

## Assessment of Soil Macrofauna Diversity in Rice Fields and Dry Lands in Panti District, Jember Regency

Laily Mutmainnah<sup>1\*</sup>, Dimas Verdian Ramdhani<sup>2</sup>, Tri Candra Setiawati<sup>2</sup>

<sup>1,2,3</sup>Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia;

### Article History

Received : February 14<sup>th</sup>, 2026

Revised : February 25<sup>th</sup>, 2026

Accepted : March 04<sup>th</sup>, 2026

\*Corresponding Author: **Laily Mutmainnah**, Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Jember, Jember, Indonesia;  
Email:  
[laily.mutmainnah@unej.ac.id](mailto:laily.mutmainnah@unej.ac.id)

**Abstract:** The variety of soil macrofauna serves as a biological indicator to assess the sustainability of land, especially in farming areas. Soil macrofauna are essential in the nutrient cycle. Macrofauna significantly contribute to the decomposition of soil litter into organic materials. Environmental factors affect the presence of soil macrofauna. Important environmental factors include soil pH, soil temperature, and soil organic carbon content. Differences in these three factors are directly visible in agricultural lands, particularly between rice paddies and drylands. Rice paddies are actively cultivated and flooded agricultural lands. Meanwhile, drylands are agricultural lands that are not actively cultivated. The author intends to explore the variety of soil macrofauna in two distinct land settings. Additionally, the author seeks to assess how variations in land conditions impact the diversity of soil macrofauna. Samples of soil were collected from eight sites located at elevations between 91 and 600 meters above sea level, which included four rice fields and four dryland areas. The study examined several factors, such as soil temperature, soil pH, soil organic matter, and the biodiversity of soil macrofauna. Soil temperature was measured with a soil thermometer. The soil pH was assessed using a pH meter, while soil organic matter was evaluated with the Walkley and Black technique. Observations of soil macrofauna were carried out employing hand sorting and the Berlesse funnel extraction method. The biodiversity of soil macrofauna was determined using the Shannon's Weaver Diversity Index and the Margalef Species Richness Index equations. The findings indicated that soil temperature varied from 23.47 to 27.60 degrees Celsius, soil pH varied from 4.65 to 6.72, and the percentage of soil organic matter ranged from 1.66 to 3.62%. These three elements displayed a negative relationship with the diversity of soil macrofauna, while positively correlating with the richness of soil macrofauna species.

**Keywords:** Biodiversity, dry lands, rice fields, soil macrofauna.

### Pendahuluan

Tanah merupakan sistem ekologis dinamis yang memainkan peran fundamental dalam menjaga produktivitas dan keberlanjutan agroekosistem melalui fungsi-fungsi seperti dekomposisi bahan organik, siklus unsur hara, stabilisasi agregat, regulasi air, dan penyimpanan karbon. Fungsi-fungsi tersebut sangat dipengaruhi oleh komunitas biota tanah, yang mencakup mikroorganisme hingga fauna tanah berukuran besar. Dalam beberapa dekade terakhir, perhatian terhadap

biodiversitas tanah meningkat karena perannya yang krusial dalam menjaga stabilitas dan resiliensi ekosistem pertanian (Delgado-Baquerizo *et al.*, 2020).

Salah satu komunitas biota tanah yang penting adalah makrofauna tanah. Makrofauna tanah (organisme berukuran >2 mm seperti cacing tanah, rayap, semut, dan kumbang tanah) merupakan komponen penting dalam jaring makanan tanah dan berfungsi sebagai *ecosystem engineers*. Aktivitas bioturbasi dan fragmentasi serasah yang dilakukan oleh makrofauna berkontribusi terhadap

pembentukan struktur tanah, peningkatan porositas, serta percepatan dekomposisi bahan organik. Interaksi antara makrofauna dan mikroorganisme tanah membentuk proses kunci dalam transformasi dan stabilisasi karbon serta siklus hara (Philips, *et al.*, 2019).

Keberadaan dan keanekaragaman organisme tanah berukuran besar sangat membantu dalam menjaga keseimbangan ekosistem. Mereka juga membantu mengelola jumlah bentuk kehidupan tanah lainnya dan dapat bertindak sebagai indikator kondisi tanah. Ekosistem tanah mengandung unsur-unsur yang cukup rumit dan saling terkait yang memengaruhi satu sama lain dan membentuk susunan kelompok makrofauna tanah (Sulistiyorini, *et al.*, 2021). Oleh karena itu, perubahan dalam komposisi dan keanekaragaman makrofauna dapat memengaruhi fungsi ekosistem tanah secara signifikan. Kondisi ekosistem tanah menunjukkan seberapa baik kesesuaiannya dengan kondisi lingkungan yang memengaruhi keberadaan makrofauna tanah, yang juga disebut sebagai faktor abiotik. Beberapa faktor abiotik sangat memengaruhi susunan populasi makrofauna tanah, termasuk suhu tanah, keasaman tanah (pH), jumlah karbon organik dalam tanah, dan faktor abiotik lainnya.

