

Keanekaragaman Semut (*Hymenoptera: Formicidae*) pada Beberapa Ketinggian di Taman Nasional Gunung Halimun Salak (*Diversity of Ants (Hymenoptera: Formicidae) at Different Altitudes in Gunung Halimun Salak National Park*)

Ewi Irfani^{1*}, Noor Farikhah Haneda²

¹Jurusan Kehutanan, Fakultas Pertanian, Universitas Riau, Pekanbaru. 28293

²Departemen Silvikultur, Fakultas Kehutanan dan Lingkungan, IPB University, Bogor, 16680

*Email : ewi.irfani@lecturer.unri.ac.id

Abstract

Article History:

Received: 26 Mar, 2025

Accepted: 26 May, 2025

Published: 29 Jun, 2025

Keywords:

Altitudes, ants,
diversity, TNGHS,
relationship of ants
with the environment

The vegetation and wildlife of Gunung Halimun Salak National Park (GHSNP) are quite diverse. Ants (family: Formicidae) are among the diversity's less studied components. The hilly terrain of Gunung Halimun Salak National Park has not seen considerable alteration. One of the more fascinating aspects of studying wildlife is insects, particularly ants. Research on ants in the mountains at different elevations has been scarce up to this point. The purpose of this study is to examine the ant community at seven different elevations in terms of abundance, variety, and community similarity and to determine how ant diversity and environmental factors relate to one another. The soil arthropods were collected using pitfall traps, placed in several altitudes, i.e., 500 m, 700 m, 900 m, 1100 m, 1300 m, 1500 m, and 1700 m. Overall, 1536 ants were measured for abundance throughout all high-altitude habitats. At 700 m, the greatest number of arthropods (365 individuals) was found. There were just 85 ants at the maximum elevation of 1700 meters, which was the lowest ant abundance. The dominant morphospecies of the order Hymenoptera/ants (Formicidae) were *Pheidole* sp. and *Polyarchis* sp.

Pendahuluan

Taman Nasional Gunung Halimun Salak (TNGHS) merupakan salah satu Taman Nasional yang memiliki variasi ketinggian dan ekosistem hutan hujan tropis pegunungan (Istomo *et al.*, 2024). Kawasan ini memiliki keanekaragaman hayati flora dan fauna yang luar biasa. Fauna yang luar biasa ini membutuhkan pengelolaan yang memadai untuk penyelamatan dan pengelolaan. Untuk mendukung pengelolaan TNGHS, perlindungan dan penelitian harus ditekankan.

Sangat sedikit spesies serangga yang dapat digunakan sebagai indikator biologi untuk mengukur perubahan ekosistem, tetapi serangga adalah salah satu keanekaragaman fauna yang dimiliki TNGHS. Serangga merupakan makhluk hidup yang banyak ditemukan dan beragam jenisnya di seluruh dunia, dan banyak dari keberagamannya yang belum terdeskripsikan secara jelas terdapat sekitar 5,5 juta spesies serangga di dunia, namun hanya sekitar 1 juta spesies yang telah

dideskripsikan secara ilmiah. Hal ini menunjukkan bahwa sekitar 80% spesies serangga masih belum terdeskripsikan (Stork 2018). Karena populasinya yang besar dan stabil sepanjang musim, semut adalah salah satu koloni serangga paling penting di ekosistem. Komunitas semut sangat responsif terhadap gangguan lingkungan seperti deforestasi dan konversi hutan menjadi lahan pertanian. Perubahan dalam keanekaragaman dan komposisi spesies semut mencerminkan tingkat gangguan habitat dan dapat digunakan untuk memantau perubahan ekosistem (Ortega *et al.*, 2018). Andersen (2019) menyoroti bahwa komunitas semut sangat responsif terhadap gangguan lingkungan seperti deforestasi dan konversi hutan menjadi lahan pertanian. Perubahan dalam keanekaragaman dan komposisi spesies semut mencerminkan tingkat gangguan habitat dan dapat digunakan untuk memantau perubahan ekosistem. Menurut pendapat lain dari Zina *et al.*, (2021), semut memiliki korelasi yang kuat dengan berbagai variabel ekosistem,

