



Research Articles

**Makrofauna Permukaan Tanah Di Bawah
Satuan Pohon Campuran Alpukat, Kakao, dan Kopi
Di Desa Senaru Lombok Utara**

***Soil Surface Macrofauna Under a Mixed Tree Unit of Avocado, Cocoa, and
Coffee in Senaru Village, North Lombok***

**Annisa Adinda Utami, Lolita Endang Susilowati *, Dori Kusuma Jaya,
Isnaniar Rahmatul Azizah**

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Mataram
Jl. Majapahit No. 62 Mataram, NTB, 83115, Indonesia

**corresponding author, email: lolitaabas37@unram.ac.id*

Manuscript received: 25-07-2024. Accepted: 16-03-2025

ABSTRAK

Keberadaan makrofauna tanah dapat digunakan sebagai indikator perubahan kualitas lahan karena keanekaragaman makrofauna yang tinggi umumnya mencerminkan kondisi ekosistem yang lebih baik. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan agroforestri di Desa Senaru, Lombok Utara, guna memperoleh gambaran mengenai kondisi ekosistem tanah di wilayah tersebut. Penelitian dilakukan di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Desa Senaru pada lahan dengan satuan pohon campuran alpukat, kakao, dan kopi, yang berlangsung dari Oktober hingga September 2023. Metode yang digunakan adalah deskriptif-kuantitatif dengan teknik perangkap lubang (*pitfall trap*) untuk mengoleksi makrofauna. Data dianalisis menggunakan indeks kekayaan spesies Margalef (R), indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H'), dan indeks kemerataan Pielou (E'). Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah bersifat agak masam (pH 6,4) dengan kandungan C-organik sedang (2,45%) dan kelembapan cukup baik (57%). Suhu tanah yang tinggi (35°C) meningkatkan dekomposisi bahan organik, sementara ketebalan seresah 6,5 cm menjaga kelembapan tanah. Keanekaragaman makrofauna tergolong sedang, didominasi filum Arthropoda, terutama famili Formicidae (134 individu). Famili Rhopallidae (Hemiptera) dan Isotomidae (Collembola) juga melimpah. Indeks kekayaan spesies menunjukkan tegakan kopi dan kakao memiliki kekayaan sedang, sementara alpukat lebih rendah. Kemerataan makrofauna tidak merata, dengan distribusi tertinggi di tegakan kopi (47%) dan terendah di alpukat (34%). Hasil ini menunjukkan bahwa lahan agroforestri di Desa Senaru masih mendukung keberagaman makrofauna tanah dengan variasi antarjenis pohon yang mempengaruhi distribusi dan kekayaan spesies.

Kata kunci : Agroforestri, Kualitas lahan, Makrofauna tanah, *Pitfall trap*

ABSTRACT

The presence of soil macrofauna can serve as an indicator of land quality changes, as high macrofaunal diversity generally reflects a healthier ecosystem. This study aims to assess soil macrofauna diversity in agroforestry land in Senaru Village, North Lombok, to provide an overview of soil ecosystem conditions in the area. The research was conducted in the Special Purpose Forest Area of Senaru Village on mixed tree stands of avocado, cacao, and coffee, from October to September 2023. The study employed a descriptive-quantitative method using the pitfall trap technique to collect macrofauna. Data were analyzed using Margalef's species richness index (R), Shannon-Wiener diversity index (H'), and Pielou's evenness index (E'). The results indicate that the soil is slightly acidic (pH 6.4), with a moderate organic carbon content (2.45%) and adequate moisture levels (57%). High soil temperature (35°C) contributes to increased organic matter decomposition, while a litter layer thickness of 6.5 cm helps maintain soil moisture. Macrofauna diversity was classified as moderate, dominated by the phylum Arthropoda, particularly the family Formicidae (134 individuals). The families Rhopallidae (Hemiptera) and Isotomidae (Collembola) were also abundant. Species richness indices showed that coffee and cacao stands had moderate species richness, whereas avocado had lower values. Macrofauna evenness was uneven, with the highest distribution in coffee stands (47%) and the lowest in avocado (34%). These findings suggest that the agroforestry land in Senaru Village still supports soil macrofaunal diversity, with tree species variations influencing species distribution and richness.