Suhu tanah berfungsi sebagai faktor pembatas penting bagi komunitas makrofauna tanah. Berbagai jenis makrofauna tanah memiliki tingkat toleransi yang berbeda-beda terhadap suhu tanah. Hal tersebut berkaitan dengan struktur tubuh masing-masing makrofauna. Suhu tanah akan memengaruhi laju metabolisme, aktivitas makan dan reproduksi makrofauna tanah (Anugrah, *et al.*, 2022). Dengan demikian, suhu tanah akan memengaruhi perubahan jumlah makrofauna tanah. Keasaman tanah (pH) dan jumlah karbon organik dalam tanah saling berhubungan, memengaruhi keberadaan fauna tanah. pH tanah memengaruhi ketersediaan nutrisi, kelarutan logam, dan aktivitas organisme tanah. Dalam konteks ini, kadar karbon organik dalam tanah juga dapat dipengaruhi oleh pH tanah. Perubahan pH tanah akibat praktik pengelolaan lahan dapat menggeser komposisi komunitas makrofauna tanah (Rusniarsyah & Padilah, 2025). Sedangkan kandungan c-organik tanah

merupakan indikator utama kesuburan tanah sekaligus sumber energi dalam jarring makanan detrital (dalam hal ini makrofauna tanah) (Ahmed, *et al.*, 2024).

Perubahan penggunaan lahan dan intensifikasi pertanian terbukti berdampak besar terhadap biodiversitas tanah. Praktik pengolahan tanah intensif, aplikasi pupuk dan pestisida, serta pengelolaan residu tanaman dapat mengubah kondisi fisik dan kimia tanah sehingga memodifikasi habitat makrofauna (Guerra, *et al.*, 2020). Dalam konteks agroekosistem tropis, lahan sawah dan lahan tegalan merupakan dua sistem budidaya dengan kondisi lingkungan yang kontras. Sawah dicirikan oleh genangan periodik yang menyebabkan kondisi anaerob sementara, fluktuasi redoks, serta dinamika suhu dan kelembapan yang relatif lebih stabil selama musim tanam. Sebaliknya, tegalan merupakan sistem lahan kering dengan kondisi aerob dominan serta variasi suhu dan kelembapan yang lebih tinggi akibat paparan langsung terhadap faktor iklim. Perbedaan kondisi tersebut berpotensi menghasilkan struktur komunitas makrofauna yang berbeda, baik dari segi kelimpahan maupun komposisi taksonomi. Oleh karena itu, penilaian biodiversitas makrofauna pada sistem sawah dan tegalan menjadi penting untuk memahami bagaimana variasi kondisi lingkungan memengaruhi fungsi tanah.

## Bahan dan Metode

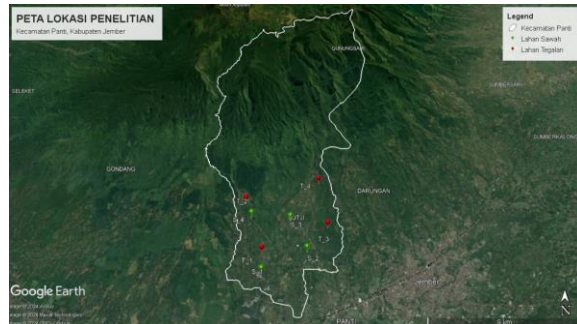
### Lokasi Penelitian

Penelitian dilaksanakan secara bertahap dengan runtutan: (1) Pengambilan sampel tanah dan pengamatan suhu tanah, (2) Ekstraksi makrofauna tanah, (3) Analisis pH Tanah, dan (4) Perhitungan Indeks Keanekaragaman dan Kekayaan makrofauna tanah. Pengambilan sampel tanah dilaksanakan di Kecamatan Panti, Kabupaten Jember pada lahan sawah dan lahan tegalan. Gambaran lokasi pengambilan sampel tanah tersaji dalam Gambar 1 dan Tabel 1.

**Tabel 1.** Lokasi Pengambilan Sampel

Titik Sampel	Penggunaan Lahan	Elevasi (mdpl)	Jenis Tanah
S1	Sawah	91 - 300	Inceptisol
S2	Sawah	91 - 300	Inceptisol

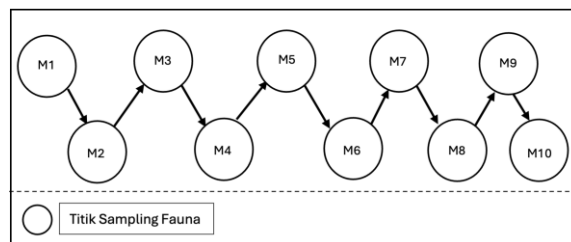
Titik Sampel	Penggunaan Lahan	Elevasi (mdpl)	Jenis Tanah
S3	Sawah	91 - 300	Andisol
S4	Sawah	91 - 300	Inceptisol
T1	Tegalan	600 – 900	Andisol
T2	Tegalan	300 – 600	Inceptisol
T3	Tegalan	91 – 300	Andisol
T4	Tegalan	300 – 600	Inceptisol



