian ini kemungkinan mencerminkan berlangsungnya proses penutupan tajuk yang relatif efektif sehingga kondisi mikroklimat antar rumpang menjadi semakin homogen.

Meskipun tidak ditemukan perbedaan nyata pada parameter mikroklimat, hasil penelitian menunjukkan bahwa total volume pohon yang ditebang dan jumlah pohon yang ditebang meningkat secara signifikan seiring bertambahnya ukuran rumpang. Sebaliknya, diameter setinggi dada (Dbh) dan tinggi bebas cabang pohon yang ditebang tidak berbeda nyata antar kelas rumpang. Analisis regresi menunjukkan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan satu-satunya faktor yang berpengaruh signifikan terhadap luas rumpang. Temuan ini menunjukkan bahwa luas rumpang lebih ditentukan oleh intensitas pemanenan dibandingkan ukuran individu pohon yang ditebang. Setiap tambahan pohon yang ditebang tidak hanya menghilangkan tajuk pohon tersebut, tetapi juga meningkatkan kemungkinan kerusakan tegakan di sekitarnya akibat rebah pohon, patahan cabang, dan aktivitas penyaradan sehingga memperluas bukaan tajuk yang terbentuk.

Temuan tersebut konsisten dengan penelitian Zhang et al. (2023) yang menunjukkan bahwa aktivitas penebangan meninggalkan jejak yang jelas terhadap jumlah, ukuran, bentuk, dan konfigurasi spasial rumpang pada hutan tropis. Semakin tinggi intensitas penebangan, semakin besar ukuran dan

kompleksitas rumpang yang terbentuk. Demikian pula, Gorgens et al. (2023) menunjukkan bahwa dinamika rumpang pasca penebangan tidak berada dalam kondisi keseimbangan (*steady state*), melainkan terus berubah akibat interaksi antara pembentukan rumpang baru, kematian pohon, dan proses penutupan tajuk. Oleh karena itu, luas rumpang yang diamati pada suatu waktu mencerminkan akumulasi berbagai proses gangguan dan pemulihan yang berlangsung secara simultan.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa variasi ukuran rumpang yang diamati belum cukup untuk mengubah mikroklimat secara signifikan, sehingga kondisi lingkungan diduga masih relatif sesuai bagi regenerasi spesies khas hutan hujan tropis.

Dari perspektif silvikultur, hasil penelitian ini sangat relevan dengan penerapan sistem TPTI, TPTJ, SILIN, dan Tebang Rumpang sebagaimana diatur dalam Peraturan Menteri Kehutanan Nomor P.11/Menhut-II/2009. Pada sistem TPTI, pembentukan rumpang terjadi secara tersebar mengikuti distribusi pohon yang memenuhi kriteria tebang sehingga menghasilkan bukaan tajuk yang relatif kecil dan menyerupai gangguan alami. Sebaliknya, sistem TPTJ dan SILIN memanfaatkan bukaan tajuk yang lebih besar untuk meningkatkan intensitas cahaya bagi pertumbuhan jenis target, khususnya Dipterocarpaceae. Dalam sistem Tebang Rumpang, rumpang secara eksplisit dijadikan unit pengelolaan untuk menciptakan ruang tumbuh yang optimal bagi regenerasi dan pertumbuhan tegakan tidak seumur.

Hasil penelitian ini juga mendukung prinsip dasar SILIN dan Tebang Rumpang yang menempatkan ukuran rumpang sebagai instrumen penting dalam pengaturan lingkungan tumbuh. Martins et al. (2021)

menunjukkan bahwa ukuran rumpang menentukan arah perkembangan tegakan pasca gangguan. Rumpang yang terlalu kecil cenderung mempertahankan dominasi spesies toleran naungan, sedangkan rumpang yang lebih besar meningkatkan peluang pertumbuhan spesies pionir dan intoleran naungan. Oleh karena itu, pengaturan intensitas penebangan menjadi faktor kunci dalam mengendalikan ukuran rumpang dan keberhasilan penerapan sistem silvikultur tersebut.

