



Research Article



Niche Partitioning of Three Sympatric Mammals Based on Tree Dimensions and Understory Vegetation in Alas Pinggan Forest, Prigen

Partisi Relung Tiga Mamalia Simpatrik Berdasarkan Dimensi Pohon dan Vegetasi Tumbuhan Bawah di Hutan Alas Pinggan, Prigen

Alvi Mirza Salsabila ¹, Durrotun Nafisah ¹, Muzamil ¹, Zaenuar Chaesbulloh ¹, Rokhimatul Faizah ^{1*}

¹ Pendidikan Biologi/Fakultas Ilmu Pendidikan/Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan, Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia

*Corresponding author: rokhimatulfaizahrkh@gmail.com

Article Information	ABSTRACT
Submitted: 21 – 05 – 2026 Accepted: 05 – 06 – 2026 Published: 30 – 06 – 2026	Ecological niche partitioning is a fundamental mechanism enabling the coexistence of sympatric species. This study examines resource partitioning among three mammalian taxa <i>Macaca fascicularis</i>, <i>Tupaia sp.</i>, and <i>Muntiacus muntjak</i> at Alas Pinggan Forest, East Java, Indonesia. Surveys were conducted on 27–29 April 2026 across 11 plots (0.5 ha each) using direct observation, camera trapping, and vegetation analysis. Total sampling effort comprised three days of direct observation and four camera-trap nights, recording <i>M. fascicularis</i> (six direct observations), <i>Tupaia sp.</i> (detections across nine plots), and <i>M. muntjak</i> (one plot). Vegetation surveys documented 255 trees (24 species; mean DBH 31.7 cm). Canonical Correspondence Analysis revealed significant associations between species distributions and habitat variables ($p = 0.014$). <i>M. fascicularis</i> occupied mid-canopy strata (10–20 m) with large trees (DBH 30–50 cm; niche breadth: 0.62). <i>Tupaia sp.</i> specialized in dense understory (height <2 m, coverage >60%; niche breadth: 0.38). <i>M. muntjak</i> inhabited the forest floor with intermediate understory (40–60%; niche breadth: 0.54). Low pairwise niche overlap indices ($C\lambda < 0.50$) indicated substantial resource partitioning. Environmental parameters varied significantly: temperature 22.5–26.3°C, humidity 71–88%, light 850–1,950 lux, and wind 0.7–2.5 m/s. These results demonstrate that vertical stratification and understory complexity create distinct microhabitats supporting mammal coexistence. Conserving tropical mammal diversity requires maintaining structural complexity across forest strata. Keywords: Niche Partitioning, Habitat Stratification, Forest Mammals, Coexistence, Species Diversity.
Publisher	How to Cite
Biology Education Department Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan, Indonesia	Salsabila A M., Nafisah D., Muzamil., Chaesbulloh Z., & Faizah R. (2026). Partisi Relung Tiga Mamalia Simpatrik Berdasarkan Dimensi Pohon dan Vegetasi Tumbuhan Bawah di Hutan Alas Pinggan, Prigen. <i>Bromopedia Jurnal Eksplorasi Pendidikan Biologi</i> , 2(1):23-40.



Pendahuluan

Ekosistem hutan tropis merupakan salah satu ekosistem paling kaya secara biologis di dunia, menampung sekitar 50% keanekaragaman hayati global meskipun hanya mencakup kurang dari 7% luas daratan (Dirzo & Raven, 2003). Kompleksitas struktur hutan tropis, mulai dari stratifikasi vertikal hingga interaksi antarspesies, menjadikan mamalia memiliki peran penting sebagai penyebar biji, predator, dan herbivora yang memengaruhi regenerasi hutan (Ganzhorn *et al.*, 2003). Namun, keterbatasan sumber daya menyebabkan terjadinya persaingan antarspesies yang hidup berdampingan dalam habitat yang sama.

Koeksistensi spesies dalam satu habitat menjadi kajian penting dalam ekologi komunitas. Teori ekologi menyebutkan bahwa spesies simpatrik harus membagi sumber daya untuk menghindari eksklusi kompetitif akibat persaingan berlebih (Schoener, 1974; Chase & Leibold, 2003). Mekanisme utama yang memungkinkan kondisi tersebut adalah partisi relung ekologi, yaitu pembagian ruang dan sumber daya antarspesies sehingga keanekaragaman hayati dapat tetap terjaga (Hutchinson, 1957). Partisi relung dapat terjadi melalui perbedaan habitat, waktu aktivitas, jenis makanan, maupun adaptasi morfologi (Begon *et al.*, 2006).

Struktur habitat hutan tropis seperti tinggi kanopi, diameter pohon, dan kerapatan tumbuhan bawah menciptakan variasi mikrohabitat yang mendukung diferensiasi relung mamalia. Stratifikasi hutan dari lapisan bawah hingga kanopi menyediakan kondisi lingkungan yang berbeda terkait pangan, perlindungan, dan termoregulasi (MacArthur & MacArthur, 1961). Oleh karena itu, spesies dengan karakteristik tubuh dan perilaku berbeda cenderung memanfaatkan strata hutan tertentu sesuai kebutuhan ekologisnya (Perry, 1978).

Macaca fascicularis, *Tupaia* sp., dan *Muntiacus muntjak* merupakan mamalia yang umum ditemukan hidup bersimpatri di hutan tropis Asia Tenggara, termasuk di Indonesia (Fooden, 1995; Francis, 2019; Nowak, 1999). Meskipun memiliki potensi tumpang tindih sumber daya, ketiga spesies tersebut tetap mampu hidup berdampingan, yang menunjukkan adanya partisi relung yang efektif. Namun, informasi mengenai mekanisme pembagian habitat berdasarkan struktur vegetasi, khususnya dimensi pohon dan kompleksitas tumbuhan bawah, masih terbatas.

Hutan Alas Pinggan di Prigen, Jawa Timur, menjadi lokasi yang ideal untuk mengkaji mekanisme koeksistensi ketiga taksa tersebut karena masih mendukung keberadaan populasi mamalia tersebut meskipun mendapat tekanan antropogenik. Penelitian mengenai partisi relung mamalia di Indonesia umumnya berfokus pada satu spesies atau hanya mengkaji hubungan keberadaan satwa dengan karakteristik habitat secara umum. Hingga saat ini masih sangat terbatas penelitian yang secara simultan mengevaluasi hubungan dimensi pohon, stratifikasi vertikal hutan, dan tutupan tumbuhan bawah terhadap koeksistensi beberapa mamalia simpatrik menggunakan pendekatan *Canonical Correspondence Analysis* (CCA), indeks Levins, dan indeks Morisita. Oleh



karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengisi kesenjangan pengetahuan tersebut serta memberikan informasi ilmiah mengenai mekanisme koeksistensi mamalia di hutan tropis Jawa Timur.

