

JURNAL ECOSOLUM

Volume 14 Issue 2, Desember 2025. P-ISSN: 2252-7923, E-ISSN: 2654-430X

Kelimpahan dan Keanekaragaman Makrofauna di Berbagai Vegetasi Tutupan Lahan di Tanah Ultisol

(Abundance and Diversity of Macrofauna in Various Vegetation Land Covers in Ultisol Soil)

Ely Putri Jamila Darsyam, Risky Nurhikmayani*

Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin

* Corresponding email: riskynurhikmayani@unhas.ac.id

ABSTRACT

Ultisol soils generally have low to moderate organic matter content, are acidic, and have low nutrient availability, resulting in low soil fertility. Under these conditions, soil macrofauna play an important role as decomposers of organic matter and regulators of soil ecological processes that support nutrient availability. This study aims to examine the abundance and diversity of soil macrofauna in various types of land cover vegetation on Ultisol soils. The research was conducted on three types of vegetation: bare land, teak land, and corn land. Soil macrofauna sampling was carried out using the monolith method measuring 25 cm × 25 cm to a depth of 10 cm, with hand sorting at five observation points in each vegetation type. The data were analyzed using the Shannon–Wiener diversity index and dominance index, as well as their correlation with the physical and chemical properties of the soil. The results show that teak land showed the highest macrofauna diversity with nine orders and a diversity index value of $H' = 1.85$. Corn land had three orders with $H' = 0.52$ and was dominated by Isoptera, with a population abundance of 160 individuals m^{-2} . On bare land, only one order was found, namely Hymenoptera, with an H' value of 0 and a population abundance of 156.8 individuals m^{-2} . Soil pH, soil texture, temperature, moisture content, and organic C content influenced the number and composition of soil macrofauna. Land cover vegetation affects the abundance and diversity of soil macrofauna in Ultisol. Land with better vegetative cover, such as teak land, can support a more diverse and balanced macrofauna community.

Keywords: Land Cover; Macrofauna; Ultisol; Vegetation

ABSTRAK

Tanah Ultisol umumnya memiliki kandungan bahan organik rendah hingga sedang, bereaksi masam, serta ketersediaan unsur hara yang rendah, sehingga berdampak pada rendahnya kesuburan tanah. Dalam kondisi tersebut, makrofauna tanah berperan penting sebagai perombak bahan organik dan pengendali proses ekologi tanah yang mendukung ketersediaan hara. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah di berbagai vegetasi tutupan lahan di tanah ultisol. Penelitian dilakukan pada tiga tipe vegetasi, yaitu lahan kosong, lahan jati, dan lahan jagung. Pengambilan sampel makrofauna tanah menggunakan metode monolit berukuran 25 cm × 25 cm hingga kedalaman 10 cm dengan metode hand sorting pada lima titik pengamatan di setiap vegetasi. Data dianalisis menggunakan indeks keanekaragaman Shannon–Wiener, indeks dominansi, serta dianalisis hubungannya dengan sifat fisik dan kimia tanah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lahan jati memiliki keanekaragaman makrofauna tertinggi dengan sembilan ordo dan nilai indeks keanekaragaman sebesar $H' = 1,85$. Lahan jagung memiliki tiga ordo dengan nilai $H' = 0,52$ dan didominasi oleh Isoptera dengan kelimpahan populasi sebesar 160 ekor m^{-2} . Lahan kosong hanya ditemukan satu ordo, yaitu Hymenoptera, dengan nilai $H' = 0$ dan kelimpahan populasi sebesar 156,8 ekor m^{-2} . Faktor pH tanah, tekstur tanah, suhu, kadar air, dan kandungan C-organik berpengaruh terhadap jumlah dan komposisi makrofauna tanah. Vegetasi tutupan lahan berpengaruh terhadap kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah pada Ultisol. Lahan dengan tutupan vegetasi yang lebih baik seperti lahan jati mampu mendukung komunitas makrofauna yang lebih beragam dan seimbang.

Kata Kunci: Tutupan Lahan; Makrofauna; Ultisol; Vegetasi

1. PENDAHULUAN

Tanah Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang memiliki distribusi luas di Indonesia, dengan luas mencapai sekitar 45.794.000 ha atau $\pm 25\%$ dari total wilayah daratan (Syahputra *et al.*, 2015). Ultisol dicirikan sebagai tanah yang telah mengalami tingkat pelapukan lanjut atau tanah tua, yang ditandai oleh terbentuknya horizon diagnostik argilik akibat akumulasi liat pada horizon B (Soil Survey Staff, 2014; Tarigan, *et al.*, 2014). Pada klasifikasi nasional ultisol diklasifikasikan sebagai podsolik dengan beberapa bagian horizon B mempunyai kejenuhan basa (NH_4OAc) kurang dari 35% dalam penampang 125 cm dari permukaan tanah (Subardja *et al.*, 2016). Umumnya ultisol merupakan lahan sub-optimal dengan faktor pembatas reaksi tanah masam, kadar aluminium tinggi, fiksasi P tinggi, kadar bahan organik rendah, kapasitas tukar kation rendah dan kepekaan terhadap erosi yang tinggi (Sukarman, 2025). Sebagian besar tanah ultisol di Indonesia terbentuk dari bahan induk sedimen yang berasal dari batuan liat (Arifin *et al.*, 2021).

Tanah sebagai suatu ekosistem tidak hanya tersusun atas komponen abiotik, tetapi juga dipengaruhi secara signifikan oleh aktivitas organisme tanah. Hewan tanah merupakan salah satu komponen biotik utama yang dapat hidup di permukaan maupun di dalam tanah. Berdasarkan ukuran tubuhnya, fauna tanah dikelompokkan menjadi mikrofauna ($<0,2$ mm), mesofauna (0,2–2,0 mm), dan makrofauna (2,0–20 mm) (Ayijiamali *et al.*, 2023). Di antara kelompok tersebut, makrofauna tanah memiliki peran ekologis yang sangat penting karena aktivitasnya mampu memengaruhi struktur dan fungsi tanah secara langsung (Handayani & Winara, 2020; Wasis & Sajadad, 2024).

Makrofauna tanah, khususnya makro-invertebrata tanah, dikenal sebagai “*soil engineers*” karena kemampuannya dalam memodifikasi struktur tanah melalui aktivitas menggali, membuat liang, dan mencampurkan bahan organik dengan tanah mineral. Saat ini, tingkat keanekaragaman dan kelimpahan makrofauna tanah semakin banyak digunakan oleh para peneliti dan pembuat kebijakan sebagai indikator penting kualitas tanah. Di antara kelompok makrofauna tanah, seperti cacing tanah, rayap, dan semut, diketahui memiliki peran dominan dalam mengendalikan dinamika struktur tanah melalui aktivitas penggalian, pembentukan liang, dan pencampuran bahan organik dengan fraksi mineral tanah, yang berdampak langsung terhadap porositas dan stabilitas agregat tanah (Bottinelli *et al.*, 2015). Selain itu, makrofauna tanah berkontribusi dalam menjaga keseimbangan ekosistem tanah dengan berfungsi sebagai agen perombak bahan organik, pendistribusi unsur hara, serta berperan dalam proses pembentukan tanah dan peningkatan kesuburan tanah secara alami (Lahati & Ladjinga, 2021).

Tanah ultisol umumnya memiliki keterbatasan dari segi sifat fisik, kimia, dan biologinya, antara lain kandungan bahan organik yang relatif rendah, reaksi tanah yang masam, serta kandungan unsur hara esensial seperti nitrogen, fosfor, dan kalium yang rendah (Sukarman, 2025). Kondisi tanah yang masam sangat berpengaruh terhadap keberadaan dan komposisi fauna tanah, karena kelimpahan dan kepadatan makrofauna sangat bergantung pada tingkat pH tanah. Kondisi edafik tersebut menyebabkan hanya kelompok makrofauna tertentu yang mampu bertahan dan beradaptasi pada lingkungan tanah Ultisoli (Kuncowati *et al.*, 2020).