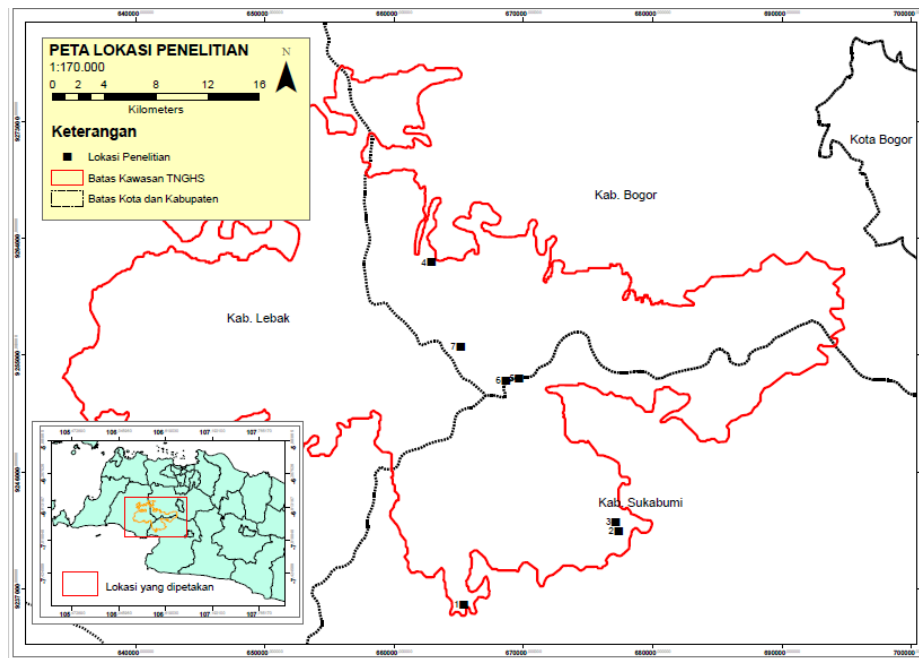
seperti vegetasi, iklim mikro, tanah, dan fauna tanah lainnya. Oleh karena itu, semut sangat peka terhadap perubahan lingkungan. Oleh karena itu, semut dapat digunakan untuk menilai kondisi ekosistem hutan untuk mencapai kesehatan hutan.

Faktor lingkungan abiotik dan biotik mempengaruhi keberadaan semut tanah. Faktor abiotik termasuk sifat fisik kimia tanah, suhu, temperatur, dan intensitas cahaya, sedangkan faktor biotik termasuk komposisi vegetasi dan mikroflora. Suhu dapat memengaruhi orientasi serangga dalam mencari makanan serta memicu perubahan fisiologis untuk menghadapi kondisi iklim yang berubah, terutama mempengaruhi orientasi serangga saat mencari makanan, dan mengubah fisiologi serangga untuk memperkirakan kondisi iklim (Chown, 2004). Hasil penelitian Zhang *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa ketinggian gradien ketinggian secara

signifikan memengaruhi komposisi dan pola distribusi komunitas serangga. Analisis menunjukkan bahwa suhu tanah adalah faktor lingkungan yang paling signifikan yang memengaruhi struktur dan keanekaragaman komunitas serangga di sepanjang gradien ketinggian. Secara keseluruhan, informasi ini sangat penting untuk mengetahui bagaimana semut tanah tersebar di setiap ketinggian tempat.

Bahan Dan Metode

Studi ini dilakukan di tujuh lokasi dengan ketinggian yang berbeda di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. Tujuh lokasi tersebut adalah Resort Gunung Koneng (500 mdpl), Resort Cimantaja (700-900 mdpl), Resort Gunung Kencana (1100 mdpl), dan Resort Cikaniki (1300-1700 mdpl). Lokasi penelitian dapat dilihat pada Gambar 1.