Penelitian ini bertujuan mengkaji hubungan antara karakteristik habitat, seperti diameter pohon (DBH), tinggi kanopi, dan tutupan tumbuhan bawah, terhadap distribusi spasial spesies. Hipotesis penelitian menyatakan bahwa setiap spesies memiliki preferensi mikrohabitat berbeda sehingga memungkinkan partisi sumber daya dan mendukung koeksistensi (Pianka, 2011; Schoener, 1974). Analisis dilakukan menggunakan pendekatan statistik multivariat *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) untuk menghubungkan distribusi spesies dengan gradien lingkungan. Kebaruan penelitian ini terletak pada pendekatan terintegrasi yang menggabungkan variabel dimensi pohon dan tutupan vegetasi bawah secara simultan untuk menjelaskan koeksistensi tiga taksa mamalia yang berbeda strategi (*diurnal-arboreal*, *diurnal-skansorial*, dan *krepuskular-terrestrial*) dalam satu kawasan hutan.

Penelitian terdahulu di Jawa, seperti studi Megantara *et al* (2019) di Jawa Barat, telah mendokumentasikan tipe-tipe habitat yang digunakan oleh berbagai mamalia termasuk monyet ekor panjang dan kijang, namun analisisnya berfokus pada klasifikasi tipe habitat secara umum dan belum mengukur secara kuantitatif bagaimana variabel struktural spesifik seperti dimensi pohon dan persentase tutupan tumbuhan bawah memisahkan relung ekologi antartaksa yang hidup bersimpatri. Studi yang lebih baru oleh Hansen *et al.* (2020) di Taman Nasional Baluran, Jawa Timur, juga telah mengkaji pemilihan habitat dan luas jelajah *M. fascicularis* menggunakan data penanda GPS, namun studi tersebut berfokus pada satu spesies tunggal dan tidak melibatkan analisis komparatif relung ekologi antartaksa mamalia yang hidup bersimpatri. Dengan demikian, baik penelitian Megantara *et al.* (2019) maupun Hansen *et al.* (2020) belum menjawab pertanyaan mengenai bagaimana variabel struktural vegetasi secara spesifik memisahkan relung beberapa taksa mamalia secara bersamaan dalam satu kawasan hutan. Kesenjangan inilah yang ingin diisi oleh penelitian ini, dengan menambahkan *Tupaia* sp. sebagai taksa ketiga dan mengukur partisi relung secara kuantitatif menggunakan indeks Levins dan Morisita serta analisis CCA pada konteks hutan dataran rendah Jawa Timur, kombinasi yang relatif jarang dikaji secara bersamaan pada studi-studi sebelumnya.

Material Dan Metode

Penelitian ini menggunakan desain deskriptif-kuantitatif dengan metode observasi sistematis. Pengamatan dilakukan pada 27-29 April 2026 di 11 plot penelitian dengan fokus pada karakterisasi vegetasi dan identifikasi fauna. Lokasi penelitian berada di Hutan Alas Pinggan (7°42'58,5" LS; 112°38'26,3" BT), Kecamatan Prigen, Kabupaten Pasuruan, Jawa Timur, Indonesia. Kawasan ini merupakan hutan tropis sekunder seluas sekitar 47 hektar yang dikelilingi oleh lahan pertanian dan permukiman. Kawasan penelitian memiliki iklim muson tropis dengan suhu rata-rata tahunan 24-26°C dan curah



hujan sekitar 2.500-3.500 mm per tahun. Musim hujan berlangsung pada November-Maret, sedangkan musim kemarau terjadi pada April-Oktober. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 420-580 Mdpl dengan tipe vegetasi berupa hutan tropis sekunder terganggu yang didominasi campuran spesies kayu keras dan memiliki kompleksitas struktur habitat yang bervariasi (Whitten et al., 1996).

Pengumpulan data dilakukan menggunakan berbagai alat untuk mendukung akurasi dan konsistensi penelitian. Alpinquest digunakan untuk pemetaan dan penentuan koordinat plot penelitian, sedangkan transek linear dibuat menggunakan tali rumput sebagai panduan penempatan plot. Identifikasi mamalia dilakukan menggunakan perangkat kamera yang dipasang pada titik strategis di area penelitian.

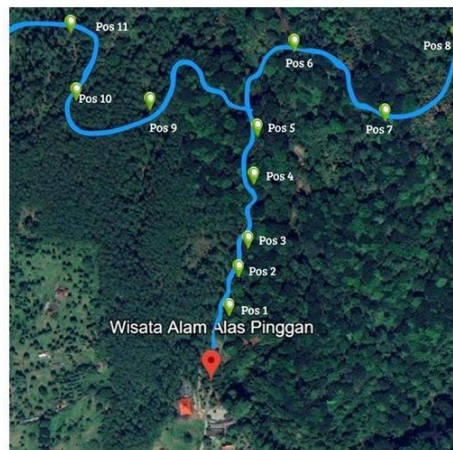
Pengukuran karakteristik vegetasi dilakukan menggunakan *rangefinder* untuk mengukur tinggi pohon dan *phiband* untuk mengukur diameter pohon. Selain itu, pengamatan langsung dibantu dengan panduan identifikasi spesies lokal guna mempermudah identifikasi fauna secara visual di lapangan. Penggunaan metode dan peralatan tersebut memungkinkan pengumpulan data vegetasi dan fauna secara sistematis, sehingga dapat mendukung analisis hubungan antara struktur habitat dan distribusi mamalia di Hutan Alas Pinggan.

Validitas pengukuran vegetasi dijaga melalui kalibrasi *rangefinder* dan *phiband* sebelum survei serta penerapan prosedur pengukuran standar yang sama oleh seluruh anggota tim pada setiap plot, sehingga data yang dihasilkan merepresentasikan karakteristik vegetasi yang sesungguhnya (validitas instrumen). Reliabilitas pengukuran diperiksa melalui pengukuran ulang (pengulangan) pada subset pohon contoh di beberapa plot oleh dua orang pencatat secara independen; hasil pengukuran berulang menunjukkan selisih yang kecil dan konsisten antarpencatat, mengindikasikan keandalan metode pengukuran lapangan yang digunakan. Dengan demikian, sumber kesalahan acak akibat perbedaan pengamat (*inter-observer error*) dapat diminimalkan.