Keywords: Agroforestry, Land quality, Soil macrofauna, *Pitfall trap*

PENDAHULUAN

Makrofauna permukaan tanah memiliki peran penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah, terutama dalam proses dekomposisi bahan organik, aerasi tanah, dan siklus hara (Hasyimuddin, et al., 2017). Keberadaan makrofauna tanah pada suatu lahan dapat dijadikan indikator perubahan penggunaan lahan yang paling sensitif sehingga dapat digunakan sebagai prediktor atau indikator perubahan kualitas lahan (Rousseau *et al.* 2013). Keberadaan dan keanekaragaman makrofauna tanah dapat dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah tipe vegetasi yang menaungi tanah (Machmudah, 2016).

Mengetahui keberadaan makrofauna beserta keanekaragaman spesiesnya dalam suatu ekosistem merupakan aspek penting dalam memahami dinamika ekologi, terutama pada lahan dengan tutupan vegetasi yang berbeda. Keberagaman makrofauna tidak hanya mencerminkan kesehatan ekosistem, tetapi juga berperan dalam berbagai proses ekologi yang mendukung keseimbangan lingkungan (Rahmawati & Mulyanti, 2024). Keanekaragaman spesies makrofauna sangat dipengaruhi oleh faktor abiotik seperti suhu, kelembaban, tekstur tanah, serta ketersediaan oksigen dalam tanah (Nurrohman et al., 2015). Selain itu, keberadaan sumber makanan seperti serasah daun, akar mati, dan sisa-sisa bahan organik lainnya juga menjadi faktor penentu dalam mendukung kelangsungan hidup berbagai jenis makrofauna (Aziz & Aminatun, 2020).

Salah satu contoh ekosistem dengan tingkat keanekaragaman hayati yang tinggi dapat ditemukan di Desa Senaru, di mana mayoritas sumber penghidupan masyarakat bergantung pada sektor pertanian. Tingginya ketergantungan terhadap sumber daya alam menjadikan keberagaman flora dan fauna di wilayah ini, terutama pada lahan agroforestri sebagai faktor penting dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Lahan agroforestri di Senaru diduga memiliki keragaman makrofauna tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan jenis lahan lainnya yang disebabkan oleh ketersediaan makanan yang lebih melimpah dan beragam (Susilowati, 2023). Keanekaragaman hayati flora di wilayah ini meliputi tanaman alpukat, kakao, dan kopi, sementara fauna yang ditemukan di antaranya adalah semut, laba-laba, dan jangkrik (Ichsan et al., 2013).

Semakin beragamnya spesies tentunya akan semakin baik pula dekomposisi bahan organik di suatu ekosistem (Apriani et al., 2022). Hal ini didukung oleh hasil penelitian

(Hairiah *et al.* (2006) menyatakan pendapat bahwa sistem agroforestri dapat menghasilkan masukan bahan organik yang lebih banyak dan beragam yang dapat meningkatkan ketersediaan sumber energi bagi makrofauna tanah. Bardgett *et al.* (2014) menjelaskan bahwa semakin tinggi kandungan bahan organik, berbanding lurus dengan peningkatan keanekaragaman makrofauna tanah. Hal ini terjadi karena bahan organik menyediakan nutrisi yang dibutuhkan dan mendukung untuk perkembangan mikrohabitat yang berbeda.

Beberapa faktor abiotik seperti penetrasi cahaya berkorelasi negatif dengan keanekaragaman makrofauna tanah (Apriani *et al.*, 2022). Hal tersebut berpengaruh juga dengan kelembapan tanah. Penetrasi cahaya yang tinggi tentunya mengurangi kelembapan tanah (Driyo *et al.*, 2024), sehingga dapat dikatakan makrofauna tanah lebih menyukai tanah dengan kelembapan tinggi, tanah, yang dimana lingkungan dengan kelembapan tinggi lebih mendukung kehidupan makrofauna yang berperan dalam meningkatkan produktivitas tanah secara alami (Sumarauw *et al.*, 2019).