Rendahnya ketersediaan unsur hara pada tanah Ultisol berkaitan erat dengan rendahnya tingkat kesuburan tanah. Dalam kondisi ini, makrofauna tanah memiliki peran strategis sebagai agen biologis yang mempercepat perombakan bahan organik dengan cara mencampur dan menghancurkan material organik di dalam tanah. Kotoran makro-invertebrata juga berperan dalam perkembangan mikroorganisme, dan makrofauna yang mati, jasadnya merangsang mineralisasi tanah (Szyszko-Podgórska *et al.*, 2018). Menurut (Jílková *et al.*, 2024) makrofauna juga secara signifikan mempercepat proses dekomposisi serasah pada vegetasi semak. Makrofauna tanah merupakan dapat dijadikan sebagai bioindikator. Setiap grup fauna tanah dapat dijadikan sebagai bioindikator karena keberadaan fauna tanah sangat bergantung pada faktor biotik dan abiotik tanah. Makrofauna tanah mempunyai peranan besar dalam memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah (Nurrohman *et al.*, 2018).

Meskipun peran makrofauna tanah sebagai *soil engineers* dan bioindikator kualitas tanah telah banyak dilaporkan, sebagian besar penelitian masih berfokus pada tanah dengan tingkat kesuburan sedang hingga tinggi atau pada ekosistem tertentu seperti hutan alam dan lahan pertanian intensif. Penelitian yang secara khusus mengkaji kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah pada Ultisol di wilayah tropika basah masih relatif terbatas, terutama yang membandingkan berbagai tipe vegetasi tutupan lahan. Berdasarkan uraian tersebut, penelitian mengenai kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah pada berbagai vegetasi tutupan lahan di tanah Ultisol menjadi penting untuk dilakukan. sehingga diharapkan dapat memberikan kontribusi ilmiah dalam memahami respon biologis tanah Ultisol terhadap perubahan tutupan lahan serta menjadi dasar dalam pengembangan strategi pengelolaan tanah yang berkelanjutan di wilayah tropika.

2. METODOLOGI

2.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini berlangsung pada bulan April – Juli 2025. Lokasi penelitian ini di Lahan Pertanian Unhas, Kec. Moncongloe, Kab. Maros. Analisis sampel dilakukasn di Laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Hasanuddin.

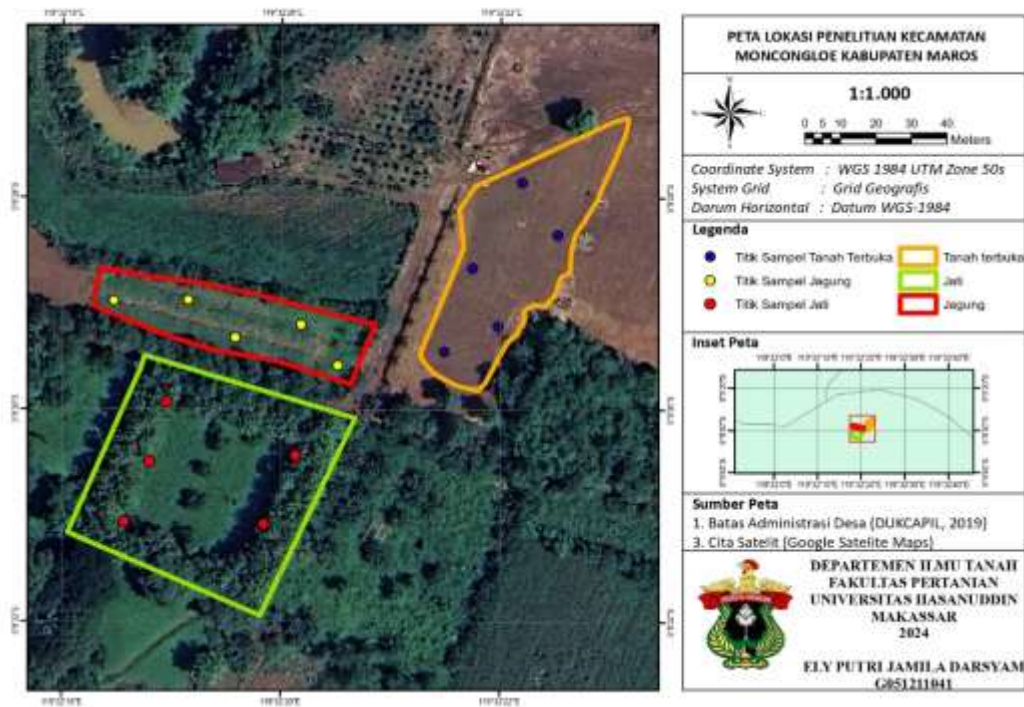
2.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah sekop, kotak monolit berukuran 25 x 25 x 10 cm, bor tanah, cangkul, nampan, pisau, meteran, botol sampel, label, avenza, plastik sampel, pinset, kaca pembesar, sarung tangan, alat tulis, dan alat-alat laboratorium kimia dan kesuburan tanah. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah alkohol 70% dan formalin 4%.

2.3 Tahapan Penelitian

2.3.1 Pengambilan Sampel Penelitian

Penentuan Lokasi pengambilan sampel makrofauna tanah menggunakan metode *purposive sampling* dengan mempertimbangkan perbedaan vegetasi tutupan lahan. Pengambilan sampel dilakukan pada tiga tipe vegetasi yang berbeda seperti pada Gambar 1 yaitu lahan kosong, lahan dengan vegetasi jati, dan lahan dengan vegetasi jagung. Lahan kosong merupakan lahan yang tidak ditanami selama kurang lebih tiga bulan terakhir dan berada dalam kondisi tanah digemburkan. Pada masing-masing tipe vegetasi ditetapkan lima titik pengambilan sampel, sehingga total terdapat 15 titik pengamatan. Pengambilan sampel makrofauna tanah dilakukan menggunakan metode monolit dengan ukuran kotak 25 × 25 cm hingga kedalaman 10 cm. Pada setiap titik pengamatan, alat monolit ditanam secara vertikal ke dalam tanah sesuai dengan kedalaman yang telah ditentukan, kemudian tanah di dalam kotak monolit diangkat secara hati-hati. Sampel tanah yang diperoleh selanjutnya dianalisis menggunakan metode hand sorting, yaitu dengan memilah makrofauna tanah secara manual menggunakan tangan. Seluruh makrofauna yang ditemukan kemudian dikumpulkan, diidentifikasi, dan dihitung jumlah individunya untuk keperluan analisis kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah.



Gambar 1. Peta lokasi pengambilan sampel

2.3.4 Analisis Karakteristik Tanah

Analisis sampel tanah di laboratorium menggunakan sampel tanah yang telah diambil dari masing-masing titik yang telah ditentukan. Analisis sampel tersebut diuraikan dalam Tabel 1 sebagai berikut:

Tabel 1. Parameter dan Metode Analisis Fisika dan Kimia Tanah

Parameter	Metode
pH Tanah (H_2O)	pH meter
C-organik (%)	<i>Walkley & Black</i>
N-Total (%)	Kjeldahl
Suhu Tanah ($^{\circ}C$)	<i>Termometer</i>
Kadar air ($g\ g^{-1}$)	<i>Gravimetri</i>
Tekstur	Hidrometer

2.3.2 Analisis Data

Biota tanah dianalisis berdasarkan jumlah jenis fauna tanah yang ditemukan yaitu, jumlah total individu (N), kelimpahan fauna (pi), indeks keanekaragaman jenis (H') dan hubungan indeks keanekaragaman fauna tanah dengan berbagai sifat fisik dan kimia dengan menggunakan persamaan sebagai berikut:

1. Kelimpahan fauna yang ditemukan berdasarkan Handayani & Winara (2020) sebagai berikut:

$$P_i = \frac{n_i}{N} \quad (1)$$

Keterangan: P_i adalah kelimpahan fauna, n_i adalah jumlah individu, dan N adalah populasi seluruh fauna yang didapatkan.