Sebelas plot penelitian (Plot 1-11) ditetapkan pada interval teratur sepanjang jarak tiap plot ± 100 meter, ditentukan secara *purposive sampling* satu transek linear yang melintasi hutan. Pemilihan lokasi plot didasarkan pada tiga kriteria: (1) aksesibilitas dalam kondisi medan yang sulit, (2) variasi karakteristik struktural hutan untuk representasi holistik, dan (3) kehadiran dan kelimpahan spesies target. Setiap plot dirancang secara berjenjang dengan ukuran berbeda sesuai target. Setiap plot mencakup luas total 0,5 ha (gabungan subplot berjenjang 2×2 m, 5×5 m, 10×10 m, dan 20×20 m yang ditempatkan konsentris pada titik pusat yang sama), sehingga sebelas plot mewakili total area sampling sekitar 5,5 ha atau sekitar 11,7% dari luas kawasan Hutan Alas Pinggan (± 47 ha). Jarak antarplot ± 100 m sepanjang transek dipilih untuk meminimalkan autokorelasi spasial antarplot sekaligus mencakup variasi topografi dan struktur vegetasi di sepanjang gradien hutan.

Tabel 1. Kriteria Ukuran Plot Vegetasi

Persentase (%)	Interpretasi
2×2 m	Survei semai dan vegetasi herba
5×5 m	Survei semak dan pohon muda ($DBH < 10$ cm)
10×10 m	Survei pohon kecil ($10 \leq DBH < 30$ cm)
20×20 m	Survei pohon besar ($DBH \geq 30$ cm)



Gambar 1. Peta Jalur Pengamatan
(Sumber: Dokumentasi Pribadi, 2026)

Pada setiap plot, survei vegetasi dilakukan jam 10.00-17.00 WIB secara menyeluruh dengan mencakup beberapa komponen pengukuran. Pertama, dilakukan sensus pohon dengan pencatatan seluruh pohon yang memiliki diameter setinggi dada (DBH) ≥ 10 cm, mencakup identifikasi spesies, pengukuran DBH , dan estimasi tinggi total. Kedua, pengukuran tinggi pohon dilakukan secara tidak langsung menggunakan rangefinder untuk seluruh pohon dengan $DBH \geq 10$ cm untuk menentukan struktur vertikal hutan. Ketiga, estimasi tutupan kanopi dilakukan secara visual untuk menentukan persentase tutupan kanopi pada setiap plot yang merupakan indikator penting dari struktur hutan. Terakhir, vegetasi tumbuhan bawah disurvei melalui kuantifikasi kerapatan, persentase tutupan, dan komposisi spesies tanaman herba, semak, dan semai pada subplot berukuran 2×2 m yang ditempatkan secara sistematis dalam setiap plot penelitian.

Posisi kamera trap terletak secara strategis pada lokasi-lokasi dengan indikasi aktivitas fauna tinggi untuk mengidentifikasi spesies mamalia dan pola aktivitas mereka selama periode penelitian. Setiap kamera dipasang pada ketinggian sekitar 30–50 cm dari permukaan tanah dan diarahkan ke jalur yang diduga sering dilalui mamalia. Sebanyak 4 unit kamera trap dipasang secara bersamaan di Plot 5, satu unit pada setiap titik strategis yang teridentifikasi memiliki indikasi aktivitas fauna tinggi (jalur satwa, sumber air, dan bekas cakaran/jejak). Kamera dipasang mulai pukul 17.00 pada hari kedua dan diambil pada pagi hari berikutnya, sehingga setiap unit aktif selama satu malam penuh (≈ 14 jam), menghasilkan total effort pengamatan sebesar 4 unit-malam (4 *camera-trap nights*) untuk seluruh periode penelitian. Keterbatasan effort ini perlu dicatat sebagai salah satu kendala dalam menangkap variasi aktivitas mamalia secara menyeluruh, mengingat camera trap



hanya dipasang pada satu plot dan satu periode malam. Identifikasi spesies dari hasil rekaman kamera trap dan pengamatan langsung divalidasi melalui dua tahap: (1) pencocokan ciri morfologis (pola warna tubuh, bentuk ekor, dan ukuran relatif) dengan buku panduan lapangan mamalia Asia Tenggara, dan (2) konfirmasi oleh pakar zoologi/mamalia dari tim peneliti untuk setiap rekaman yang teridentifikasi, guna memastikan keandalan dan akurasi data jenis yang dilaporkan. Data vegetasi yang dikumpulkan dianalisis secara kuantitatif untuk menghasilkan berbagai parameter ekologis yang menggambarkan struktur dan komposisi hutan.

Analisis difokuskan pada perhitungan indeks keanekaragaman Shannon yang memberikan gambaran mengenai tingkat keanekaragaman spesies dalam setiap plot. Data komposisi spesies digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman Shannon–Wiener:

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

Keterangan:

H' = indeks keanekaragaman Shannon–Wiener

n_i = jumlah individu spesies ke- i

N = jumlah total seluruh individu

$\ln$ = logaritma natural

$\sum$ = penjumlahan seluruh spesies

Selain itu, struktur vertikal dan horizontal hutan dianalisis untuk memahami distribusi pohon berdasarkan diameter dan tingginya, yang mencerminkan profil struktur hutan secara keseluruhan (Hutchinson, 1957). Komposisi spesies dominan ditentukan melalui analisis nilai penting (*Importance Value Index*) untuk mengidentifikasi spesies-spesies yang memiliki peranan penting dalam komunitas hutan. Pola sebaran spesies juga dianalisis untuk memahami distribusi spasial pohon-pohon utama dalam lanskap penelitian. Sementara itu, data mamalia yang diperoleh dari perangkat kamera dianalisis secara deskriptif, meliputi inventarisasi lengkap spesies yang terdeteksi dan perhitungan frekuensi kemunculan setiap spesies untuk menentukan tingkat aktivitas dan kehadiran fauna di kawasan penelitian.

Data struktur habitat (DBH pohon, tinggi kanopi, tutupan tumbuhan bawah, keanekaragaman vegetasi) dan data distribusi mamalia dianalisis menggunakan *statistik multivariat*. *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) diterapkan untuk mengevaluasi secara simultan hubungan antara kemunculan spesies mamalia dan variabel lingkungan, menghasilkan sumbu ordinas yang merepresentasikan gradien lingkungan dan respons spesies (Braak, 1986). CCA dilakukan menggunakan paket *vegan* dalam perangkat lunak statistik R versi 4.3.0 (R Core Team, 2023). Signifikansi statistik sumbu CCA diuji



menggunakan uji permutasi (999 permutasi, $\alpha = 0,05$). Optima spesies dan lebar toleransi sepanjang sumbu CCA yang signifikan dihitung untuk mengkuantifikasi posisi dan luas relung.