Keanekaragaman makrofauna tanah yang berperan dalam menjaga kesuburan dan kualitas tanah di ekosistem agroforestri perlu dikaji lebih lanjut sebagai indikator perubahan kualitas tanah. Dilihat dari pentingnya peran makrofauna tanah dalam dekomposisi bahan organik dan peningkatan kesuburan tanah, maka diperlukan penelitian tentang keanekaragaman dan jenis makrofauna tanah, khususnya pada satuan naungan tanaman alpukat, kakao, dan kopi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan agroforestri di Desa Senaru, Lombok Utara, sehingga dapat memberikan gambaran mengenai kondisi ekosistem tanah.

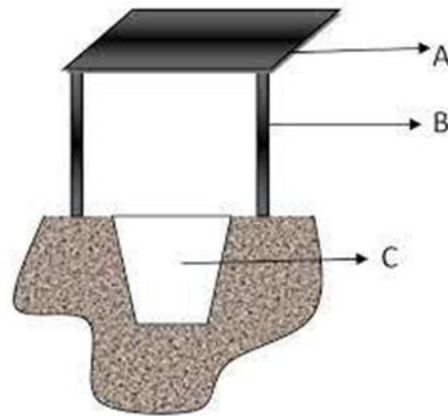
BAHAN DAN METODE

Metode yang digunakan dalam penelitian ini adalah deskriptif – kuantitatif dengan metode pengambilan sampel *purposive sampling*. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober – November 2023 di Kawasan Hutan Dengan Tujuan Khusus (KHDTK) Desa Senaru, Kecamatan Bayan, Kabupaten Lombok Utara (8° 18' 44" LS dan 116° 24' 8" BT) pada bulan lokasi penelitian yang telah ditentukan sebaran titik koordinat, yaitu pada lahan satuan pohon campuran alpukat, kakao, dan kopi.

Koleksi Keragaman Makrofauna Tanah

Pengamatan dilakukan pada lahan berukuran 50 × 50 m, yang dibagi menjadi enam plot. Tiga plot ditempatkan di bawah naungan pohon alpukat, kakao, dan kopi dalam sistem agroforestri. Setiap plot kemudian dibagi lagi menjadi tiga petak dengan ukuran masing-masing 15 × 50 m.

Identifikasi ordo dan jenis makrofauna dilakukan melalui observasi langsung di lapangan dengan metode eksplorasi. Sampel makrofauna tanah dikumpulkan menggunakan metode *pitfall trap* (perangkap lubang). Pada metode *pitfall trap*, lubang dengan kedalaman 10–20 cm digali di tanah, lalu gelas perangkap yang berisi 30 mL formalin 40% dan detergen dimasukkan ke dalamnya. Bagian atas *pitfall trap* ditutup dengan seng untuk mencegah masuknya air hujan (Gambar 1). Perangkap dibiarkan selama tiga hari berturut-turut, setelah itu makrofauna tanah yang terperangkap dikumpulkan dalam botol sampel.



Gambar 1. Contoh pemasangan *pitfall trap* (ket: A = atap atau penutup; B = tiang penyangga; C = gelas perangkap)

Pengumpulan data dilakukan menggunakan metode *hand sorting*, yaitu dengan menangkap makrofauna secara manual dari lubang perangkap (*pitfall trap*) kemudian mendokumentasikannya menggunakan kamera. Makrofauna yang ditemukan di dalam galian tanah diidentifikasi berdasarkan ordo dan jenisnya serta dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman jenis. Spesimen yang terkoleksi kemudian dideskripsikan dengan mengacu pada buku *Classification of Insects* (Brues et al., 1954).

Analisis Karakteristik Tanah

Pada metode pengambilan sampel tanah untuk analisis pH tanah (pH meter) dan C-organik (metode Walkley-Black), tanah digali hingga kedalaman 20 cm, kemudian sebanyak 1 kg tanah dimasukkan ke dalam kantong plastik untuk dianalisis di Laboratorium Kimia serta Laboratorium Fisika Tanah dan Konservasi Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Mataram. Selain itu, dilakukan pengamatan suhu tanah menggunakan termometer, pengukuran kelembapan tanah dengan moisture meter, serta pencatatan ketebalan seresah menggunakan penggaris.

Analisis Data

Data yang diperoleh merupakan data kuantitatif yang meliputi indeks keanekaragaman (H'), indeks kemerataan (E), dan indeks kekayaan spesies Margalef (R).