2. Indeks keanekaragaman jenis (H') dan Indeks dominansi (D) yang digunakan ialah indeks keanekaragaman (Shannon & Weaver, 1964) dengan rumus sebagai berikut:

- a. Indeks Keanekaragaman

$$H' = -\sum p_i \ln P_i \quad (2)$$

Keterangan: H' adalah Indeks Keanekaragaman jenis, P_i adalah kelimpahan fauna dan $\ln$ adalah Logaritma natural.

- b. Indeks dominansi (Simpson, 1949):

$$D = \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2 \quad (3)$$

Keterangan: n_i adalah jumlah individu tiap jenis dan N adalah jumlah total seluruh jenis.

3. Kelimpahan populasi dan kelimpahan relative fauna tanah (Kabar *et al.*, 2022) sebagai berikut:

$$K \text{ jenis A} = \frac{\text{jumlah Individu Jenis A}}{\text{Jumlah Unit Volume}} \quad (4)$$

$$KR \text{ jenis A} = \frac{K \text{ Jenis A}}{\text{Jumlah K Semua Jenis}} \times 100\% \quad (5)$$

Keterangan: K adalah kelimpahan populasi dan KR adalah kelimpahan relatif.

4. Analisis Korelasi antara faktor lingkungan dengan makrofauna.

Analisis korelasi yang digunakan adalah Google Colab yang dilengkapi dengan berbagai Pustaka Python untuk memproses dan memvisualisasi data menjadi diagram heat map.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil

3.1.1 Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Hasil dari parameter sifat fisik dan kimia dapat dilihat pada Tabel 2 yang dimana hasil dari analisis ini untuk mengetahui kondisi fisik dan kimia tanah.

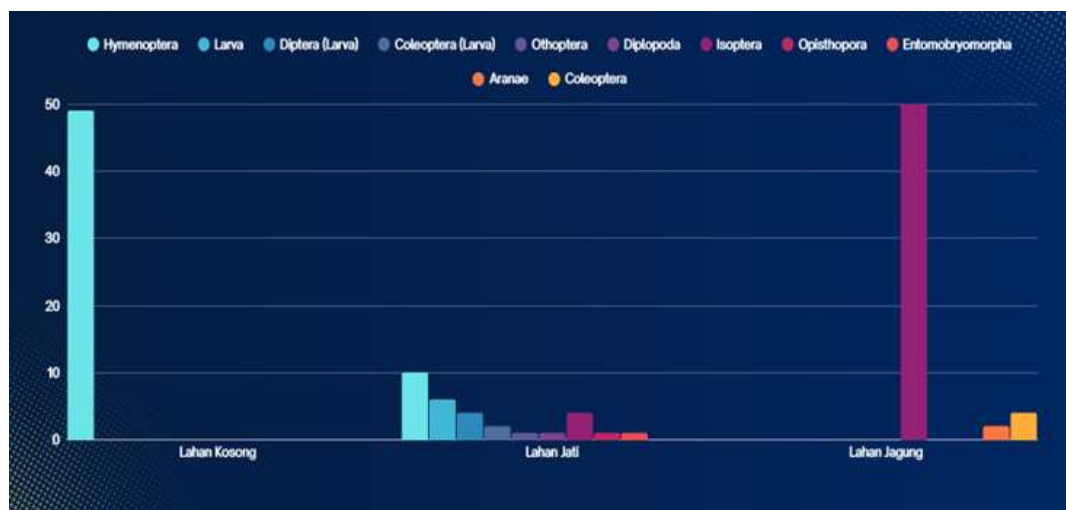
Tabel 2. Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tanah Pada Tiga Lokasi Pengambilan Sampel

Lokasi titik sampel	Tekstur			Kelas Tekstur	pH	Kadar Air (%)	Suhu (°C)	C-Organik (%)	N-Total (%)
	Pasir (%)	Debu (%)	Liat (%)						
Lahan Kosong	24	32	44	Liat	4,98	8,8	35	1,64	0,22
Lahan Jati	23	40	37	Lempung Liat	5,10	9,6	29	2,21	0,16
Lahan Jagung	27	33	40	Liat	4,85	9,2	33	1,1	0,14

3.1.2 Identifikasi Makrofauna Tanah

Hasil identifikasi makrofauna tanah yang dilakukan di Lahan Pertanian Universitas Hasanuddin pada tiga tipe vegetasi menunjukkan perbedaan komposisi dan jumlah makrofauna dapat dilihat pada Gambar 2. Pada lahan kosong, hanya ditemukan satu kelompok makrofauna, yaitu ordo Hymenoptera (semut) dengan jumlah individu sebanyak 49 ekor.

Pada lahan dengan vegetasi jati, ditemukan keanekaragaman makrofauna yang lebih tinggi, yaitu terdiri atas Sembilan ordo. Ordo yang teridentifikasi meliputi larva tidak teridentifikasi sebanyak 6 individu, larva Diptera sebanyak 4 individu, larva Coleoptera sebanyak 2 individu, Orthoptera (belalang) sebanyak 1 individu, Diplopoda (kaki seribu) sebanyak 1 individu, Hymenoptera (semut) sebanyak 4 individu, Isoptera (rayap) sebanyak 4 individu, Opisthopora (cacing tanah) sebanyak 1 individu, serta Entomobryomorpha (ekor pegas) sebanyak 1 individu. Pada lahan dengan vegetasi jagung, ditemukan tiga ordo makrofauna, yaitu Isoptera (rayap) dengan jumlah individu paling dominan sebanyak 50 ekor, diikuti oleh Coleoptera (kumbang) sebanyak 4 individu, dan Araneae (laba-laba) sebanyak 2 individu.



Gambar 2. Distribusi Makrofauna Tanah yang diidentifikasi berdasarkan ordo pada tiga jenis vegetasi pada Lahan Pertanian Unhas, Kecamatan Moncongloe.

Keberadaan makrofauna tanah yang teridentifikasi selanjutnya didukung oleh dokumentasi visual yang disajikan pada Gambar 3, yang menampilkan beberapa contoh makrofauna dominan yang ditemukan selama pengambilan sampel.



(a)



(b)



(c)



(d)



(e)



(f)



(g)



(h)



(i)

Gambar 3. (a) Hymenoptera, (b) Coleoptera (Larva), (c) Isoptera, (d) Araneae, (e) Opisthopora, (f) Orthoptera (g) Diplopoda, (h) Coleoptera, dan (i) Diptera (Larva)

3.1.3 Indeks Keanekaragaman Makrofauna dan Indeks Dominansi Makrofauna Tanah

Hasil dari Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Makrofauna Tanah pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 3 dimana indeks keanekaragaman dan dominansi dihitung menggunakan indeks *Shannon-Wiener*. Nilai indeks keanekaragaman fauna tanah pada lokasi penelitian ini dapat dilihat pada tabel berikut:

Tabel 3. Indeks Keanekaragaman (H') dan Dominansi (D) pada Tiga Jenis Vegetasi di Tanah Ultisol, Lahan Pertanian Universitas Hasanuddin