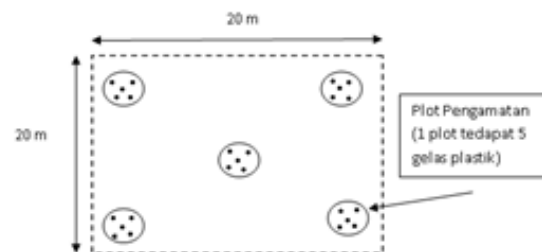


Gambar 1. Area penelitian di tujuh ketinggian.

Cara Kerja (Prosedur)

Penentuan plot pengamatan

Satu plot pengamatan berukuran dua puluh meter x dua puluh meter dibuat di salah satu habitat ketinggian. Plot ini terdiri dari lima subplot, dengan lima gelas plastik dipasang di masing-masing subplot, sehingga total 25 gelas plastik dipasang di satu plot. Pengambilan sampel semut dilakukan melalui pitfall trap.



Gambar 2. Pemasangan perangkat dalam petak 20 m x 20 m

Pengambilan sampel semut

Alat pitfall yang digunakan memiliki diameter 6,5 cm di atas, 4,5 cm di dasar, dan 10 cm tinggi. Sampel semut dikumpulkan selama tiga hari. Sampel dikumpulkan dalam saringan dan dimasukkan ke dalam kantong plastik setengah kilogram dengan alkohol 95 persen. Untuk memastikan bahwa alkohol tidak menguap, kantong plastik kemudian dimasukkan kembali ke dalamnya untuk mencegah kebocoran dan dibawa ke laboratorium untuk di analisis.

Pengukuran Faktor Lingkungan

Data habitat termasuk jenis dan jumlah semai tumbuhan bawah, pancang, tiang, dan pohon. Suhu udara, kelembaban, suhu tanah, ketebalan serasah, intensitas cahaya, dan sifat kimia tanah juga dikumpulkan. Menggantungkan thermohygrometer untuk mengambil data suhu udara dan kelembaban, kemudian membaca angka setelah mencapai nilai konstan. Untuk mengambil data suhu tanah, masukkan termometer ke tanah kurang lebih 10 cm, dan kemudian baca nilai konstan. Pada pagi hari (pukul 07.30 WIB), siang (pukul 12.30 WIB), dan sore hari (pukul 17.30 WIB), suhu udara, kelembaban, dan suhu tanah diamati tiga kali. Menggunakan bantuan penggaris, untuk dapat mengetahui ketebalan serasah. Nilai ini diperoleh dari pengukuran rata-rata pada tiga titik dalam satu plot. Mengikuti empat arah mata angin (utara, selatan, barat, dan timur) pada plot untuk mengumpulkan data intensitas cahaya menggunakan lux meter. Untuk analisis sifat kimia tanah, contoh komposit tanah sebanyak 500 gram diambil dari setiap plot di atas tanah. Contoh tanah dimasukkan ke dalam plastik yang diberi label sesuai dengan petak pengamatan.

Analisis Data

1. Indeks Keanekaragaman Spesies (H')

Shannon-Wiener Index digunakan untuk menghitung indeks keanekaragaman spesies. (Ludwig & Reynold 1988), yaitu:

$$H' = \sum P_i \ln P_i \text{ dengan } P_i = n_i / N$$

Keterangan :

- n_i : jumlah individu jenis ke- i
- N : jumlah individu seluruh jenis
- P_i : kelimpahan relatif masing-masing spesies

2. Indeks Kekayaan Jenis (DMg)

Indeks kekayaan jenis digunakan untuk menghitung keanekaragaman jenis suatu ekosistem

berdasarkan jumlah jenis yang ada di sana. (Margalef 2004):

$$DMg = (S-1) / \ln N$$

Keterangan:

- DMg : Indeks Kekayaan jenis Margalef
- S : Jumlah jenis yang ditemukan
- N : Jumlah individu seluruh jenis Indeks dominansi

3. Indeks Kemerataan Spesies (E)

Indeks kemerataan spesies dapat digunakan untuk menentukan seberapa dekat kelimpahan individu setiap spesies dengan yang lain. (Magurran 2004), yaitu:

$$E = H' / \ln(S)$$

Keterangan :

- E : indeks kemerataan
- H' : keanekaragaman jenis/spesies
- $\ln$: logaritma natural
- S : jumlah jenis

4. Indeks Kesamaan Komunitas (Kusmana *et al.*, 2022)

$$C_N = 2jN / N_a + N_b$$

Keterangan :

- C_N : Indeks kemiripan Bray-Curtis
- jN : Jumlah terendah individu yang ditemukan pada dua lokasi
- N_a : Jumlah total individu pada ketinggian A
- N_b : Jumlah total individu pada ketinggian B

5. Pengukuran Faktor Lingkungan

Pengukuran faktor lingkungan dilakukan dengan mengambil data pengamatan terhadap suhu udara, kelembaban, suhu tanah, ketebalan serasah, kerapatan vegetasi, C-organik, dan N-total.

Hasil dan Pembahasan

Komposisi Jenis Semut

Hasil identifikasi menunjukkan bahwa secara keseluruhan ditemukan 1536 individu semut dari 26 genus, dengan yang paling banyak ditemukan pada ketinggian 500 mdpl. Genus semut *Pheidole*, dengan 311 individu, adalah genus yang paling banyak ditemukan pada ketinggian 500 mdpl, dengan 203 individu, dan jumlah individu genus *Pheidole* meningkat seiring dengan ketinggian, menunjukkan tren yang jelas untuk jenis ini di seluruh garis bawah. Berdasarkan penelitian Ruslan *et.al* (2023) dalam penelitian yang dilakukan di kawasan Hutan Kota Arboretum Cibubur, Jakarta Timur, ditemukan bahwa spesies *Pheidole parva* memiliki jumlah

individu yang tinggi di kedua jenis habitat yang diteliti. Spesies ini berukuran kecil dan umumnya ditemukan di tanah dan serasah, yang merupakan ciri khas habitat dataran rendah. Menurut Casadei (2021) genus *Pheidole* adalah memiliki distribusi kosmopolitan, ditemukan di berbagai wilayah di seluruh dunia, dan merupakan salah satu genus semut yang paling beragam secara ekologis. Sarang mereka biasanya terletak pada kayu-kayu yang sudah lapuk di lantai hutan, menunjukkan bahwa jenis *Pheidole* mendominasi ekosistem hutan hujan tropis. Ini mungkin karena lokasi pengambilan sampel dekat dengan sarang atau habitat jenis semut ini. Genus ini memiliki jumlah spesies di dunia sebesar 893 spesies. Jenis dominan yang dijumpai pada ketinggian bawah (500 mdpl) dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Jenis dominan dijumpai *Pheidole* pada ketinggian bawah (500 mdpl)

Sarnat *et al.*, (2015) menyatakan bahwa genus *Pheidole* adalah salah satu yang paling beragam dan dominan secara ekologis di ekosistem tropis dan subtropis di seluruh dunia. Menurut Pinter (2023) spesies semut yang hidup di lingkungan dingin cenderung membangun sarang yang lebih dalam untuk menghindari suhu permukaan yang rendah, yang dapat meningkatkan kelangsungan hidup dan

kelimpahan mereka. Jenis *Pachycondyla* dan *Myrmecina* adalah jenis semut yang dominan pada ketinggian 1100–1700 mdpl. Jenis yang dominan di ketinggian atas (1100 hingga 1700 mdpl) dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Jenis dominan dijumpai *Myrmecina* pada ketinggian bawah (1300 - 1700 mdpl)

Menurut Uno *et al.*, (2010), *Myrmecina* ditemukan di berbagai habitat dengan variasi suhu dan kelembaban, menunjukkan toleransi terhadap kondisi lingkungan yang berbeda. *Myrmecina* ada di kayu mati dan di bawah bebatuan serta di tanah.