- Indeks Keanekaragaman (H') diukur menggunakan indeks Shannon-Wiener dengan rumus (Heip, 1974):

$$H' = - \sum p_i * \ln(p_i)$$

Keterangan:

H' = Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

Σ = Simbol sigma yang menunjukkan penjumlahan

p_i = Proporsi individu spesies ke- i terhadap total individu semua spesies (n_i/N)

$\ln$ = Logaritma natural

Nilai indeks keragaman jenis sebagai berikut:

- $H' > 3$ = keragaman tinggi
- $1 \leq H' \leq 3$ = keragaman sedang
- $H' < 1$ = keragaman rendah

- Indeks Kemerataan (E) Pielou (*Evenness Index*) dihitung dengan rumus:

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Keterangan:

E = Indeks kemerataan

H' = Nilai indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

ln = Logaritma natural

S = Jumlah total spesies

Menurut Odum (1975), nilai indeks kemerataan berkisar antara 0-1 dengan kategori E = 0 (kemerataan antara jenis rendah), E = 1 (kemerataan antar jenis relatif sama).

- Indeks Kekayaan spesies Margalef (R)

$$R = S - 1 / \ln N$$

Keterangan:

R = Indeks kekayaan spesies Margalef

S = Jumlah total spesies yang ditemukan

N = Jumlah total individu dari semua spesies

ln = Logaritma natural

Kategori indeks kekayaan spesies Margalef (R) adalah sebagai berikut:

- $R < 2$ = Kekayaan spesies rendah
- $2 \leq R \leq 4$ = Kekayaan spesies sedang
- $R > 4$ = Kekayaan spesies tinggi

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik Tanah di Lahan Agroforestri

Hasil analisis pada lahan agroforestri yang terdiri dari pohon alpukat, kakao, dan kopi mencakup karakteristik tanah, seperti pH tanah dan kandungan C-Organik, serta faktor lingkungan lainnya, yaitu kelembapan tanah, suhu tanah, dan ketebalan seresah. Data hasil analisis tersebut disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Analisis Pada Lokasi Penelitian

Sifat Tanah	Agroforestri	
	Nilai	Kriteria*
pH tanah	6,4	agak masam
C-Organik	2,45%	sedang
Suhu	35°C	
Kelembapan	57%	
Ketebalan seresah	6,5 cm	

Sumber: *Balittan (2005)

Sifat tanah pada sistem agroforestri menunjukkan kondisi yang cukup baik untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Tanah memiliki pH 6,4 yang tergolong agak masam, mengacu pada Balittan (2005) yang menunjukkan pH tanah bersifat agak masam yaitu 5,42 - 6,65. Kemasaman tanah ini dapat dipengaruhi oleh faktor alami seperti curah hujan yang tinggi (Trisnawati, 2022) serta dekomposisi bahan organik dari seresah tanaman di lahan agroforestri (Bachtiar, 2020).

Kandungan C – Organik rata-rata sebesar 2,45% yang termasuk dalam kategori sedang. Menurut Ompusunggu (2015), kandungan bahan organik tanah rendah apabila kurang dari 2%, dikatakan sedang apabila kandungan bahan organik tanah 2-3%, dan tinggi apabila lebih dari 3%. Hal ini menunjukkan bahwa tanah memiliki suplai bahan organik yang cukup untuk mendukung aktivitas mikroorganisme serta meningkatkan kesuburan tanah (Rizki et al., 2024).

Suhu rata rata tanah tercatat mencapai 35°C yang tergolong cukup tinggi. Suhu yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam proses dekomposisi bahan organik, tetapi juga berpotensi mempercepat penguapan air tanah (Kurniawan, 2018). Oleh karena itu, keberadaan seresah dan naungan dari tanaman pohon dalam agroforestri berperan penting dalam menjaga kestabilan suhu tanah (Wasis & Sajadad, 2024).

Kelembapan rata rata tanah tercatat sebesar 57% menunjukkan kondisi yang cukup baik dalam menjaga ketersediaan air bagi tanaman dan organisme tanah. Banyaknya kandungan air di dalam tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik yang tinggi (Delsiyanti et al., 2016), artinya semakin tinggi kandungan bahan organik maka kandungan air di dalam tanah juga tinggi. Selaras dengan pernyataan Baker et al. (2014) kandungan bahan organik dalam tanah, akan meningkatkan kapasitas tanah untuk menahan air.