Vegetasi	H'	D
Lahan kosong	0	1
Lahan jati	1,85	0,19
Lahan jagung	0.52	0,67

Keterangan: H' : Indeks keanekaragaman jenis, D : Dominansi

3.1.4 Kelimpahan populasi dan kelimpahan makrofauna

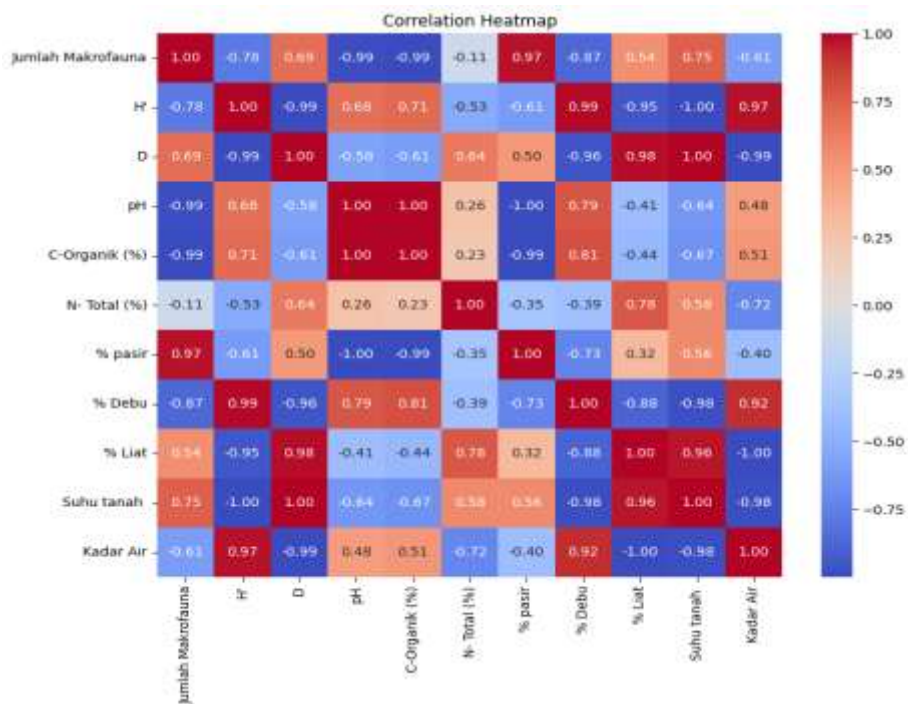
Hasil dari kelimpahan populasi dan kelimpahan relatif makrofauna dapat dilihat pada Tabel 4, yang menunjukkan jumlah individu setiap kelompok makrofauna serta persentase keberadaannya terhadap total makrofauna yang ditemukan di lokasi penelitian. Informasi ini memberikan gambaran mengenai struktur komunitas makrofauna tanah, khususnya dalam mengidentifikasi kelompok makrofauna yang memiliki tingkat dominansi tertinggi pada masing-masing vegetasiutupan lahan di lokasi penelitian.

Tabel 4. Kelimpahan Populasi dan Kelimpahan Relatif Pada Lokasi Penelitian

Vegetasi	Ordo	Kelimpahan populasi (Ekor m ⁻²)	Kelimpahan relatif (%)
Lahan Kosong	Hymenoptera	156,8	100
Lahan Jati	Larva (unidentified)	19,2	20
	Diptera (Larva)	12,8	13,33
	Coleoptera (Larva)	6,4	6,67
	Othoptera	3,2	3,33
	Diplopoda	3,2	3,33
	Hymenoptera	32	33,33
	Isoptera	12,8	13,33
	Opisthopora	3,2	3,33
	Entomobryomorpha	3,2	3,33
	Araneae	3,2	3,57
Lahan Jagung	Isoptera	160	89,28
	Coleoptera	12,8	7,14

3.1.4 Uji Korelasi Pearson

Analisis korelasi dilakukan untuk mengetahui hubungan antara kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah dengan berbagai sifat fisik dan kimia tanah. Hasil analisis korelasi disajikan dalam bentuk heatmap pada Gambar 4, yang menggambarkan arah dan kekuatan hubungan antar variabel berdasarkan nilai koefisien korelasi.



Gambar 4. Heatmap korelasi antara kelimpahan makrofauna tanah, indeks keanekaragaman (H'), indeks dominansi (D), dan sifat fisik–kimia tanah (pH, C-organik, N-total, fraksi tekstur, suhu tanah, dan kadar air) pada berbagai vegetasi tutupan lahan di lokasi penelitian. Warna merah menunjukkan korelasi positif, sedangkan warna biru menunjukkan korelasi negatif, dengan intensitas warna merepresentasikan kekuatan hubungan antar variabel.

3.2 Pembahasan

3.2.1 Sifat Fisik dan Kimia Tanah

Pengukuran pH tanah sangat penting untuk dilakukan karena pH tanah dapat menentukan keberadaan dan kepadatan fauna tanah. Dari hasil analisis laboratorium yang dilakukan, pH tanah pada lahan kosong 4,90, diikuti lahan jati (5,10) dan lahan jagung (4,85). Dari hasil analisis ini sesuai dengan kriteria tanah ultisol yang memiliki pH yang masam. Hal ini sesuai dengan pendapat Arifin *et al.* (2021) yang menyatakan bahwa sebagian besar pH pada tanah ultisol didominasi oleh kriteria masam (pH 4,5–5,9). Reaksi tanah masam tersebut dapat disebabkan oleh beberapa faktor, antara lain intensitas curah hujan yang menyebabkan pencucian unsur hara, bahan induk bersifat masam, dekomposisi bahan organik, dan permanen hasil pertanian membawa hara ke dalam tanah (Malesi *et al.*, 2023; Purba *et al.*, 2021).

Lahan jagung dan lahan kosong memiliki nilai C-Organik yang terkategori rendah. C-organik pada tanah ultisol tergolong rendah hal ini sesuai dengan pendapat Kusumastuti *et al.* (2014) yang menyatakan bahwa tanah ultisol telah mengalami pelapukan lanjut sehingga kandungan C-organik menjadi rendah. Keberadaan C-organik sangat penting untuk perkembangan makrofauna sebagai sumber energi untuk fauna tanah yang dapat meningkatkan aktivitas dan polulasi fauna tanah (Atmojo, 2003). Lahan jati memiliki nilai C-organik sebesar 2,21 yang tergolong sedang, lahan jati cenderung memiliki lebih banyak serasah menurut Yanarita *et al.* (2021) melimpahnya populasi makrofauna menunjukkan bahwa tanaman yang tumbuh di kawasan yang banyak menghasilkan serasah pada akhirnya berkontribusi pada tersedianya bahan organik karena akan terurai oleh jamur, bakteri, dan aktinomisetes menjadi unsur hara yang sangat penting bagi kebutuhan tanaman.

Analisis N-total pada lahan kosong diperoleh nilai 0,22% dengan kategori sedang, sedangkan pada lahan jati diperoleh 0,16% dan pada lahan jagung diperoleh 0,14% termasuk dalam kriteria rendah. Kondisi ini sejalan dengan nilai C-organik yang rendah juga hal ini sesuai dengan pendapat Syahputra *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa rendahnya kandungan N-total pada tanah ultisol disebabkan karena rendahnya kandungan C-organik pada tanah, hilangnya akibat dari pencucian, penguapan ke udara, dan terangkut panen. Selain itu juga N-total sangat mempengaruhi populasi makrofauna, populasi makrofauna meningkat pada tanah dengan kadar N dan bahan organik yang lebih tinggi karena tersedianya sumber energi dan tempat hidup bagi makrofauna tanah (Apriani *et al.*, 2022).

Dari hasil yang didapatkan suhu yang paling tinggi berada pada lahan kosong yaitu 35°C sedangkan pada lahan jagung yaitu 33°C dan pada lahan jati 29°C. Suhu yang diperoleh pada lahan jati lebih rendah dibandingkan suhu pada lahan kosong dan lahan jagung sehingga perbedaan suhu dapat dipengaruhi oleh tutupan lahan. Suhu tanah yang tertutup tanaman lebih kecil dibandingkan dengan suhu tanah tanpa vegetasi, karena tanaman memerlukan energi untuk keperluan transpirasi (Assolihat *et al.*, 2019). Suhu juga mempengaruhi aktivitas makrofauna tanah khususnya cacing, suhu tanah merupakan faktor yang paling mendominasi korelasi negatifnya terhadap populasi cacing, semakin tinggi suhu tanah maka semakin rendah populasi cacing tanah (Wibowo, 2015).