Lebar relung setiap spesies dihitung menggunakan *indeks Levins* terstandar:

$$B = \frac{1}{\sum (p_{ij})^2}$$

Keterangan:

B = lebar relung spesies

p_{ij} = proporsi pengamatan spesies i pada kelas habitat j

$\sum$ = jumlah seluruh kelas habitat

Tumpang tindih relung antara spesies diquantifikasi menggunakan *indeks Morisita* yang disederhanakan:

$$C_\lambda = \frac{2 \sum (p_{ik} \times p_{jk})}{\sum (p_{ik})^2 + \sum (p_{jk})^2}$$

Keterangan:

C_λ = indeks tumpang tindih relung

p_{ik} = proporsi pengamatan spesies i pada habitat k

p_{jk} = proporsi pengamatan spesies j pada habitat k

$\sum$ = jumlah seluruh kelas habitat

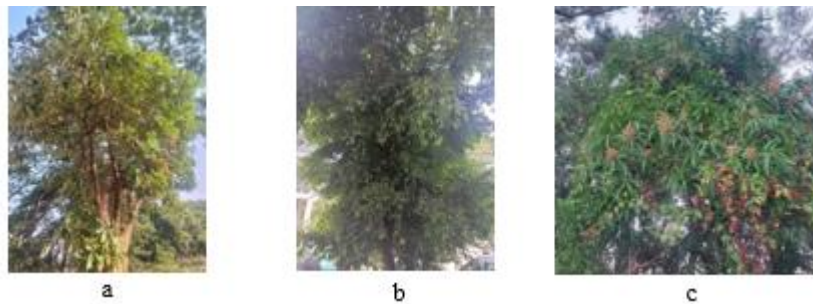
Analisis korelasi mengkaji hubungan antara distribusi DBH pohon, tinggi kanopi, tutupan vegetasi tumbuhan bawah, dan kemunculan spesies menggunakan koefisien korelasi peringkat. *Principal Component Analysis* (PCA) dilakukan pada variabel habitat untuk mereduksi dimensionalitas dan memvisualisasikan variasi struktur habitat di seluruh plot.

Hasil Penelitian

Survei vegetasi pada 11 plot menghasilkan 255 individu pohon yang mewakili 24 spesies. Rata-rata diameter pohon (*DBH*) berkisar antara 10,2 cm hingga 87,4 cm (rata-rata $\pm$ SD = $31,7 \pm 18,4$ cm). Distribusi kelas diameter menunjukkan 42,6% batang berada pada kelas 10–20 cm, 28,4% pada kelas 20–40 cm, 18,6% pada kelas 40–60 cm, dan 10,4% pada kelas diameter yang melebihi 60 cm. Distribusi ini mencerminkan karakteristik hutan sekunder pada umumnya dengan dominasi batang berdiameter kecil dan kelangkaan relatif pohon berdiameter besar.

Tinggi kanopi diukur sebagai rata-rata dari lima pohon tertinggi per plot berkisar antara 18–28 m, dengan rata-rata plot bervariasi dari 22,3 m (Plot III) hingga 26,8 m (Plot I). Tutupan kanopi keseluruhan rata-rata 72% (kisaran: 65–82%), mengindikasikan

penutupan kanopi yang cukup rapat, khas dari hutan tropis sekunder. Tutupan vegetasi tumbuhan bawah sangat bervariasi antar plot, berkisar antara 35% (Plot V) hingga 78% (Plot II), dengan rata-rata tutupan 56,2% (SD = 15,8). Indeks keanekaragaman Shannon–Wiener untuk vegetasi berkayu (DBH ≥ 10 cm) adalah $H' = 2,87$ (kisaran antar plot: 2,42–3,15), mengindikasikan keanekaragaman spesies sedang yang khas dari hutan sekunder di Jawa.



Gambar 2. Jenis pohon
a) *Alstonia scholaris*, b) *Ficus benjamina*, c) *Mangifera indica*
(Sumber: <https://www.gbif.org/>, 2026)

Komposisi spesies pohon didominasi oleh *Alstonia scholaris* (18,0% batang), *Ficus benjamina* (12,6%), dan *Mangifera indica* (9,8%), dengan spesies-spesies lainnya masing-masing menyumbang <8% komposisi.



Gambar 3. Jenis semai
a) *Piper sarmentosum*, b) *Ricinus communis*, c) *Solanum torvum*, d) *Passiflora edulis*,
(Sumber: <https://www.gbif.org/>, 2026)

Vegetasi tumbuhan bawah terutama terdiri dari spesies-spesies pionir yang tumbuh cepat, termasuk *Piper sarmentosum*, *Ricinus communis*, *Solanum torvum*, dan *Passiflora edulis*. Vegetasi tumbuhan bawah yang rapat (tutupan >60%) terkonsentrasi di Plot II dan IV, yang memiliki kerapatan pohon berdiameter besar yang lebih rendah dan lapisan tengah (*midstory*) yang lebih terbuka.

Tabel 2. Variabel Struktur Vegetasi pada 11 Plot Penelitian

Plot	Jumlah Pohon	DBH Rata-rata (cm)	Tinggi Kanopi (m)	Tutupan Kanopi (%)	Tumbuhan Bawah
I	26	34.2	26.8	75	62
II	24	31.5	24.1	72	78
III	23	30.8	22.3	68	45
IV	25	33.1	25.6	74	76



Plot	Jumlah Pohon	DBH Rata-rata (cm)	Tinggi Kanopi (m)	Tutupan Kanopi (%)	Tumbuhan Bawah
V	22	31.2	23.9	70	35
VI	21	29.5	23.1	69	52
VII	24	32.4	25.2	73	58
VIII	25	33.8	26.5	76	64
IX	23	30.9	24.4	71	48
X	20	28.6	21.8	67	42
XI	22	31.1	24.3	72	51

Keterangan:

DBH = Diameter at breast height (diukur pada ketinggian 1,3 m);

Tinggi Kanopi = Rata-rata ketinggian dari lima pohon tertinggi per plot;

Tutupan Kanopi = Persentaseutupan kanopi total;

Tumb. Bawah = Persentaseutupan tumbuhan bawah dengan ketinggian <2 m.

Total keseluruhan untuk 11 plot: 255 pohon dengan rata-rata DBH 31,7 cm, tinggi kanopi rata-rata 24,4 m,utupan kanopi rata-rata 71,3%, danutupan tumbuhan bawah rata-rata 55,5%.

Tabel 3. Parameter Lingkungan pada 11 Plot Penelitian

Plot	Suhu (°C)	Kelembaban Udara (%)	Intensitas Cahaya (lux)	Kecepatan Angin (m/s)
I	24.5	82	1205	1.2
II	25.8	76	1450	1.8
III	23.2	85	980	0.9
IV	26.1	72	1820	2.3
V	22.8	88	850	0.7
VI	24.2	80	1100	1.4
VII	25.4	74	1380	1.9
VIII	26.3	71	1950	2.5
IX	23.9	83	1050	1.1
X	22.5	86	920	0.8
XI	24.8	79	1220	1.5

Pengukuran parameter lingkungan dilakukan secara bersamaan dengan survei lapangan dalam kondisi cuaca cerah hingga berawan menggunakan Termohigrometer digital (suhu dan kelembaban udara), Lux meter (intensitas cahaya), dan Anemometer (kecepatan angin). Hasil pengukuran menunjukkan bahwa intensitas cahaya terendah ditemukan pada plot denganutupan kanopi tertinggi, yaitu Plot II dan IV. Sebaliknya, suhu tertinggi tercatat pada Plot VIII yang memilikiutupan kanopi terendah serta vegetasi tumbuhan bawah yang minimal. Selain itu, tingkat kelembaban udara ditemukan lebih tinggi pada plot-plot yang memiliki vegetasi tumbuhan bawah lebih rapat.