Ketebalan seresah rata-rata mencapai 6,5 cm, yang berperan dalam mempertahankan kelembapan tanah (Dwiastuti et al., 2016), mengurangi evaporasi (Dwiastuti et al., 2017), serta menyediakan bahan organik bagi makrofauna dan mikroorganisme tanah (Haneda et al., 2024). Lahan agroforestri ini ditumbuhi tiga jenis tanaman yang memiliki karakteristik mudah menggugurkan daun, namun dengan jarak antar tegakan yang tidak rapat (berjauhan). Hal ini sejalan dengan pendapat Kusmana et al. (2021), yang menyatakan bahwa kerapatan pohon memengaruhi jumlah produksi seresah, di mana semakin tinggi kerapatan pohon, semakin banyak produksi seresah yang dihasilkan.

Identifikasi Keanekaragaman Makrofauna Tanah

Makrofauna yang ditemukan dan teridentifikasi di hutan Desa Senaru, Lombok Utara, pada lahan dengan satuan tegakan campuran agroforestri diklasifikasi berdasarkan filum, kelas, ordo, famili, serta jumlah individu per famili. Hasil klasifikasi tersebut disajikan dalam Tabel 2.

Tabel 2. Makrofauna Tanah Pada Lahan Agroforestri

Filum	Kelas	Ordo	Famili	Jumlah individu
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Pyrrhocoridae	4
			Rhopalidae	22
		Hymenoptera	Formicidae	134
			Apidae	2
		Blattodea	Ektobiidae	1
			Blaberidae	1
		Diptera	DroshopHilidae	9
			Tabanidae	2
			Muscidae	1
		Orthoptera	Scarabaelidae	1
			Gryllidae	13
		Coleoptera	Derodontidae	1
			Scarabaeidae	2

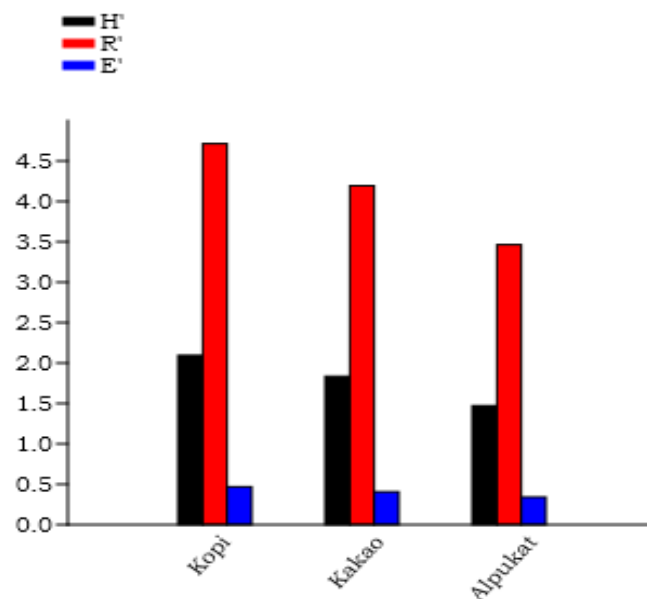
Filum	Kelas	Ordo	Famili	Jumlah individu
			Cerambycidae	1
			Staphylinidae	1
			RhapHidopHoridae	15
		Blattaria	Blattidae	2
		Dermaptera	CrcinopHoridae	1
	Collembola	Collembola	Isotomidae	20
	Arachnida	Araneae	GnapHosidae	2
			Atypidae	3
			Salticidae	1
		Opiliones	Sclerosomatidae	1
		Jumlah		240

Hasil penelitian menunjukkan bahwa makrofauna tanah di lahan agroforestri Desa Senaru, Lombok Utara, didominasi oleh filum Arthropoda, khususnya dari kelas Insecta, dengan total individu terbanyak berasal dari famili Formicidae (134 individu), yang termasuk dalam ordo Hymenoptera. Hal ini mengindikasikan bahwa semut memiliki populasi yang dominan di ekosistem tersebut, kemungkinan karena perannya dalam rantai makanan dan interaksi ekologis dengan lingkungan sekitar (Triyogo et al., 2019).