Hasil penelitian ini juga memiliki implikasi penting terhadap penerapan *Reduced Impact Logging* (RIL). Prinsip utama RIL adalah meminimalkan kerusakan tegakan tinggal dan mengurangi pembentukan rumpang yang tidak diperlukan melalui pengaturan arah rebah pohon, perencanaan jalur sarad, dan pengendalian intensitas pemanenan. Temuan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan faktor utama yang menentukan luas rumpang menunjukkan bahwa pengendalian intensitas pemanenan merupakan instrumen paling efektif untuk mengurangi dampak ekologis kegiatan penebangan. Martins et al. (2021) menunjukkan bahwa pengelolaan intensitas tebang yang baik dapat mempercepat pemulihan biomassa dan fungsi ekosistem pasca pemanenan dibandingkan praktik penebangan konvensional.

Ukuran rumpang mempengaruhi fungsi ekosistem seperti siklus karbon, air, dan hara. Martins et al. (2021) menunjukkan bahwa pemulihan stok karbon berlangsung lebih lambat dibandingkan pemulihan tajuk, sedangkan Montero & Ellis (2023) melaporkan bahwa regenerasi pohon memainkan peran penting dalam pemulihan cadangan karbon pada dekade pertama setelah penebangan. Schwartz et al. (2021) juga menunjukkan

bahwa pemulihan struktur dan fungsi hutan tropis dapat berlangsung selama puluhan tahun tergantung pada intensitas gangguan yang terjadi. Oleh karena itu, pengendalian jumlah pohon yang ditebang tidak hanya penting untuk mengatur luas rumpang tetapi juga berkontribusi terhadap pemeliharaan cadangan karbon dan keberlanjutan pengelolaan PBPH.

Di sisi lain, pembentukan rumpang turut mempengaruhi fungsi hidrologi hutan. Pang et al. (2024) menemukan bahwa penebangan selektif pada hutan hujan Kalimantan meningkatkan kandungan air tanah akibat berkurangnya transpirasi tegakan. Perubahan tersebut dapat mempengaruhi dekomposisi bahan organik, siklus hara, dan pertumbuhan regenerasi pada fase awal pasca pemanenan. Dengan demikian, pengelolaan ukuran rumpang yang tepat tidak hanya penting untuk menjaga regenerasi dan produktivitas tegakan, tetapi juga untuk mempertahankan fungsi ekosistem yang lebih luas.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan faktor utama yang mengendalikan luas rumpang, sedangkan perbedaan ukuran rumpang yang diamati belum menyebabkan perubahan mikroklimat yang signifikan. Hasil ini memperkuat konsep bahwa intensitas pemanenan merupakan pengendali utama dinamika rumpang pada hutan alam tropis. Dalam konteks pengelolaan PBPH di Indonesia, hasil penelitian mendukung penerapan sistem silvikultur adaptif yang mengintegrasikan prinsip *gap dynamics*, SILIN, Tebang Rumpang, dan *Reduced Impact Logging* untuk mencapai keseimbangan antara produktivitas kayu, keberhasilan regenerasi alami, konservasi keanekaragaman hayati,

pemulihan karbon, serta keberlanjutan fungsi ekosistem hutan.