Keragaman, Kekayaan, dan Kemerataan Semut

Indeks keragaman atau keragaman (H'), indeks kekayaan atau kekayaan (DMg), dan indeks kemerataan atau keseimbangan (E) adalah semua indikator keanekaragaman yang diamati dalam penelitian ini. Nilai indeks keanekaragaman untuk setiap ekosistem disajikan dalam **Tabel 1**. Pengamatan parameter tersebut sesuai dengan pernyataan Silvia *et al.*, (2022) yang menyatakan bahwa keanekaragaman spesies adalah mencerminkan kompleksitas interaksi dalam ekosistem dan pentingnya dalam menjaga keseimbangan lingkungan dan ciri komunitas yang penting, yang dibahas secara mendalam tentang konsep dan aplikasinya di lapangan.

Tabel 1. Biodiversitas semut pada tujuh ketinggian yang berbeda

Ketinggian (mdpl)	Σ morfospesies (S)	H'	DMg	E
500	16	1,74	3,03	0,47
700	13	2,00	2,56	0,54
900	22	2,97	5,16	0,80
1100	23	2,83	5,05	0,76
1300	21	2,84	5,05	0,77
1500	22	2,43	4,69	0,79
1700	9	2,03	2,83	0,55

Keterangan: H' = Indeks keragaman, DMg = Indeks kekayaan, E = indeks kemerataan

Keanekaragaman didefinisikan sebagai kombinasi dari jumlah spesies yang ada di suatu ekosistem, kekayaan spesies, dan jumlah cacah individu pada masing-masing spesies atau pemerataan. Pernyataan ini diperkuat oleh hasil penelitian Amrullah *et al.*, (2023) yang menyatakan bahwa indeks keanekaragaman, pemerataan, dan kekayaan spesies serangga tanah di berbagai habitat di Kota Kefamenanu, Nusa Tenggara Timur, saling berkaitan dan digunakan untuk menilai kondisi ekosistem.

Hasil perhitungan keanekaragaman semut di lokasi penelitian menunjukkan bahwa nilai keanekaragaman semut pada dataran rendah lebih rendah daripada pada dataran tinggi. Pada ketinggian 900, 1100, dan 1300 mdpl, daerah subpegunungan memiliki keanekaragaman dan kekayaan jenis semut yang sangat tinggi. Jumlah C organik tanah dan N yang tinggi mendukung

keanekaragaman semut pada ketinggian 900 mdpl. Selain itu, karena serasah merupakan sumber makanan semut di tanah, ketebalan serasah yang tinggi diduga menjadi faktor tingginya semut tanah. Hasil tersebut sesuai dengan pernyataan Odum (1998) yang menyatakan bahwa keanekaragaman dan kestabilan ekosistem identik, artinya kondisi ekosistem cenderung stabil jika keanekaragamannya tinggi.

Indeks Kesamaan Komunitas

Indeks kesamaan komunitas semut tertinggi berada antara ketinggian 500 dan 700 mdpl (IS=86%) serta antara ketinggian 900 dan 1500 mdpl (IS=84%), sedangkan indeks kesamaan komunitas semut yang terkecil berada antara ketinggian 900 dan 1700 mdpl (IS=52%) serta antara ketinggian 500 dan 1700 mdpl (IS=56%). Nilai kesamaan komunitas antar ketinggian disajikan pada **Tabel 2**.