Gambar 4. *Macaca fascicularis*
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2026)

Pengamatan langsung dan rekaman perangkat kamera mendokumentasikan kehadiran ketiga taksa mamalia sasaran di seluruh area penelitian. *Macaca fascicularis* tercatat di seluruh 11 plot, dengan frekuensi tertinggi di Plot I dan III. Rekaman pengamatan independen sebanyak enam *M. fascicularis* diperoleh. Pengamatan aktivitas mengindikasikan preferensi terhadap *strata mid-kanopi* (ketinggian 10-20 m), dengan individu-individu yang sering terlihat di area tajuk pohon berukuran besar (DBH 30-50 cm) dan melakukan perilaku mencari makan, grooming, dan beristirahat. Komposisi umur dan jenis kelamin mengindikasikan kehadiran kelompok sosial yang mapan.



Gambar 5. *Tupaia* sp.
(Sumber: <https://www.gbif.org/>, 2026)

Tupaia sp. (tupai) tercatat di 9 plot. *Tupaia* sp. hanya diamati di permukaan tanah dan pada vegetasi tumbuhan bawah yang rapat dengan tutupan lebih dari 60%. Tanda-tanda makan sangat melimpah di Plot II dan IV, mengindikasikan intensitas pemangsaan yang tinggi. Tidak seperti monyet ekor panjang, tupai bersifat soliter atau berpasangan, konsisten dengan perilaku teritorial yang diketahui. Aktivitas tupai terutama ditemukan pada pagi hari sebelum jam 09.00 dan menjelang sore setelah jam 15.00.



Gambar 6. *Muntiacus muntjak*
(Sumber: <https://www.gbif.org/>, 2026)

Muntiacus muntjak terdeteksi pada Plot V melalui camera trap pada area dengan tutupan tumbuhan bawah sekitar 35–40%. Temuan ini mengindikasikan kemungkinan pemanfaatan habitat dengan tutupan vegetasi menengah, namun interpretasi tersebut masih bersifat tentatif mengingat hanya diperoleh satu rekaman kamera. Vokalisasi panggilan (suara "gonggongan" yang khas) terdengar. Tidak seperti dua spesies lainnya, kijang bersifat krepuskular secara ketat (aktif saat senja menuju malam), dengan pengamatan minimal selama jam-jam tengah hari. Tanggapan kijang terhadap gangguan manusia tampak lebih sensitif dibandingkan kedua spesies lainnya.

Tabel 4. Frekuensi dan Tipe Kemunculan Tiga Taksa Mamalia

Plot	<i>M. fascicularis</i> (metode)	<i>Tupaia</i> sp. (metode)	<i>M. muntjak</i> (metode)	Tutupan tumb. bawah (%)
I	OL (n=2)	—	—	62
II	OL (n=1)	TM (banyak)	—	78
III	OL (n=2)	—	—	45
IV	—	TM (banyak)	—	76
V	OL (n=1)	—	CT (4 unit)	35
VI-XI	OL (n=1, gabungan)	TM (sedikit-sedang)	—	42–64

Keterangan:

OL = pengamatan langsung (observasi visual, n = jumlah individu/peristiwa teramati);

TM = tanda makan/jejak (bekas gigitan, serasah terbalik);

CT = camera trap.

Tanda “—” menunjukkan tidak ada catatan kemunculan pada plot tersebut.

Tabel 4 menggambarkan bahwa kemunculan *M. fascicularis* tersebar relatif merata di seluruh plot, tanda makan *Tupaia* sp. terkonsentrasi pada plot dengan tutupan tumbuhan bawah tinggi (Plot II dan IV, >75%), sedangkan *M. muntjak* hanya terdeteksi pada Plot V melalui kamera trap, sehingga generalisasi mengenai preferensi habitat spesies ini bersifat tentatif dan memerlukan konfirmasi lebih lanjut dengan upaya pengamatan yang lebih luas.



Canonical Correspondence Analysis data spesies mamalia terhadap variabel struktur habitat menunjukkan hubungan yang signifikan (uji *Monte Carlo*, $p = 0,014$). Sumbu CCA pertama (CCA1) menjelaskan 52,3% varians dalam hubungan spesies-habitat dan terutama dibebani pada variabel DBH pohon dan tinggi kanopi. Sumbu kedua (CCA2) menjelaskan 28,7% varians dan sangat berkaitan dengan tutupan vegetasi tumbuhan bawah (*standardized loading* = 0,89). Secara bersama-sama, dua sumbu pertama menjelaskan 81,0% varians kumulatif dalam asosiasi spesies-habitat.

Posisi spesies pada biplot CCA menunjukkan diferensiasi relung yang jelas. *Macaca fascicularis* menempati ujung positif sumbu CCA1 maupun CCA2, mengindikasikan asosiasi dengan plot yang mengandung pohon berdiameter lebih besar (*loading* CCA1 tinggi) dan tutupan tumbuhan bawah sedang (nilai CCA2 menengah). *Tupaia* sp. menempati nilai positif ekstrem pada CCA2, mencerminkan asosiasi kuat dengan vegetasi tumbuhan bawah sampai tinggi yang rapat dan pohon berdiameter kecil. *Muntiacus muntjak* menempati posisi menengah pada sumbu CCA2 dengan nilai CCA1 negatif, mengindikasikan asosiasi dengan kondisi hutan yang lebih terbuka dan pohon berdiameter kecil hingga menengah.

Perhitungan lebar relung (*indeks Levins terstandar*) mengkuantifikasi kisaran pemanfaatan sumber daya: *M. fascicularis* menunjukkan lebar relung sedang ($B = 0,62$), memanfaatkan habitat di berbagai ukuran pohon dan posisi kanopi. *Tupaia* sp. menunjukkan lebar relung sempit ($B = 0,38$), terkonsentrasi di mikrohabitat tumbuhan bawah sampai tinggi yang rapat, mencerminkan pemanfaatan sumber daya yang terspesialisasi. *M. muntjak* menunjukkan lebar relung menengah ($B = 0,54$), memanfaatkan zona lantai hutan dan vegetasi menengah. Indeks tumpang tindih relung berpasangan (Morisita yang disederhanakan) adalah: *M. fascicularis* vs. *Tupaia* sp., $C\lambda = 0,28$; *M. fascicularis* vs. *M. muntjak*, $C\lambda = 0,42$; *Tupaia* sp. vs. *M. muntjak*, $C\lambda = 0,31$. Nilai tumpang tindih $< 0,50$ ini mengindikasikan kompetisi sumber daya yang relatif rendah dan partisi relung yang substansial di antara ketiga taksa tersebut.