Kadar air yang paling tinggi didapatkan pada lahan jati yaitu sebesar 9,6% selanjutnya pada lahan jagung sebesar 9,2% dan kadar air yang paling rendah berada pada lahan kosong yaitu sebesar 8,8%. Nilai tersebut tergolong sangat rendah, hal ini sesuai dengan pendapat Arsyad (2010) yang menyatakan bahwa kadar air dibawah 10% berada pada kategori rendah sehingga menyebabkan penurunan aktivitas organisme tanah karena kurangnya kelembaban yang dibutuhkan untuk bertahan hidup. Lahan jati memiliki kadar air yang paling tinggi diantara

vegetasi lainnya, serta makrofauna yang melimpah dibandingkan dengan lahan kosong dan lahan jagung. Kondisi ini terjadi karena pada lahan jati memiliki serasah yang lebih banyak dibandingkan dengan lahan jagung dan lahan kosong. Nangan tajuk pohon jati dan akumulasi serasah yang menutupi permukaan tanah dapat mengurangi laju penguapan air dari tanah (Yulnafatmawati *et al.*, 2017). Jati memiliki peran penting dalam mempertahankan kelembaban mikrolimat tanah, selain itu sistem perakaran tanaman jati memungkinkan distribusi air di lapisan tanah lebih merata (Song *et al.*, 2020).

Tekstur tanah pada lokasi penelitian menunjukkan bahwa kelas tekstur pada lahan kosong dan lahan jagung bertekstur liat yang dimana ditandai dengan kandungan fraksi liat diatas 40%. Fraksi liat dapat menyebabkan drainase yang lambat sehingga membuat makrofauna sulit berkembang hal ini sesuai dengan pendapat (Hardjowigeno, 2003) yang menyatakan bahwa tanah yang bertekstur liat memiliki pori-pori yang kecil, daya serap air yang tinggi dan memiliki drainase lambat. Kondisi tanah kering menyebabkan tanah menjadi keras dan retak-retak, sedangkan kondisi tanah basah akan menjadi lengket dan sulit untuk ditembus sehingga akan menghambat mobilitas dan aktivitas makrofauna. Lahan jati memiliki tekstur lempung liat sehingga terjadi keseimbangan antara fraksi pasir, debu dan liat yang meningkatkan kelimpahan makrofauna hal ini sesuai dengan pendapat Setyorini *et al.* (2006) yang menyatakan bahwa tekstur tanah yang seimbang serta adanya bahan organik akan meningkatkan kelimpahan dan mempercepat siklus hara didalam tanah. Selain itu, keberadaan serasah daun jati dan kanopi mengakibatkan struktur tanah menjadi lebih gembur, suhu tanah yang lebih stabil dan kadar air lebih terjaga sehingga sangat mendukung aktivitas biologis makrofauna tanah.

3.2.2 Identifikasi Makrofauna Tanah

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini terdapat tiga jenis lahan vegetasi yang berbeda yaitu lahan kosong, lahan jati dan lahan jagung. Jenis makrofauna yang didapatkan pada lahan kosong ialah ordo Hymenoptera yang diwakili oleh semut. Hymenoptera dilahan kosong menunjukkan dominasi yang sangat tinggi dengan jumlah individu sebanyak 49, dimana nilai tersebut melampaui jumlah pada lahan jati dan jagung. Hymenoptera merupakan serangga sosial yang dikenal memiliki koloni dan sarang yang teratur, selain itu semut juga dapat meningkatkan kesuburan tanah. Hal ini sesuai dengan pendapat (Sari *et al.*, 2015) yang menyatakan bahwa semut dapat meningkatkan unsur hara tanah dengan cara memediasi perubahan kimia melalui keberadaan sarang semut yang ada di dalam tanah. Selain itu, menurut (Carpenter *et al.*, 2012) semut hampir dapat ditemukan di semua habitat terutama dilahan hutan dan lahan kosong serta populasinya relative stabil sepanjang musim dan tahun. Selain itu, mereka juga dalam

jumlah yang besar dan relative stabil hal ini yang membuat semut sebagai koloni serangga yang penting dalam ekosistem.

Lahan jati memiliki tingkat keragaman ordo makrofauna yang paling tinggi, meskipun jumlah masing-masing individu tidak terlalu banyak. Ordo yang ditemukan diantaranya larva, Diptera (larva), colepotera, orthoptera, Diplopoda, Isoptera, Opisthopora, Entomobryomorpha dan Araneae. Keberagaman jenis makrofauna mengindikasikan bahwa ekosistem pada lahan jati menyediakan kondisi lingkungan yang mendukung berbagai jenis makrofauna. Kondisi dipengaruhi oleh jumlah dan jenis serasah yang dihasilkan oleh vegetasi pada lahan campuran baik yang kompleks maupun sederhana. Hal ini sesuai dengan pendapat Wibowo & Slamet (2017) yang menyatakan bahwa pada lahan campur memiliki kekayaan jenis dan kelimpahan spesies makrofauna tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah padang rumput. Perbedaan ini disebabkan karena adanya serasah daun dari berbagai jenis pohon yang dimana serasah ini berfungsi sebagai sumber bahan organik dan unsur hara mikro. Kandungan C-organik didalam tanah dipengaruhi oleh masukan serasah yang berbeda dan mempengaruhi jumlah dan komposisi jenis makrofauna tanah (Denni *et al.*, 2020).

Makrofauna pada lahan jagung mendominasi secara mutlak adalah *Isoptera* yang diwakili oleh rayap dengan jumlah individu sebanyak 50 ekor. Rayap memang dapat dengan mudah beradaptasi pada Alahan monokultur. Hal ini sesuai dengan pendapat Zida *et al.* (2011) yang menyatakan bahwa populasi rayap meningkat pada sistem pertanaman monokultur terutama pada lingkungan semi kering hingga kering yang dimana perekayasa ekosistem lainnya seperti cacing tanah menjadi terbatas. Selain itu rayap juga sebagai pengurai bahan organik. Hal ini sesuai dengan pendapat (Sithole *et al.*, 2018) yang menyatakan bahwa rayap merupakan penghancur utama sebagian besar bahan organik kering dan merupakan agen utama yang dapat menghancurkan mulsa dan kelimpahannya berkorelasi dengan ketersediaan bahan organik.

3.2.3 Indeks Keanekaragaman dan Dominansi Makrofauna Tanah

Hasil perhitungan indeks keanekaragaman dan dominansi makrofauna yang dapat dilihat pada Tabel 3 yang menunjukkan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener yang digunakan untuk mengukur struktur komunitas makrofauna tanah berdasarkan ordo dan keseimbangan jumlah individu. Dari hasil analisis menunjukkan lahan kosong memiliki nilai indeks keanekaragaman (H') sebesar 0 dan nilai dominansi (D) sebesar 1. Nilai dominansi yang mendekati atau sama dengan 1 menunjukkan terjadinya ketidakseimbangan komunitas, di mana satu kelompok makrofauna mendominasi komunitas secara mutlak sehingga menghambat keberadaan dan perkembangan kelompok fauna tanah lainnya. Kondisi ini sejalan dengan pernyataan Purwani *et*

al. (2022) yang menyatakan bahwa nilai dominansi tinggi mencerminkan rendahnya kestabilan dan keanekaragaman komunitas fauna tanah.