Tabel 2. Kesamaan komunitas semut pada tujuh ketinggian

Mdpl	500	700	900	1100	1300	1500	1700
500	1						
700	0,86	1					
900	0,74	0,78	1				
1100	0,62	0,61	0,84	1			
1300	0,76	0,74	0,79	0,73	1		
1500	0,74	0,72	0,82	0,71	0,82	1	
1700	0,56	0,61	0,52	0,62	0,69	0,58	1

Penelitian Nurhalisa *et al.*, (2024) menunjukkan bahwa indeks kesamaan antara Stasiun II dan III mencapai 71,46%, yang mengindikasikan bahwa komposisi jenis gastropoda antara kedua stasiun tersebut hampir sama. Hal ini menunjukkan bahwa nilai IS yang tinggi mencerminkan kesamaan komposisi spesies yang lebih besar. Dari keseluruhan jenis yang ditemukan di dua lokasi penelitian yang dibandingkan beberapa diantaranya hanya dapat ditemukan di ketinggian 700 mdpl. Indeks kesamaan rendah pada ketinggian 500 dan 1700 mdpl rendah hal ini diduga karena kondisi hutan pada ketinggian 500 mdpl dan 1700 mdpl sudah jauh berbeda dari segi kondisi lingkungan sehingga memengaruhi komposisi jenis semut yang dijumpai saat penelitian.

Pengaruh Karakteristik Lingkungan Terhadap Keberadaan Semut

Setiap spesies semut mengadaptasi dengan cepat terhadap perubahan lingkungannya.

Perubahan iklim mikro dapat secara signifikan mengubah struktur komunitas semut, dengan spesies yang lebih kecil dan kurang predator menjadi lebih dominan (Warren *et al.*, 2022). Oleh karena itu, perlu dilakukan pengamatan terhadap beberapa elemen fisik atau lingkungan yang dapat mempengaruhi keberadaan semut di setiap ekosistem. Menurut Andersen (2000) Beberapa faktor pembatas utama yang mempengaruhi keberadaan semut adalah suhu rendah, habitat yang tidak mendukung untuk pembuatan sarang, sumber makanan yang terbatas, dan area jelajah yang kurang mendukung. Keberadaan semut sangat terkait dengan kondisi habitatnya. Berdasarkan pertimbangan tersebut maka diambil pengamatan terhadap suhu udara, kelembaban, suhu tanah, ketebalan serasah, kerapatan vegetasi, C-organik, dan N-total. Hasil pengamatan faktor-faktor fisik atau lingkungan yang diamati di setiap ekosistem tersaji dalam **Tabel 3**.

Tabel 3. Perbandingan faktor lingkungan yang mempengaruhi diversitas semut pada tujuh ketinggian berbeda

mdpl	Suhu udara (°C)	RH (%)	Suhu tanah (°C)	Ketebalan Serasah (cm)	Intensitas Cahaya (lux)	C-org	H ₂ O	N _{tot}	Kerapatan Vegetasi (ind/ha)
500	25,30	73	22,00	7,80	1236	9,50	5,64	0,41	350
700	25,70	78	21,50	8,20	1038	10,40	4,44	0,49	600
900	25,00	80	21,00	8,00	1002	9,68	3,85	0,49	825
1100	23,30	93	20,00	7,90	532	9,13	3,65	0,60	1025
1300	20,10	87	20,00	3,80	600	9,00	3,84	1,30	1100
1500	20,00	84	19,00	4,70	450	7,53	3,85	1,35	1475
1700	18,50	97	17,00	5,70	901	8,61	3,61	0,64	250