Selain itu, ordo Hemiptera dari famili Rhopallidae juga memiliki jumlah individu yang cukup tinggi (22 individu), disusul oleh ordo Collembola dari famili Isotomidae (20 individu), yang menunjukkan bahwa fauna tanah ini berperan penting dalam proses dekomposisi bahan organik (Ma'arif et al., 2014). Beberapa ordo lain, seperti Diptera, Orthoptera, dan Coleoptera, juga ditemukan dalam jumlah yang lebih sedikit, dengan masing-masing famili memiliki populasi antara 1 hingga 15 individu. Dari filum Arachnida, ditemukan tiga famili dari ordo Araneae dan satu dari ordo Opiliones, dengan jumlah individu yang relatif rendah (total 7 individu). Keberadaan arachnida ini menunjukkan adanya predator alami yang membantu dalam mengontrol populasi serangga tanah (Budiharto, 2012).

Indeks Keragaman, Indeks Kekayaan, dan Indeks Kemerataan Makrofauna Tanah

Keragaman jenis makrofauna tanah pada pola Agroforestri dibawah tegakan kopi, kakao, dan alpukat disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Nilai Indeks Keragaman (H'), Indeks Kekayaan (R'), dan Indeks Kemerataan (E') Jenis Makrofauna Tanah Pada Lahan Agroforestri

Hasil analisis keragaman makrofauna tanah pada beberapa jenis tegakan pohon tersebut berada pada kategori yang sama yaitu tergolong sedang ditunjukkan dengan nilai indeks keragaman jenis Shannon-Wiener (H') dengan nilai $1 \leq H' \leq 3$. Hasil analisis kekayaan jenis (R') makrofauna tanah di bawah tegakan kopi sebesar 4.714, di bawah tegakan kakao sebesar 4.192, dan dibawah tegakan alpukat sebesar 3.464. Nilai kekayaan makrofauna tersebut tergolong pada tingkatan sedang ($3,5 \leq R \leq 5$) di bawah tegakan kopi dan kakao, namun rendah ($R' < 3,5$) dibawah tegakan alpukat.

Berdasarkan indeks kemerataan jenis menunjukkan bahwa kemerataan makrofauna dibawah tegakan kopi sebesar 0.47 (47%), kakao sebesar 0.405 (40.5%), dan alpukat sebesar 0.34 (34%). Hasil tersebut menunjukkan makrofauna dibawah ketiga jenis tegakan tersebut tidak tersebar merata. Kemerataan jenis suatu pada komunitas semakin tersebar merata jika nilainya mendekati angka 1 dan sebaliknya jika nilainya mendekati nol maka semakin tidak merata jenis pada komunitas tersebut. Keragaman makrofauna tanah lebih banyak berkaitan dengan ketersediaan dan kualitas bahan organik tanah dan sisa-sisa biomassa tanaman bawah sebagai sumber bahan makanan (Winara, 2018).

KESIMPULAN

Sistem agroforestri di Desa Senaru, Lombok Utara, memiliki sifat tanah yang mendukung pertumbuhan tanaman dan kehidupan makrofauna. Tanah bersifat agak masam (pH 6,4), dengan kandungan C-organik sedang (2,45%) dan kelembapan cukup baik (57%). Suhu tanah yang tinggi (35°C) dapat meningkatkan dekomposisi bahan organik, sementara ketebalan seresah 6,5 cm membantu menjaga kelembapan tanah. Kombinasi faktor ini menciptakan lingkungan yang stabil bagi organisme tanah.