Nilai indeks keanekaragaman yang bernilai 0 pada lahan kosong menunjukkan bahwa hanya terdapat satu kelompok makrofauna yang ditemukan pada lokasi tersebut. Hasil ini sejalan dengan penelitian Wasis dan Sajadad (2024) yang melaporkan bahwa pada lahan kosong atau lahan tanpa vegetasi, makrofauna tanah umumnya sangat terbatas bahkan tidak ditemukan, sehingga nilai indeks keanekaragaman cenderung sangat rendah atau nol. Pada penelitian ini, makrofauna yang ditemukan pada lahan kosong hanya berasal dari ordo Hymenoptera (semut) sebab lahan mendapatkan cahaya matahari langsung dan kurangnya bahan organik sehingga banyak dihuni oleh beberapa organisme yang toleran terhadap kondisi lingkungan seperti ini. Hal ini sesuai dengan penelitian Wibowo & Slamet (2017), yang menunjukkan bahwa habitat kosong dan ekstrem cenderung hanya dihuni oleh sedikit spesies yang mampu bertahan dalam kondisi tersebut. Selain itu menurut (Riyanto *et al.*, 2020) menyatakan bahwa semut memiliki adaptasi tinggi terhadap perubahan lingkungan serta adanya gangguan aktivitas manusia sehingga adanya perubahan lingkungan dan aktivitas manusia tidak menjadi faktor pembatas bagi keberadaan semut.

Lahan jati menunjukkan keragaman yang tinggi dengan ditemukan 9 ordo dengan indeks keanekaragaman 1,85 yang tergolong kategori sedang dengan nilai dominansi 0,19. Kondisi ini menyatakan bahwa lahan jati secara struktur dan komoditas seimbang dan beragam. Kondisi ini menunjukkan bahwa lahan jati menyediakan banyak mikrohabitat, nangan dan serasah yang menunjang keberlangsungan hidup berbagai jenis makrofauna. hal ini sejalan dengan pendapat Surahman *et al.* (2022) yang menyatakan bahwa lahan dengan sistem agroforestri seperti lahan jati memiliki indeks keanekaragaman makrofauna tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur yaitu kisaran 1,5 hingga 2,1.

Lahan jagung memiliki nilai yang keanekaragaman 0,52 yang tergolong kategori rendah dengan dominansi 0,67 yang dimana kondisi ini menunjukkan bahwa terdapat salah satu ordo makrofauna yang mendominasi yaitu ordo isoptera (rayap). Sistem monokultur seperti pada vegetasi jagung memiliki keanekaragaman yang rendah karena kurangnya variasi struktur vegetasi dan input organik, hal ini sesuai dengan penelitian (Ndakidemi, 2017) yang menyebutkan bahwa sistem pertanian monokultur cenderung menurunkan keanekaragaman fauna tanah akibat homogenitas lingkungan. Pada lahan ini makrofauna yang paling mendominasi adalah Isoptera menurut (Loko *et al.*, 2019) dalam penelitiannya mengatakan bahwa jagung paling rentan terhadap serangan rayap dan tahap perkembangan pematangan memiliki kelimpahan dan kerusakan rayap yang tinggi.

3.2.4 Kelimpahan Populasi dan Kelimpahan Relatif

Makrofauna tanah dipengaruhi oleh kondisi vegetasi yang mencerminkan keragaman habitat, ketersediaan serasah, kelembaban dan kualitas tanah. Dari hasil penelitian ini terdapat perbedaan yang signifikan dalam komposisi dan kelimpahan relatif makrofauna tanah pada tiga jenis lahan. Pada lahan kosong ditemukan bahwa ordo Hymenoptera yang diwakili oleh semut mendominasi dengan kelimpahan dan populasi sebesar 156,8 ekor m⁻². Dari hasil ini menunjukkan bahwa hanya semut yang dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan yang kosong, hal ini juga sejalan dengan pendapat Bautista *et al.* (2009) yang menyatakan bahwa dominansi Hymenoptera cenderung meningkat pada sistem dengan tingkat gangguan tertentu dan mengalami perubahan seiring dinamika gangguan antar agroekosistem. Hal ini menunjukkan bahwa semut memiliki fleksibilitas ekologis yang tinggi terhadap perubahan kondisi lingkungan, sehingga sering menjadi kelompok dominan pada sistem lahan dengan tekanan lingkungan atau tingkat gangguan yang relatif tinggi, seperti pada lahan kosong dalam penelitian ini.

Makrofauna tanah pada lahan jati menunjukkan kelimpahan yang lebih tinggi dibandingkan dengan lahan kosong dan lahan jagung. Pada lahan ini ditemukan sembilan ordo makrofauna, dengan ordo Hymenoptera sebagai kelompok yang paling dominan dengan kelimpahan relatif sebesar 33,33% dan kelimpahan populasi 32 ekor m⁻². Sementara itu, ordo Orthoptera, Diplopoda, Opisthopora, dan Entomobryomorpha masing-masing memiliki kelimpahan relatif yang rendah, yaitu 3,33%. Keberagaman ordo ini menunjukkan vegetasi pada lahan jati menyediakan habitat yang lebih kompleks, kaya akan serasah dan memiliki suhu yang lebih stabil untuk perkembangan makrofauna dibandingkan dengan lahan kosong dan lahan jagung. Hal ini sesuai dengan pendapat Winara (2020) yang melaporkan bahwa nilai keanekaragaman makrofauna tanah pada sistem agroforestri jati lebih tinggi dibandingkan dengan sistem monokultur. Dari ketiga Lokasi penelitian ini, ordo Lumbricidae yang diwakili oleh cacing tanah hanya ditemukan pada lahan jati. Kehadiran cacing tanah pada lokasi ini menunjukkan bahwa tanah pada lahan jati memiliki kondisi yang relatif lebih subur. Hal ini sesuai dengan pendapat Anwar (2009) yang menyatakan bahwa cacing tanah dari famili Lumbricidae memiliki kemampuan dekomposisi bahan organik yang tinggi dan berperan penting dalam perbaikan struktur tanah. Meskipun populasinya tidak dominan, keberadaan cacing tanah dapat digunakan sebagai indikator biologis bahwa kondisi tanah tersebut masih tergolong subur dan mendukung proses ekologis tanah secara optimal.

Makrofauna yang mendominasi kelimpahan populasi adalah ordo Isoptera dengan nilai 160 ekor m⁻² dengan kelimpahan relatif 89,28%. Selanjutnya disusul oleh Coleoptera dengan nilai kelimpahan populasi 12,8 ekor m⁻² dengan kelimpahan relatif 7,14%. Ordo yang paling sedikit

pada lahan jagung adalah ordo Araneae dengan jumlah kelimpahan populasi 3,2 ekor m⁻² dengan kelimpahan relatif 3,57%. Tingginya dominasi Isoptera pada lahan jagung menunjukkan peran penting kelompok ini sebagai *soil ecosystem engineers*. Rayap dikenal memiliki kemampuan tinggi dalam dekomposisi bahan organik serta modifikasi sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Aktivitas rayap dalam membangun berbagai struktur organo-mineral, seperti liang, terowongan, dan gundukan tanah, berkontribusi terhadap peningkatan porositas tanah, perbaikan agregasi, serta distribusi bahan organik di dalam profil tanah (Paul *et al.*, 2015; Hapid & Zulkaidhah, 2019). Kondisi ini memungkinkan rayap mampu bertahan pada lahan dengan vegetasi jagung.

Selain itu, sistem pertanaman jagung yang menghasilkan sisa biomassa berupa akar dan residu tanaman juga menyediakan sumber makanan yang relatif sesuai bagi Isoptera, sehingga mendukung tingginya kelimpahan kelompok ini. Sebaliknya, rendahnya kelimpahan Coleoptera dan Araneae mengindikasikan bahwa kondisi habitat pada lahan jagung kurang mendukung keberadaan makrofauna predator dan detritivor lain yang umumnya memerlukan struktur habitat yang lebih kompleks dan stabil (Pywell *et al.*, 2005).