Ketinggian 500 mdpl hingga 900 mdpl memiliki jumlah total individu paling banyak. Salah satu faktor yang mempengaruhi kondisi ini adalah suhu dan kelembaban. Karena titik ideal suhu dan kelembaban udara mikro dalam ekosistem pasti berbeda untuk setiap semut, faktor-faktor ini juga memengaruhi variasi dalam kehidupan semut. Data menunjukkan bahwa suhu tanah pada tiga ketinggian berkisar antara 21,0°C – 22,0°C sehingga semut masih banyak dijumpai, sedangkan suhu udara berkisar antara 25,0°C – 25,3°C. Menurut Riyanto (2017) untuk aktivitas semut, suhu antara 25 – 32°C adalah yang terbaik. Salah satu faktor yang sangat menentukan kehadiran dan kepadatan organisme di tanah adalah suhu tanah. Tingkat dekomposisi material organik tanah dipengaruhi oleh suhu tanah; kecepatan dekomposisi material tanah meningkatkan kesuburan vegetasi dan menarik serangga. Arthropoda menyukai suhu tanah yang tidak terlalu dingin, terutama fauna di permukaan tanah (epifauna), sehingga individu semut masih banyak ditemukan di setiap ekosistem.

Faktor berikutnya adalah ketebalan serasah. Menurut penelitian Zhang *et al.*, (2018) menunjukkan bahwa ketebalan serasah yang lebih tinggi meningkatkan akumulasi bahan organik tanah karena proses dekomposisi yang berlangsung lebih lama dan lebih intensif. Dengan mengingat bahwa

semut adalah arthropoda yang menghasilkan bahan organik, adanya serasah dapat berfungsi sebagai sumber makanan untuk semut dan menarik mereka untuk masuk. Selain itu, serasah yang lebih tebal dapat menciptakan lingkungan mikro yang cocok untuk semut.

Kesimpulan

Hasil identifikasi menunjukkan jumlah total individu semut paling banyak dijumpai pada ketinggian 500 mdpl. Jenis semut yang paling dominan di ketinggian bawah (500 mdpl) adalah jenis *Pheidole* dan pada ketinggian 1100 hingga 1700 mdpl jenis semut yang dominan ditemukan adalah jenis *Myrmecina*. Nilai keanekaragaman semut menunjukkan bahwa nilainya lebih rendah di dataran tinggi daripada di dataran rendah. Keanekaragaman dan kekayaan jenis Arthropoda terbilang tinggi pada zona sub pegunungan yaitu pada ketinggian 900, 1100, dan 1300 mdpl. Tingginya keanekaragaman semut pada ketinggian 500 sampai 900 mdpl didukung oleh factor lingkungan lainnya tingginya nilai C organik tanah dan N_{tot}. Saran untuk penelitian lanjutan adalah peneliti dapat melakukan uji peran semut dalam ekosistem, seperti predator hama, penyebar biji (*myrmecochory*), atau pengurai bahan organik.

Daftar Pustaka

- Andersen, A. N. (2019). Ants as indicators of ecosystem health in disturbed environments. *Ecological Indicators*, 101, 785–792. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2019.02.005>
- Andersen AN. (2000). Global ecology of rainforest ants: functional groups in relation to environmental stress and disturbance. Di dalam: Agosti D, Majer JD, Alonso LE, Schultz TR, editor. *Ants: Standard Methods for Measuring and Monitoring Biodiversity*. Volume 3. Amerika Serikat (US): Smithsonian Inst. hlm 25-34.
- Amrulloh, M., Ismail, R., & Leleng, A. (2023). Keanekaragaman serangga tanah pada berbagai habitat di Kota Kefamenanu, Nusa