Keanekaragaman makrofauna tanah tergolong sedang dengan dominasi filum Arthropoda, terutama famili Formicidae (134 individu). Famili Rhopallidae (Hemiptera) dan Isotomidae (Collembola) juga cukup melimpah, menunjukkan peran penting dalam ekosistem tanah. Indeks kekayaan jenis menunjukkan bahwa tegakan kopi dan kakao memiliki tingkat kekayaan sedang, sementara alpukat lebih rendah. Kemerataan jenis makrofauna tidak merata, dengan distribusi tertinggi di tegakan kopi (47%) dan terendah di alpukat (34%), dipengaruhi oleh kualitas bahan organik dan struktur vegetasi.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, R. R., Santoso, U., Mulyawan, R., & Ellya, H. (2022). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Beberapa Variasi Vegetasi di Lahan Penelitian Agroekoteknologi Universitas Lambung Mangkurat. *Agrotrop: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian (Journal of Agricultural Science)*, 20(1), 84-92.
- Aziz, F. A., & Aminatun, T. (2020). Pengaruh Aplikasi Tanaman Barrier terhadap Dinamika Populasi arthropoda tanah pada pertanaman padi gogo (*Oryza sativa* L.)[Skripsi]. Yogyakarta: Universitas Negeri Yogyakarta.
- Bachtiar, B. (2020). Karakteristik Sifat Kimia Tanah di Bawah Tegakan Uru (*Elmerrillia ovalis*) dan Tegakan Mahoni (*Swietenia macrophylla*) Di Kelurahan Sa'dan Matallo Kecamatan Sa'dan Kabupaten Toraja Utara. *BIOMA: JURNAL BIOLOGI MAKASSAR*, 5(1), 88-94.
- Baker, J. M., & S. R. E. (2014). Soil organic matter and moisture retention. *Soil Science Society of America Journal*, 78(5), 1627-1633

- BALITTANA. 2005. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Departemen Pertanian. Bogor. Jawa Barat.
- Bardgett, R. D., & van der Putten, W. H. (2014). Belowground biodiversity and ecosystem functioning. *Nature*, 515(7528), 505-511.
- Budiharto, I. W. (2012). Kontribusi Arthropoda Kanopi Dalam Menjaga Stabilitas Ekosistem Pada Kebun Berbasis Sengon Laut (*Paraserianthes Falcataria* (L.) Budidaya Porang (*Amorphophallus Muelleri Blumei*) (Schott) Di Jember Sebagai Sumber Belajar Biologi. *BIOEDUKASI: Jurnal Pendidikan Biologi*, 3(2).
- Delsiyanti, D., Widjajanto, D., & Rajamuddin, U. A. (2016). Sifat fisik tanah pada beberapa penggunaan lahan di Desa Oloboju Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: Jurnal Ilmu Pertanian (e-journal)*, 4(3), 227-234.
- Driyo, S. G. S., Akbari, S. H., Saragih, R. D., Mahardika, S. D., & Syifa, S. (2024). Agroforestri sebagai Pendekatan Hijau untuk Stabilisasi Tanah dan Konservasi Air di Lahan Kering Indonesia. *Proceedings of Life and Applied Sciences*, 3(1).
- Dwiastuti, S., MARIDI, M., Suwarno, S., & Puspitasari, D. (2016). Bahan Organik Tanah di Lahan Marjinal dan Faktor-Faktor yang Mempengaruhinya. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 13, No. 1, pp. 748-751).
- Dwiastuti, S., Sajidan, S., Suntoro, S., & Setyono, P. (2017). Pengaruh Kepadatan Cacing Tanah Terhadap Emisi Co2 Mesocosm Pada Konversi Lahan Hutan Ke Pertanian. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning* (Vol. 10, No. 1).
- Hairiah, K., Sulistyani, H., Suprayogo, D., Widiyanto, Purnomosidhi, P., Widodo, R. H., van Noordwijk, M. (2006). Litter layer residence time in forest and coffee agroforestry systems in Sumberjaya, West Lampung. *Forest Ecology and Management*, 224(1-2), 45-57.
- Haneda, N. F., Anggarawati, S. H., & Arsita, L. (2024). Keanekaragaman Makrofauna Tanah di Berbagai Ekosistem Di Tahura Sultan Thaha Syaifuddin Jambi. *Journal of Tropical Silviculture*, 15(03), 222-227.
- Hasyimuddin, H., Bulan, S., & Usman, A. A. (2017). Peran ekologis serangga tanah di perkebunan patallasang kecamatan patallasang kabupaten gowa sulawesi selatan. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi* (Vol. 3, No. 1).
- Heip, C. (1974). A new index measuring evenness. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, 54(3), 555-557.
- Ichsan, A. C., Silamon, R. F., Anwar, H., & Setiawan, B. (2013). Analisis kondisi sosial ekonomi masyarakat di sekitar kawasan hutan dengan tujuan khusus (KHDTK) Senaru dengan menggunakan pendekatan partisipatif. *Jurnal Hutan Tropis*, 1(3).
- Kurniawan, A. (2018). Produksi mol (mikroorganisme lokal) dengan pemanfaatan bahan-bahan organik yang ada di sekitar. *Jurnal Hexagro*, 2(2), 292614.
- Kusmana, C., & Yentiana, R. A. 2021. Laju Dekomposisi Serasah Daun Shorea guiso di Hutan Penelitian Dramaga, Bogor, Jawa Barat. *Journal of Tropical Silviculture*, 12(3), 172-177.
- Ma'arif, S., Suartini, N. M., & Ginantra, I. (2014). Diversitas Serangga Permukaan Tanah pada Pertanian Hortikultura Organik di Banjar Titigalar, Desa Bangli, Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan-Bali. *Jurnal Biologi*, 18(1), 28-32.
- Machmudah, U. (2016). Laju Dekomposisi Campuran Pangkasan Kopi+ Mogania Dan Kopi+ Lamtoro Di Berbagai Kondisi Lahan Agroforestri. Skripsi. Fakultas Pertanian. Universitas Brawijaya.