3.2.5 Hubungan parameter lingkungan dengan kelimpahan makrofauna tanah

Korelasi pearson menunjukkan adanya hubungan yang kuat antara jumlah makrofauna, indeks keanekaragaman (H'), indeks dominansi (D) dengan berbagai sifat fisik dan kimia tanah. Jumlah makrofauna tanah berkorelasi negatif sangat kuat dengan pH tanah ($r = -0,99$) dan C-organik ($r = -0,99$), namun menunjukkan korelasi positif kuat dengan fraksi pasir ($r = 0,97$) dan suhu tanah ($r = 0,75$). Hal ini mengindikasikan bahwa peningkatan jumlah makrofauna pada lokasi penelitian cenderung terjadi pada kondisi tanah dengan tekstur lebih kasar dan suhu lebih tinggi, yang umumnya didominasi oleh kelompok makrofauna toleran seperti Isoptera dan Hymenoptera.

Sebaliknya, indeks dominansi (D) menunjukkan korelasi positif sangat kuat dengan suhu tanah ($r = 1,00$) dan fraksi liat ($r = 0,98$), serta korelasi negatif sangat kuat dengan kadar air tanah ($r = -0,99$). Hal ini menunjukkan bahwa pada kondisi tanah yang lebih panas dan relatif kering, struktur komunitas makrofauna cenderung didominasi oleh satu atau beberapa ordo tertentu, sehingga mencerminkan komunitas yang tidak seimbang. Kondisi tersebut umumnya dijumpai pada lahan dengan tingkat gangguan yang tinggi, seperti lahan pertanian intensif atau lahan terbuka (Wibowo & Slamet, 2017).

Pada lokasi penelitian ini, peningkatan kandungan C-organik tidak selalu diikuti oleh peningkatan jumlah individu makrofauna, tetapi lebih berkontribusi terhadap peningkatan keragaman komunitas. Hal ini tercermin dari korelasi positif antara indeks keanekaragaman (H') dan C-organik, yang menunjukkan bahwa bahan organik berperan penting dalam menyediakan sumber energi dan mikrohabitat yang mendukung keberadaan berbagai kelompok makrofauna tanah (Sofa *et al.*, 2020).

4. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah pada Ultisol berbeda pada setiap jenis vegetasi tutupan lahan. Lahan jati memiliki tingkat keanekaragaman makrofauna tertinggi dengan ditemukan sembilan ordo, yaitu larva tak teridentifikasi, Diptera (larva), Coleoptera (larva), Orthoptera, Diplopoda, Formicidae (Hymenoptera), Isoptera, Opisthoptera, dan Entomobryomorpha, dengan nilai indeks keanekaragaman (H') sebesar 1,85. Selanjutnya, lahan jagung ditemukan tiga ordo makrofauna, yaitu Araneae, Isoptera, dan Coleoptera, dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 0,52. Lahan kosong menunjukkan kondisi komunitas makrofauna yang paling sederhana, di mana hanya ditemukan satu ordo, yaitu Hymenoptera, dengan nilai indeks keanekaragaman sebesar 0. Tingkat dominansi tertinggi terdapat pada lahan kosong dengan dominansi 100% oleh ordo Hymenoptera, diikuti oleh lahan jagung dengan dominansi 89,28% oleh ordo Isoptera, yang mencerminkan struktur komunitas yang tidak seimbang pada lahan dengan tingkat gangguan yang tinggi. Tutupan vegetasi yang lebih baik berperan penting dalam meningkatkan kelimpahan dan keanekaragaman makrofauna tanah pada Ultisol.

DAFTAR PUSTAKA

- Anwar, E. K. (2009). Efektivitas cacing tanah *Pheretima hupiensis*, *Edrellus* sp. dan *Lumbricus* sp. dalam proses dekomposisi bahan organik. *J. Tanah Trop.*, 14(2), 149–158.
- Apriani, R. R., Santoso, U., Mulyawan, R., & Ellya, H. (2022). Soil Macrofauna Diversity on Various Vegetation at Research Field of Agroecotechnology Lambung Mangkurat University. *Journal of Agricultural Science*, 20(1), 84–92. <http://jurnal.unmuhjember.ac.id/>
- Arifin, M., Herdiansyah, G., Sandrawati, A., & Devnita, R. (2021). Karakterisasi dan Klasifikasi Ultisols Yang Berkembang dari Dua Bahan Induk di Kabupaten Serang, Provinsi Banten. *Soilrens*, 19(2), 33. <https://doi.org/10.24198/soilrens.v19i2.38362>
- Arsyad, S. (2010). *Konservasi Tanah dan Air*. IPB Press
- Assolihat, N. K., Karyati, K., & Syafrudin, M. (2019). Suhu Dan Kelembaban Tanah Pada Tiga Penggunaan Lahan Di Kota Samarinda Provinsi Kalimantan Timur. *ULIN: Jurnal Hutan*

Tropis, 3(1), 41–49. <https://doi.org/10.32522/ujht.v3i1.2344>

- Atmojo, S. W. (2003). *Peranan Bahan Organik Terhadap Kesuburan Tanah dan Upaya Pengelolaannya*. Pengukuhan Guru Besar Ilmu Kesuburan Tanah. Universitas Sebelas Maret. Surakarta
- Ayijiamali, K., Shuai, Z., Zhakyp, D., & Changyan, T. (2023). Responses of soil fauna community under changing environmental conditions. *J. Arid Land*. 15(5) :620-636. <https://doi.org/10.1007/s40333-023-0009-4>.
- Baustista, F., Diaz-Castelazo, C. & Garcia-Robles, M. (2009). Changes in soil macrofauna in agroecosystems derived from low deciduous tropical forest on leptosols from karstic zones. *Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 10(2009): 185-197.
- Bottinelli, N., Jouquet, P., Capowies, Y., Podwojewski, P., Grimaldi, M. & Peng, X. (2015). Why is the influence of soil structure only considered by soil ecologist?. *Soil and Tillage Research*. 146: 118-124. <https://doi.org/10.1016/j.still.2014.01.007>.
- Carpenter, D., Hammond, P. M., Sherlock, E., Lidgett, A., Leigh, K., & Eggleton, P. (2012). Biodiversity of soil macrofauna in the New Forest: A benchmark study across a national park landscape. *Biodiversity and Conservation*, 21(13), 3385–3410. <https://doi.org/10.1007/s10531-012-0369-0>
- Denni, R.T., Agus, A., Joko, W., Rosariastuti, R., Sumani, S., Suntoro, S., Supriyadi, S. (2020) Hubungan Keanekaragaman Makrofauna dan Sifat Kimia Tanah di Ekosistem Sawa, Kecamatan Dukuhseti, Kabupaten Pati, Indonesia. *Jurnal Penelitian frika*, 15(2): 240-247.
- Handayani, W. & Winara, A. (2020). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Beberapa Penggunaan Lahan Gambut, *Jurnal Agroforestri Indonesia*. 3(2) : 77-88.
- Hapid, A., & Zulkaidhah. (2019). Keanekaragaman jenis rayap pada lahan agroforestri dan kebun kemiri di Desa Bakubakulu Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Biocelbes*, 13(2), 195–202.
- Hardjowigeno, S. (2003) *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo
- Jílková, V., Macek, P., Angst, G., Bartuška, M., Starý, J., Šustr, V., & Devetter, M. (2024). Macrofauna amplify plant litter decomposition and stabilization in arctic soils in a warming climate. *Soil Biology and Biochemistry*. 188(January 2024):109245. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2023.109245>.
- Kabar, P., Anwar, E.K., Santosa, E., & Pratiwi, E., (2022). Analisis Kelimpahan Arthropoda: Collembola dan Acarina, in: Husen, E., Surono, Pratiwi, E., Widowati, L.R. (Eds.), *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Penelitian Tanah, Bogor, pp. 387–394.
- Kuncowati, E. & Madjid, A.. (2020). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Kebun Karet Tidak Terbakar Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Indralaya. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-8 Tahun 2020*, Palembang 20 Oktober 2020, 286–294.
- Kusumastuti A., Lukito., Penny. (2014). Soil Available P Dynamics, pH, Organic-C, and P Uptake of Patchouli (*Pogostemon CablinBenth.*) at Various Dosages of Organic Matters and Phosphate in Ultisol. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*.