- Tenggara Timur. *Indonesian Journal of Biodiversity and Biotechnology*, 7(3), 133–140.
<https://ijobb.esaunggul.ac.id/index.php/IJOBB/article/download/212/pdf>
- Casadei Ferreira, A. (2021). *Pheidole*. In C. K. Starr (Ed.), *Encyclopedia of Social Insects* (pp. 1–5). Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-28102-1_172
- Chown, S. L., & Nicolson, S. W. (2004). *Insect physiological ecology: Mechanisms and patterns*. Oxford University Press.
- Istomo, Permatasari A, Azizah U, 2024. Komposisi Jenis dan Struktur Tegakan Pada Berbagai Ketinggian di Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 15 (2): 115 – 122.
- Kusmana C, Istomo, Winata B, Hilwan I. 2022. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: IPB Press.
- Ludwig JA dan Reynolds JF. 1988. *Statistical Ecology*. Amerika Serikat (US): Wiley-Interscience.
- Magguran AE. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Oxford (UK): Blackwell
- Nurhalisa, N., Sumarni, S., & Salam, M. A. (2024). Indeks kesamaan jenis gastropoda di Kawasan Hutan Mangrove Desa Paropa, Kecamatan Soropia, Kabupaten Konawe. *Biokatalis: Jurnal Ilmiah Biologi*, 1(1), 16–25.
<https://jurnal.unusultra.ac.id/index.php/biokatalis/article/download/47/42>
- Odum E. P. 1998. *Dasar-dasar Ekologi Edisi Ketiga*. Diterjemahkan Oleh Ir. Tjahjono Samingan, M.Sc, FMIPA-Institut Pertanian Bogor. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Pinter-Wollman, N., Buhl, J., Fiore, V. G., & Gordon, D. M. (2023). Nest architecture and environmental conditions shape ant colony behavior and survival in cold habitats. *Journal of Insect Ecology*, 58(2), 145–160.
<https://qcb.ucla.edu/wp-content/uploads/sites/14/2023/10/pinter-wollman1.pdf>
- Riyanto. (2017). Kepadatan, pola distribusi dan peranan semut pada tanaman di sekitar lingkungan tempat tinggal. *Jurnal Penelitian Sains*, 10(2), 241–253.
- Rocha-Ortega, M., Arnan, X., Andersen, A. N., & Sanders, N. J. (2017). Using ants as indicators in ecological monitoring: A global meta-analysis. *Ecological Indicators*, 81, 405–414.
<https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.06.010>
- Ruslan, H., & Hadi, A. R. (2023). *Deskripsi semut pada habitat tertutup dan terbuka di kawasan hutan kota Arboretum Cibubur, Jakarta Timur*. Prosiding Seminar Nasional Biologi dan Pembelajarannya. Retrieved from
<https://www.researchgate.net/publication/374233642>
- Sari, S. P., Putri, A. R., & Kurniawan, R. (2022). *Keanekaragaman hayati*. Yayasan Kita Menulis.
<https://repo.unand.ac.id/47819/1/Buku%20Keanekaragaman%20Hayati%20Silvia%20Permata%20Sari%20et%20al.pdf>
- Sarnat, E. M., Fischer, G., Guénard, B., & Economo, E. P. (2015). Inordinate fondness multiplied and redistributed: The number of species in ant genera and their geographic range. *ZooKeys*, 543, 1–109.
<https://doi.org/10.3897/zookeys.543.6050>
- Stork, N. E. (2018). How many species of insects and other terrestrial arthropods are there on Earth? *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, 49, 381–404.
<https://doi.org/10.1146/annurev-ecolsys-110617-062405>
- Warren, R. J., Sanders, N. J., & Gotelli, N. J. (2022). Effects of local climate change on ant community structure in urban environments. *Functional Ecology*, 36(4), 857–867.
<https://doi.org/10.1111/1365-2435.13737>
- Zhang, Y., Zhang, J., Shi, Y., Chen, L., Xu, W., Wang, J., & Lu, M. (2023). Elevational patterns and environmental drivers of insect community composition in a temperate mountain forest. *Insects*, 14(3), 224.
<https://doi.org/10.3390/insects14030224>

- Zhang, X., Liu, Y., Wang, Y., & Chen, J. (2018). Influence of litter thickness on soil organic matter accumulation and decomposition in forest ecosystems. *Soil Biology and Biochemistry*, 124, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.05.019>
- Zina, V., Ordeix, M., Franco, J. C., Ferreira, M. T., & Fernandes, M. R. (2021). Ant-based multimetric index to assess ecological health in Mediterranean riparian zones. *Forests*, 12(5), 625. <https://doi.org/10.3390/f12050625>