- Mylavarapu, R., Sikora, F. J., & Moore, K. P. (2014). Walkley-Black Method. Soil test methods from the Southeastern United States, 158.
- Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2015). Keanekaragaman makrofauna tanah di kawasan perkebunan coklat (*Theobroma cacao* L.) sebagai bioindikator kesuburan tanah dan sumber belajar biologi. JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia), 1(2).
- Odum, E. P. (1975, June). Diversity as a function of energy flow. In Unifying Concepts in Ecology: Report of the plenary sessions of the First international congress of ecology, The Hague, the Netherlands, September 8–14, 1974 (pp. 11-14). Dordrecht: Springer Netherlands.
- Ompusunggu, G., Guchi, H., & Razali, R. 2015. Pemetaan Status C-Organik Tanah Sawah Di Desa Sei Bamban, Kecamatan Sei Bamban Kabupaten Serdang Bedagai. Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara, 4(1),.
- Rahmawati, L. A., & Mulyanti, H. (2024). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Pada Lahan Agrosilvopastura Desa Bandungrejo Kecamatan Ngasem Kabupaten Bojonegoro. Jurnal Humaniora Revolusioner, 8(10).
- Rizki, F. C., Wicaksono, P. R., & Wijayanti, F. (2024). Peningkatan Kesuburan Tanah Dan Produktivitas Sebagai Hasil Pengolahan Lahan Di Dusun Ngadilegi, Pandaan. Jurnal Informasi Pengabdian Masyarakat, 2(1), 01-09.
- Rousseau L, Fonte SJ, Tellez O, Hoek RVD, Lavelle P. 2013. Soil macrofauna as indicator of soil quality and land use impact in smallholder agroecosystems of western nicaragua. *Ecological indicators*. 71-82.
- Sosilawati, L. E. (2023). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Di Bawah Naungan Tanaman Porang (*Amorphophallus muelleri blume*) Di Hutan Sekunder Senaru Lombok Utara. Journal of Soil Quality and Management, 2(1), 67-73.
- Sumarauw, I. K., Siahaan, R., & Baideng, E. L. (2019). Keanekaragaman Fauna Tanah pada Agroekosistem Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.) di Desa Raringis, Langowan Barat, Minahasa, Sulawesi Utara. Jurnal MIPA, 8(3), 156-159.
- Trisnawati, A. (2022). Analisis Status Kesuburan Tanah Pada Kebun Petani Desa Ladogahar Kecamatan Nita Kabupaten Sikka. Jurnal Locus Penelitian dan Pengabdian, 1(5), 68-80.
- Triyogo, A., Budiadi, B., Widyastuti, S. M., Budi, S. S., & Varanita, S. (2019). Keanekaragaman Jenis Semut pada Tingkat Perkembangan Lahan yang Berbeda: Pendekatan Fase Agroforestri. Jurnal Ilmu Kehutanan, 13(2), 160-169.
- Wasis, B., & Sajadad, D. H. (2024). Kelimpahan Makrofauna Tanah pada Beberapa Tutupan Lahan di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. Journal of Tropical Silviculture, 15(02), 162-168.
- Winara, A. (2018). Keragaman makrofauna tanah pada agroforestri jati (*Tectona grandis*) dan jalawure (*Tacca leontopetaloides*). Jurnal Agroforestri Indonesia, 1(1), 47-55