Analisis korelasi peringkat Spearman antara variabel lingkungan dan kemunculan spesies mengungkapkan: kemunculan *M. fascicularis* berkorelasi positif dengan rata-rata DBH plot ($\rho = 0,68$, $p = 0,21$) dan tinggi kanopi ($\rho = 0,72$, $p = 0,17$), meskipun korelasi tidak mencapai signifikansi pada tingkat $\alpha = 0,05$ karena ukuran sampel yang terbatas ($n = 11$ plot). Kemunculan *Tupaia* sp. menunjukkan korelasi positif yang kuat dengan tutupan tumbuhan bawah ($\rho = 0,84$, $p = 0,07$) dan korelasi negatif dengan rata-rata DBH pohon ($\rho = -0,73$, $p = 0,16$). Kemunculan *M. muntjak* berkaitan positif dengan tutupan tumbuhan bawah tingkat menengah ($\rho = 0,65$, $p = 0,24$) dan DBH pohon menengah ($\rho = 0,58$, $p = 0,31$). Karena seluruh nilai $p > 0,05$, korelasi-korelasi individual tersebut tidak signifikan secara statistik dan tidak dapat dijadikan dasar untuk menyimpulkan adanya hubungan. Meskipun demikian, arah korelasi yang konsisten di seluruh ketiga spesies memberikan indikasi awal yang patut diuji lebih lanjut mengenai kemungkinan hubungan antara struktur habitat dan distribusi spesies, dan tidak dimaksudkan sebagai bukti



statistik yang konklusif.

Pembahasan

Koeksistensi *Macaca fascicularis*, *Tupaia* sp., dan *Muntiacus muntjak* di Hutan Alas Pinggan secara dimungkinkan oleh partisi relung ekologi sepanjang berbagai dimensi lingkungan, khususnya stratifikasi vertikal dan struktur vegetasi tumbuhan bawah. Temuan ini mendukung teori ekologi klasik yang memprediksi bahwa spesies-spesies simpatri harus membagi sumber daya untuk meminimalkan persaingan interspesifik dan mempertahankan koeksistensi yang stabil (Schoener, 1974; Chase & Leibold, 2003). Hasil penelitian kami menunjukkan bahwa kompleksitas struktural habitat khususnya heterogenitas dalam distribusi diameter pohon, variasi tinggi kanopi, dan kerapatan tumbuhan bawah menciptakan berbagai mikrohabitat yang mengakomodasi spesies dengan ukuran tubuh, karakteristik mobilitas, dan kebutuhan sumber daya yang berbeda. Perlu ditegaskan bahwa interpretasi berikut mengenai pola preferensi mikrohabitat masing-masing spesies didasarkan pada hasil Canonical Correspondence Analysis yang signifikan secara statistik ($p = 0,014$), sedangkan hasil korelasi peringkat Spearman pada level spesies individual tidak mencapai signifikansi ($p > 0,05$) sehingga diperlakukan sebagai indikasi awal yang masih memerlukan konfirmasi, bukan sebagai bukti hubungan kausal atau korelatif yang konklusif.

Preferensi *M. fascicularis* terhadap strata mid-kanopi dan pohon berdiameter besar mencerminkan adaptasi morfologis dan perilaku yang memungkinkan eksploitasi sumber daya di kawasan hutan bagian atas. Monyet ekor panjang adalah primata berukuran sedang (berat badan 4-8 kg) dengan kemampuan berayun dan memanjat yang sesuai untuk lokomotor berayun di pohon-pohon berukuran sedang. Pohon berdiameter besar (DBH 30-50 cm) menyediakan arsitektur cabang yang kokoh untuk menopang berat badan saat mencari makan dan bergerak, sementara posisi di mid-kanopi (10-20 m) memberikan akses terhadap buah, pucuk, dan mangsa artropoda yang tidak tersedia di lapisan vegetasi bawah. Posisi vertikal ini juga memberikan perlindungan dari predator terestrial dan pemisahan spasial dari spesies yang bersaing. Preferensi habitat serupa terhadap pohon besar dan posisi kanopi yang tinggi telah didokumentasikan pada populasi monyet ekor panjang di seluruh Asia Tenggara (Crockett & Wilson, 1980).

Pemanfaatan *Tupaia* sp. terhadap mikrohabitat tumbuhan bawah sampai tinggi yang rapat (ketinggian <2 m, tutupan $>60\%$) mencerminkan morfologi dan ekologi mamalia insektivora kecil ini (berat badan 150-250 g). Vegetasi tumbuhan bawah yang rapat memberikan perlindungan dari predator udara dan terestrial sekaligus memungkinkan pergerakan cepat melalui labirin tiga dimensi vegetasi. Ukuran tubuh yang kecil memungkinkan aktivitas mencari makan dalam lapisan semak bercabang halus dan pada tanaman herba rendah di mana mamalia yang lebih besar tidak dapat beroperasi secara efisien.



Preferensi terhadap area dengan kerapatan pohon berdiameter besar yang rendah (DBH >50 cm) mengindikasikan bahwa *Tupaia* sp. menghindari naungan lebat yang dihasilkan oleh pohon besar, lebih menyukai lapisan semak yang terekspos cahaya. Kerapatan tanda makan yang tinggi (serasah yang terbalik, gangguan tanah) pada plot dengan tumbuhan bawah tebal mengonfirmasi bahwa aktivitas mencari makan intensif untuk invertebrata terjadi di mikrohabitat ini. Pemisahan ekologis dari monyet ekor panjang yang arboreal ini menunjukkan prinsip partisi sumber daya sepanjang gradien vertikal mekanisme fundamental yang memungkinkan keanekaragaman mamalia di lingkungan hutan yang kompleks (MacArthur & Levins, 1964).