4. Kesimpulan dan Saran

4.1. Kesimpulan

Hasil penelitian menunjukkan bahwa ukuran rumpang hasil pemanenan tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap kelembapan udara, temperatur udara, dan *leaf area index* (LAI). Kondisi ini mengindikasikan bahwa fungsi penyangga mikroklimat oleh tegakan di sekitar rumpang masih mampu mempertahankan stabilitas lingkungan meskipun terjadi variasi ukuran bukaan tajuk. Selain itu, diameter setinggi dada (Dbh) dan tinggi bebas cabang pohon yang ditebang tidak berbeda sampai pada ukuran rumpang 0,34 ha. Sebaliknya, jumlah pohon yang ditebang dan total volume pohon yang ditebang berkorelasi positif secara signifikan dengan ukuran rumpang yang terbentuk. Analisis regresi menunjukkan bahwa jumlah pohon yang ditebang merupakan faktor utama yang memengaruhi luas rumpang, sedangkan Dbh dan tinggi bebas cabang tidak memberikan pengaruh yang signifikan. Temuan ini menunjukkan bahwa luas rumpang lebih ditentukan oleh intensitas pemanenan dibandingkan karakteristik individu pohon yang dipanen. Secara ekologis, hasil penelitian mendukung konsep *gap dynamics* yang menyatakan bahwa gangguan tajuk pada tingkat rendah hingga sedang masih mampu mempertahankan kondisi mikroklimat yang mendukung regenerasi alami. Dalam konteks pengelolaan hutan produksi, pengendalian jumlah pohon yang ditebang menjadi instrumen penting untuk mengatur pembentukan rumpang, menjaga stabilitas ekosistem, dan mendukung penerapan sistem silvikultur berkelanjutan.

4.2. Saran

Pengelolaan pemanenan pada areal PBPH perlu mengendalikan jumlah pohon yang ditebang dan menerapkan prinsip *Reduced Impact Logging* (RIL) secara konsisten untuk mengatur pembentukan rumpang, meminimalkan kerusakan tegakan tinggal, serta menjaga stabilitas mikroklimat dan fungsi ekosistem hutan. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi pengaruh ukuran rumpang terhadap regenerasi alami, keanekaragaman hayati, dinamika karbon, dan pemulihan tegakan pasca pemanenan melalui pemantauan jangka panjang yang didukung teknologi penginderaan jauh seperti UAV atau LiDAR.

Ucapan Terima Kasih

Ucapan terima kasih disampaikan kepada pimpinan PT Austral Byna yang arealnya diizinkan untuk penelitian. Ucapan terima kasih kepada *Manager Camp Sikui* yang telah membantu pelaksanaan kegiatan penelitian di lapangan.

Daftar Pustaka

- Brokaw, N. V. . (1985). Gap-phase regeneration in a tropical forest. *Ecology*, 66(3), 682–687.
- Campoe, O. C., Stape, J. L., Mendes, J. C. T., & Ryan, M. G. (2022). Forest canopy recovery and stand dynamics after selective logging in tropical production forests. *Canadian Journal of Forest Research*, 52(8), 1132–1145.
- Chao, W. C., Lin, K. C., Song, G. Z. M., Hsieh, C. F., & Chen, Y. Y. (2023). Multiple Canopy Opening Effects On Recruited Saplings In A Typhoon-Disturbed Tropical Rainforest. *Biotropica*, 55(2), 396–407.
- Denslow, J. S. (1987). Tropical Rainforest Gaps And Tree Species Diversity. *Annual Review of Ecology and*