- Lahari, B.K. & Ladjinga, E. (2021). Soil Macrofauna Diversity in Organic and Conventional Vegetable Fields in Ternate City. *Techno: Jurnal Penelitian*. 10(1): 44-53. <https://doi.org/10.33387/tjp.v10i1.2912>.
- Loko, L. E. Y., Orobiyi, A., Toffa, J., Fagla, S. M., Gavoedo, D. M., & Manuele, T. (2019). Farmers' knowledge, perceptions and management practices for termite pests of maize in Southern Benin. *Open Agriculture*, 4(1), 554–574. <https://doi.org/10.1515/opag-2019-0052>
- Malesi, W.O.A.W., Yusuf, M.A., Parjono & Rupang, M.S. (2023). Kajian Sifat Kimia Tanah Sawah pada beberapa lokasi di distrik Semangga. *Jurnal Agriment*. 8(1):60-64.
- Ndakidemi, P. A. (2017). Soil Macrofauna Abundance and Taxonomic Richness under Long-Term No-Till Maize Monocropping System. *Acta Agriculturae Scandinavica*, Section B—Soil & Plant Science, 67(8), 765–773.
- Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2018). Studi Hubungan Keanekaragaman Makrofauna Tanah dengan Kandungan C-Organik dan Organophosfat Tanah di Perkebunan Cokelat (*Theobroma cacao* L.) Kalibaru Banyuwangi. *Bioeksperimen: Jurnal Penelitian Biologi*, 4(1), 1–10. <https://doi.org/10.23917/bioeksperimen.v4i1.5923>
- Paul, B.K., Vanlauwe, B., Hoogmoed, M., Hurisso, T.T., Ndabamenye, T., Terano, Y., Ayuke, F.O. & Pulleman, M.M. (2015). Exclusion of soil macrofauna did not affect soil quality but increased crop yields in sub-humid tropical maize-based system. *Agricultural, Ecosystems & Environment*. 208(October 2015): 75-85.
- Purba, T., Ningsih, H., Purwaningsih, Junaedi, A.S., Gunawan, B., Junairiah, Firgiyanto, R. & Arsi. (2021). *Tanah dan Nutrisi Tanaman*. Yayasan Kita Menulis. Bogor.
- Purwani, J., Sarmah, Aksani, D., Santosa, E. (2022). Analisis Kelimpahan dan Keragaman Makrofauna Tanah, in: Husen, E., Surono, Pratiwi, E., Widowati, L.R. (Eds.), *Metode Analisis Biologi Tanah*. Balai Penelitian Tanah, Bogor, pp. 347–356.
- Pywell, R.F., James, K.L., Herbert, I., Meek, W.R., Carvell, C., Bell, D. & Sparks, T.H. (2005). Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland. *Biological conservation*. 123(Issue 1): 79-90.
- Riyanto R, Saputra A, Arifin Z. (2020) Pola Perilaku Keberadaan Semut Famili Formicidae pada tepian Sungai Musi, Gandus Kota Palembang Sumatera Selatan. *Jurnal Biologi Tropis* 20(1): 116–124
- Sari, R. W., Yolanda, R., & Purnama, A. A. (2015). Jenis-Jenis Semut (Hymenoptera: Formicidae) pada Perkebunan Kelapa Sawit di Sekitar Kampus Universitas Pasir Pengaraian. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa FKIP Prodi Biologi*, 1(1), 1–5.
- Setyorini, D. (2006) *Kualitas Fisik Tanah dan Pengaruhnya Terhadap Biota Tanah*. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Shannon, C.E., Weaver, W. (1964). *The Mathematical Theory Of Communication*. The University of Illinois Press, Urbana.
- Simpson, E.H. (1949). Measurement of Diversity. *Nature* 163, 688–688. <https://doi.org/10.1038/163688a0>.

- Sithole, N. J., Magwaza, L. S., Mafongoya, P. L., & Thibaud, G. R. (2018). Long-term impact of no-till conservation agriculture on abundance and order diversity of soil macrofauna in continuous maize monocropping system. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B: Soil and Plant Science*, 68(3), 220–229. <https://doi.org/10.1080/09064710.2017.1381276>.
- Sofo, A., Mininni, A.N. & Ricciuti, P. (2020). Soil Macrofauna: A Key Factor for Increasing Soil Fertility and Promoting Sustainable Soil Use in Fruit Orchard Agroecosystems. *Agronomy*. 10(4). 456. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>.
- Soil Survey Staff. (2014). *Kunci Taksonomi Tanah Edisi Ketiga*, 2015. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Song, L., Boithias, L., Sengtaheuanghoung, O., Oeurng, C., Valentin, C., Souksavath, B., Sounyafong, P., Rouw, A., Soulileuth, B., Silvera, N., Lattanavongkot, B., Pierret, A., & Ribolzi, O. (2020). Understory Limits Surface Runoff and Soil Loss in Teak Tree Plantations of Northern Lao PDR. *Water*. 12(2327). 10.3390/w12092327.
- Subardja, D., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E., & Subandiono, R.E. (2016). *Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional Edisi-2*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Bogor. 60 Hlm.
- Sukarman. (2025). *Tanah Podsolik di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala dan Pengelolaannya untuk Pertanian*. Penerbit Agro Indo Mandiri. Bogor. 237 hlm.
- Surahman, A., Hasryati, S. Y., & Mulyanto, B. (2022). Soil Macrifauna Diversity and Litter Decomposition Rate In The Buffer Zone of Lore Lindu Biosphere Reserve, Indonesia. *International Journal of Design & Nature and Ecodynamics*, 17(5), 739–746.
- Syahputra, E., Fauzi, & Razali. (2015). Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(1), 1796–1803. <https://media.neliti.com/media/publications/107105-ID-none.pdf>.
- Szyszkó-Podgórska, K., Kondras, M., Dymitryszyn, I. & Matracka, A. (2018). Influence of soil macrofauna on soil organic carbon content. *Environmental Protection and Natural Resources*. 29(4): 20-25. <https://doi.org/10.2478/oszn-2018>.
- Tarigan, C.N., Marpaung, P. & Lubis, K. S. (2014), Identifikasi Horizon Argilik dengan Metode Irisan Tipis pada Ultisol di Arboretum Usu Kwala Bekala. *Jurnal Online Agroteknologi*. 2(2), 863-877.
- Wasis, B. & Sajadad, B.H. (2024). Kelimpahan Makrofauna Tanah pada Beberapa Tutupan Lahan di Kabupaten Balangan, Provinsi Kalimantan Selatan. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 15(2): 162-168.
- Wibowo, C. & Slamet, S.A. (2017). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Tipe Tegakan di Areal Bekas Tambang Silika di Holcim Educational Forest, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 8(1): 26-34.
- Wibowo, S. (2015). Hubungan Cacing Tanah Dengan Kondisi Fisik, Kimia dan Mikrobiologis Tanah Masam Ultisol di Daerah Lampung Utara. *Jurnal AGRI PEAT*. 16(1): 46-56.

- Winara, A. (2020). Diversity of Soil Macrofauna on Teak (*Tectona grandis*) and Kimpul (*Xanthosoma sangittifolium*) Agroforestry. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*, 3(1), 9–18.
- Yanarita, Indrayanti, L., Johanna, & Afetina. (2021). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Sistem Wanatani Berbasis Jelutung (*Dyera lowii* Hook . F) di Lahan Gambut. *Jurnal Teknik Ekologi*, 22(7), 223–230.
- Yulnafatmawita (2017). Karakteristik Sifat Tanah Ultisol dan Strategi Pengelolaannya. *Jurnal Solum*. 14(2): 115-122.
- Zida, Z., Ouédraogo, E., Mando, A., & Stroosnijder, L. (2011). Termite and earthworm abundance and taxonomic richness under long-term conservation soil management in Saria, Burkina Faso, West Africa. *Applied Soil Ecology*, 51(1), 122–129. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2011.09.001>.