Penghunian *Muntiacus muntjak* di zona lantai hutan dan transisi permukaan tanah (ketinggian 0-1,5 m) dengan tutupan tumbuhan bawah menengah (40-60%) mencerminkan gaya hidup herbivora terestrial kijang. Ukuran tubuh yang kecil (10-16 kg) memungkinkan pergerakan efisien melalui vegetasi, sementara fisiologi fermentasi hindgut dan perilaku penggembalaan/penelusuran selektif memungkinkan pemanfaatan tanaman herba dan buah-buahan yang jatuh yang tidak dapat diproses secara efisien oleh taksa lain. Preferensi terhadap tumbuhan bawah dengan kerapatan menengah bukan vegetasi yang sangat rapat mengindikasikan optimalisasi antara kebutuhan perlindungan dan efisiensi pergerakan. Pola aktivitas krepuskular yang ketat (senja hingga malam) merepresentasikan partisi temporal yang melengkapi pemisahan relung spasial, meminimalkan tumpang tindih aktivitas dengan monyet ekor panjang (terutama diurnal) dan tupai (aktif sepanjang hari). Dimensi temporal partisi relung ini telah mendapat perhatian penelitian yang terbatas namun tampak sangat penting bagi koeksistensi multispecies (Kronfeld-Schor & Dayan, 2003).

Nilai tumpang tindih relung berpasangan yang rendah ($C\lambda < 0,50$) mengindikasikan partisi sumber daya yang kuat di antara ketiga taksa tersebut, menunjukkan persaingan interspesifik yang minimal. Pola ini sejalan dengan prediksi Pianka (2011) bahwa koeksistensi stabil spesies yang bersaing memerlukan tumpang tindih relung di bawah ambang batas kritis (biasanya 0,50-0,60). Gradien nilai lebar relung (*Tupaia* sp. tersempit pada 0,38, *M. muntjak* menengah pada 0,54, *M. fascicularis* terlebar pada 0,62) mengindikasikan spesialisasi sumber daya yang berbeda. Lebar relung sempit *Tupaia* sp. (0,38) mencerminkan ketergantungan yang terspesialisasi pada habitat tumbuhan bawah yang rapat, yang berpotensi membuat populasi rentan terhadap degradasi hutan yang mengurangi kompleksitas tumbuhan bawah. Sebaliknya, pemanfaatan relung yang lebih luas oleh *M. fascicularis* (0,62) memberikan fleksibilitas ekologis yang lebih besar, memungkinkan adaptasi terhadap gangguan habitat karakteristik yang konsisten dengan kemampuan adaptasi spesies ini yang terdokumentasi terhadap hutan sekunder dan lansekap yang termodifikasi manusia.

Asosiasi yang signifikan antara distribusi spesies dan variabel struktural habitat yang terungkap melalui CCA ($p = 0,014$) memberikan bukti kuantitatif bahwa gradien lingkungan, bukan faktor acak, yang mengstrukturkan komposisi komunitas mamalia.



Beban (loading) yang kuat dari tutupan tumbuhan bawah pada CCA2 secara khusus menyoroti pentingnya variabel ini dalam mendefinisikan relung ekologi temuan yang relevan secara langsung untuk konservasi mengingat kerapatan tumbuhan bawah sering berubah akibat penebangan kayu, penebangan selektif, dan perambahan ternak domestik, yang berpotensi mengeliminasi spesies yang terspesialisasi seperti *Tupaia* sp. (Broadbent *et al.*, 2008). Peran kritis tumbuhan bawah ini sejalan dengan temuan terbaru yang menunjukkan bahwa kompleksitas vertikal hutan merupakan prediktor kuat keanekaragaman mamalia (Camargo *et al.*, 2018).

Temuan-temuan ini memiliki implikasi penting bagi konservasi dan pengelolaan hutan tropis. Pemeliharaan keanekaragaman mamalia memerlukan pelestarian kompleksitas struktural di berbagai dimensi hutan. Hutan yang disederhanakan, yang didominasi oleh ukuran pohon yang seragam, tanpa tumbuhan bawah, atau tanpa diskontinuitas kanopi, tidak dapat mendukung relung ekologi yang diperlukan untuk kumpulan mamalia yang beragam.

Strategi pengelolaan harus memprioritaskan pemeliharaan atau pemulihan: (1) distribusi diameter pohon yang heterogen, mencakup batang berdiameter kecil maupun besar; (2) tutupan dan kerapatan vegetasi tumbuhan bawah yang kontinu; (3) diskontinuitas kanopi vertikal yang menciptakan rezim cahaya dan lapisan vegetasi yang berbeda-beda. Sistem pemanenan selektif yang mempertahankan struktur hutan kemungkinan mendukung keanekaragaman mamalia yang lebih tinggi dibandingkan perkebunan monokultur seumur atau sistem clear-cut (Wall *et al.*, 2021). Selain itu, peran kritis tumbuhan bawah yang rapat dalam mendukung spesies yang terspesialisasi mengindikasikan bahwa pengecualian ternak dan perlindungan dari gangguan berlebihan merupakan prioritas konservasi yang esensial.

Simpulan dan Saran

Simpulan

Penelitian ini menunjukkan bahwa koeksistensi *Macaca fascicularis*, *Tupaia* sp., dan *Muntiacus muntjak* di Hutan Alas Pinggan terjadi melalui mekanisme partisi relung ekologi berdasarkan perbedaan struktur habitat, khususnya dimensi pohon, stratifikasi vertikal hutan, dan tutupan vegetasi tumbuhan bawah. *Macaca fascicularis* cenderung memanfaatkan strata mid-kanopi dengan pohon berdiameter besar, *Tupaia* sp. lebih banyak ditemukan pada area dengan tumbuhan bawah rapat, sedangkan *Muntiacus muntjak* memanfaatkan lantai hutan dengan tutupan vegetasi menengah.

Hasil analisis *Canonical Correspondence Analysis* (CCA) menunjukkan bahwa variabel struktur habitat memiliki hubungan yang signifikan terhadap distribusi ketiga spesies mamalia ($p = 0,014$). Nilai lebar relung dan rendahnya tumpang tindih relung ($C\lambda < 0,50$) mengindikasikan bahwa ketiga spesies mampu meminimalkan kompetisi melalui pemanfaatan sumber daya dan ruang yang berbeda. Dengan demikian, hipotesis penelitian yang menyatakan bahwa setiap spesies memiliki preferensi mikrohabitat yang



berbeda dapat diterima.

Penelitian ini menegaskan bahwa kompleksitas struktur hutan tropis berperan penting dalam mendukung keberlangsungan dan keanekaragaman mamalia. Oleh karena itu, upaya konservasi perlu diarahkan pada pemeliharaan heterogenitas struktur vegetasi, termasuk keberadaan pohon berdiameter besar, variasi tinggi kanopi, dan kelestarian tumbuhan bawah. Penelitian selanjutnya disarankan untuk mengkaji partisi relung berdasarkan aspek temporal, pola pakan, serta memperluas cakupan pengamatan dengan durasi penelitian yang lebih panjang dan jumlah plot yang lebih banyak agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai dinamika komunitas mamalia di hutan tropis.