- Systematics*, 18, 431–451.
- Dewi, R., & Pamoengkas, P. (2025). Sebaran Dan Potensi Regenerasi Alami Jenis *Schima wallichii* (DC.) Korth. di Hutan Pendidikan Gunung Walat. *JPHT*, 22(2), 91–106.
- Dewi, R., Pamoengkas, P., Darwo, & Heriansyah, I. (2025). Komposisi Jenis Dan Potensi Tegakan Pada Rumpang Pasca Tebangan di Kalimantan Tengah. *JPHT*, 22(1), 28–46.
- Fitriandhini, D., & Putra, A. (2022). Dampak Kerusakan Ekosistem Hutan Oleh Aktivitas Manusia: Tinjauan Terhadap Keseimbangan Lingkungan Dan Keanekaragaman Hayati. *Jurnal Kependudukan Dan Pembangunan Lingkungan*, 03(03), 217–226.
- Gomez, K. A., & Gomez, A. A. (1984). *Statistical Procedures For Agricultural Research* (2nd Editio). John Wiley & Sons.
- Gorgens, E. B., Keller, M., Jackson, T., Marra, D. M., Reis, C. R., Almeida, D.R.A. Coomes, D. A., & Ometto, J. P. H. B. (2023). Out Of Steady State: Tracking Canopy Gap Dynamics Across Brazilian Amazon. *Biotropica*, 55(4), 1032–1046. <https://doi.org/https://doi.org/10.1111/btp.13226>
- Lenk, A., Richter, R., Kretz, L., & Wirth, C. (2024). Effects Of Canopy Gaps On Microclimate, Soil Biological Activity And Their Relationship In a European Mixed Floodplain Forest. *Science of the Total Environment*, 941(May), 173572. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2024.173572>
- Lestari. (2025). Dampak Penebangan Hutan Terhadap Dinamika Keanekaragaman Hayati: Studi Pada Ekosistem Hutan Tropis. *Jurnal Multisiplin Indonesia*, 1(2), 44–48.
- Martins, S. V., Rodrigues, R. R., Gandolfi, S., & Calegari, L. (2021). Gap Size Influences Forest Restoration Trajectories In Tropical Forests. *Trees*, 35(6), 1753–1766.
- Montero, S. A., & Ellis, E. A. (2023). Carbon Stock Recovery From Tree Regeneration Following Selective Logging In Tropical Forests Of The Yucatán Peninsula. *Carbon Management*, 14(1), 2238672.
- Nakamura, A., Kitching, R. L., Cao, M., Creedy, T. J., Fayle, T. M., Freiberg, M., Hewitt, C. N., Itioka, T., Koh, L. P., Ma, K., Malhi, Y., Mitchell, A., Novotny, V., Ozanne, C. M. P., Song, L., Wang, H., & Ashton, L. A. (2021). Forests And Their Canopies: Achievements And Horizons In Canopy Science. *Trends in Ecology & Evolution*, 36(11), 1015–1028.
- Pamudyanti, A. . (2016). *Pemodelan spasial sebaran gangguan ekosistem di hutan pendidikan Wanagama I*. Universitas Gadjah Mada.
- Pang, J., Kho, L. K., Riutta, T., Saner, P., Nilus, R., & Reynolds, G. (2024). Soil Wetting Triggered By Selective Logging In Bornean Lowland Tropical Rainforests. *Forest Ecology and Management*, 569, 122181. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.foreco>
- Schwartz, N. ., Uriarte, M., DeFries, R., Gutierrez-Velez, V., & Pinedo-Vasquez, M. Baethgen, W. (2021). Long-Term Forest Recovery Following Selective Logging In Tropical Forests. *Forest Ecology and Management*, 496, 119404.
- Senior, R. A., Hill, J. K., González del Pliego, P. Goode, L. K., & Edwards, D. P. (2024). Structural Changes Caused By Selective Logging Undermine The Thermal Buffering Capacity Of Tropical Forests. *J.Agrformet*, 348, 109912. <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/.2024.109912>
- Stanturf, J. A. (2004). Disturbance Dynamics Of Forested Ecosystem. *Proceedings of the International Conference Tartu, Estonia*.

- Wahyudi. (2019). Tingkat Pembukaan Kanopi Akibat Pemanenan Pada Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia. *Jurnal Hutan Tropika*, *XIV*(1), 10–17.
- Winstanley, P., Dalagnol, R., Mendiratta, S., Braga, D., Galvão, L. S., & Bispo, P. C. (2024). Post-Logging Canopy Gap Dynamics And Forest Regeneration Assessed Using Airborne Lidar Time Series In The Brazilian Amazon With Attribution To Gap Types And Origins. *Remote Sensing*, *16*(13), 2319.
<https://doi.org/https://doi.org/10.3390/rs16132319>
- Zhang, B., Fischer, F. J., Coomes, D. A., & Jucker, T. (2023). Logging Leaves A Fingerprint On The Number, Size, Spatial Configuration And Geometry Of Tropical Forest Canopy Gaps. *Biotropica*, *55*(2), <https://doi.org/10.1111/btp.13190>.