Saran

Berdasarkan keterbatasan dalam penelitian ini, disarankan bagi penelitian selanjutnya untuk memperpanjang durasi pengamatan dan meningkatkan jumlah plot sampel guna menangkap variasi musiman dalam pola aktivitas serta distribusi ketiga spesies mamalia secara lebih akurat. Selain itu, *effort* kamera trap perlu ditingkatkan hingga mencakup seluruh plot penelitian dengan durasi yang lebih lama demi mengoptimalkan deteksi spesies, khususnya mamalia krepuskular seperti *Muntiacus muntjak*. Terakhir, penelitian masa depan hendaknya mengumpulkan data yang lebih komprehensif untuk mengonfirmasi indikasi awal mengenai partisi relung ini, sehingga hubungan statistik antara variabel struktur habitat dan distribusi spesies dapat mencapai taraf signifikansi yang valid ($p > 0,05$).

Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Program Studi Pendidikan Biologi, Fakultas Ilmu dan Pengetahuan, Universitas Nahdlatul Ulama Pasuruan atas dukungan akademik dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian. Ucapan terima kasih juga disampaikan kepada seluruh tim penelitian dan pihak pengelola Hutan Alas Pinggan yang telah membantu proses pengambilan data di lapangan. Selain itu, penulis menghaturkan apresiasi kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, arahan, dan kontribusi dalam penyusunan penelitian ini sehingga dapat terselesaikan dengan baik.

Daftar Rujukan

- Begon, M., Harper, J. L., & Townsend, C. R. (2006). *Ecology: From individuals to ecosystems* (4th ed.). Blackwell Publishing.
- Broadbent, E. N., Zambrano, A. M. A., Asner, G. P., Soriano, M., Pitman, R. C. A., & Knapp, D. E. (2008). Forest fragmentation and edge effects from deforestation and selective logging in the Peruvian Amazon. *Biological Conservation*, 141(7), 1745–1757.
- Burgman, M. A., Keith, D. A., Nicholson, E., Smyth, A., & Regan, H. M. (2022). Leveraging ecological monitoring to support biodiversity conservation. *Trends in Ecology & Evolution*, 37(8), 684–696.



- Camargo, N. F., Sano, N. Y., & Vieira, E. M. (2018). Forest vertical complexity affects alpha and beta diversity of small mammals. *Journal of Mammalogy*, 99(6), 1444–1454.
- Chase, J. M., & Leibold, M. A. (2003). *Ecological niches: Linking classical and contemporary approaches*. University of Chicago Press.
- Crockett, C. M., & Wilson, W. L. (1980). The ecological separation of *Macaca nemestrina* and *Macaca fascicularis* in Sumatra. In D. G. Lindburg (Ed.), *The macaques: Studies in ecology, behavior, and evolution* (pp. 148–181). Van Nostrand Reinhold.
- Dirzo, R., & Raven, P. H. (2003). Global state of biodiversity and loss. *Annual Review of Environment and Resources*, 28, 137–167.
- Fooden, J. (1995). *Systematic review of Southeast Asian long-tailed macaques, Macaca fascicularis (Raffles, 1821)*. *Fieldiana: Zoology, (New Series)*, 81, 1–206.
- Francis, C. M. (2019). *Field guide to the mammals of South-East Asia* (2nd ed.). Bloomsbury Wildlife.
- Ganzhorn, J. U., Goodman, S. M., & Dehgan, A. (2003). Effects of forest fragmentation on small mammals and lemurs. In S. M. Goodman & J. P. Benstead (Eds.), *The natural history of Madagascar* (pp. 1228–1234). University of Chicago Press.
- Hansen, M. F., Ellegaard, S., Moeller, M. M., van Beest, F. M., Fuentes, A., Nawangsari, V. A., Groendahl, C., Frederiksen, M. L., Stelvig, M., Schmidt, N. M., Traeholt, C., & Dabelsteen, T. (2020). Comparative home range size and habitat selection in provisioned and non-provisioned long-tailed macaques (*Macaca fascicularis*) in Baluran National Park, East Java, Indonesia. *Contributions to Zoology*, 89(4), 393–411.
- Hutchinson, G. E. (1957). Concluding remarks. *Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology*, 22, 415–427.
- Kronfeld-Schor, N., & Dayan, T. (2003). Partitioning of time as an ecological resource. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 34, 153–181.
- MacArthur, R. H., & Levins, R. (1964). Competition, habitat selection, and character displacement in a patchy environment. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 51(6), 1207–1210. <https://doi.org/10.1073/pnas.51.6.1207>
- MacArthur, R. H., & MacArthur, J. W. (1961). On bird species diversity. *Ecology*, 42(3), 594–598.
- Megantara, E. N., Shanida, S. S., Husodo, T., Febrianto, P., Pujianto, M. P., & Hendrawan, R. (2019). Habitat of mammals in West Java, Indonesia. *Biodiversitas*, 20(11), 3380–3390.
- Mori, A. S., Isbell, F., Fujii, S., Makoto, K., Matsuoka, S., & Osono, T. (2023). Biodiversity and ecosystem functioning in naturally assembled communities. *Nature Ecology & Evolution*, 7(4), 547–556.
- Moura, M. R., Villalobos, F., Costa, G. C., Garcia, P. C. A., & Jetz, W. (2021). Disentangling the role of climate, topography and vegetation in species coexistence. *Global Ecology and Biogeography*, 30(4), 823–836.
- Nowak, R. M. (1999). *Walker's mammals of the world* (6th ed.). Johns Hopkins University Press.
- Perry, D. R. (1978). A method of access into the upper branches of emergent and canopy trees. *Biotropica*, 10(2), 155–157. <https://doi.org/10.2307/2388019>



- Pianka, E. R. (2011). *Evolutionary ecology* (7th ed.). Benjamin Cummings.
- R Core Team. (2023). *R: A language and environment for statistical computing*. R Foundation for Statistical Computing.
- Schoener, T. W. (1974). Resource partitioning in ecological communities. *Science*, 185(4145), 27–39.
- Shannon, C. E., & Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Struebig, M. J., Linkie, M., Deere, N. J., Martyr, D. J., Millyanawati, B., Faulkner, S. C., & Meijaard, E. (2023). Conserving large-scale wilderness to safeguard the evolutionary processes generating Southeast Asia's biodiversity. *Nature Communications*, 14(1), Article 3340.
- ter Braak, C. J. F. (1986). Canonical correspondence analysis: A new eigenvector technique for multivariate direct gradient analysis. *Ecology*, 67(5), 1167–1179.
- Wall, J. L., Loken, B., & Brodie, J. F. (2021). Reconciling resource extraction and species conservation in a multi-use landscape: Immediate and long-term impacts of logging on rainforest mammal diversity. *Global Ecology and Conservation*, 28, e01642.
- Whitten, T., Soeriaatmadja, R. E., & Afiff, S. A. (1996). *The ecology of Java and Bali* (Vol. 2). Periplus Editions.