Gambar 1. Peta Lokasi Penelitian

### Pengambilan Sampel dan Pengukuran Suhu Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan secara zig-zag (Gambar 2) sebanyak 10 titik (dengan jarak antar titik  $\pm 8$  meter) pada masing-masing lokasi titik sampel. Sampel tanah diambil berdasarkan plot berukuran 20 cm x 20 cm x 20 cm menggunakan alat cetok dan pisau tanah lalu dimasukkan dalam kain blacu putih. Saat pengambilan sampel tanah, suhu tanah dicatat di setiap lokasi pengambilan sampel menggunakan termometer tanah.

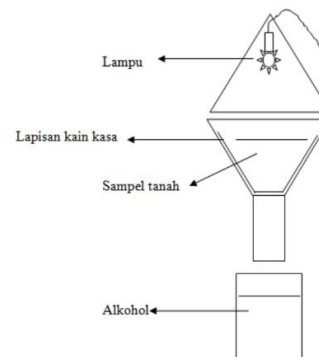


Gambar 2. Metode pengambilan sampel zig-zag

### Ekstraksi Makro Fauna Tanah

Sampel tanah diekstrak untuk mengamati makrofauna menggunakan metode *handsorting* dan modifikasi Berlese funnel. Sampel tanah diletakkan di nampan dengan alas kain blacu putih. Sampel tanah diamati dengan cara sortasi manual atau menggunakan tangan. Fauna yang ditemukan selanjutnya dimasukkan ke dalam botol berisi alkohol 70%. Selanjutnya, sampel tanah yang sudah diamati dipindahkan pada alat

modifikasi Berlese funnel untuk mendapatkan makrofauna yang tidak berhasil teramati menggunakan metode *hand sorting*.



Gambar 3. Modifikasi Ekstraksi Berlese Funnel

### Variabel dan Analisis Data

Variabel yang diamati dalam penelitian ini meliputi variable abiotic dan biotik. Variable abiotik terdiri dari suhu tanah, pH tanah, dan karbon organik tanah. Sedangkan variable biotik berupa biodiversitas makroorganisme tanah yang terdiri dari keanekaragaman dan kekayaan makro fauna tanah. pH tanah diukur menggunakan pH meter dan kandungan karbon organik diukur menggunakan metode *Walkey and Black*. Keanekaragaman makrofauna dihitung menggunakan rumus Shannon's Weaver. Kekayaan makrofauna tanah dihitung menggunakan rumus indeks kelimpahan Margalef.

$$H' = -\sum [(ni/N) \ln (ni/N)] \quad (1)$$

$H'$  = Indeks Keanekaragaman Shannon's Weaver  
 $ni$  = jumlah individu genus ke- $i$   
 $N$  = total jumlah individu

$$R1 = \frac{S-1}{\ln(N)} \quad (2)$$

$R1$  = Indeks kekayaan Margalef  
 $S$  = jumlah jenis fauna  
 $N$  = total jumlah individu

Tabel 2. Kriteria indeks keanekaragaman Shannon's Weaver

$H'$	Kriteria
$H' < 1$	Rendah
$1 < H' < 3$	Sedang
$H' > 3$	Tinggi

**Tabel 3.** Kriteria indeks kekayaan Margalef

R1	Kriteria
R1 < 3	Rendah
3 < R1 < 5	Sedang
R1 > 5	Tinggi

Keragaman pada data abiotik diuji secara statistic menggunakan ANOVA (*Analysis of Variance*) pada Tingkat kepercayaan 95%. Apabila hasil menunjukkan perbedaan yang signifikan maka akan dilanjutkan uji statistic menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil). Selain itu juga akan dilakukan analisis data berupa korelasi antara variable abiotic dan variable biotik untuk mengetahui hubungan antar variable.

## Hasil dan Pembahasan

### Faktor Abiotik

Makrofauna tanah sangat bergantung pada kondisi fisik dan kimia tanah, biasa disebut dengan factor abiotic. Dalam penelitian ini, unsur abiotik yang diukur adalah pH tanah, karbon organik tanah, dan suhu tanah. Suhu tanah merupakan faktor kunci dalam menilai keanekaragaman makrofauna tanah. Suhu tanah memiliki peran dalam kehidupan makrofauna tanah, diantaranya mengatur aktivitas dan metabolisme makrofauna, mempengaruhi proses reproduksi dan perkembangan makrofauna tanah, serta mengontrol interaksi dengan mikroorganisme. Perbedaan suhu dalam setiap tanah akan menentukan sebaran dan kelimpahan makrofauna dalam tanah.

**Tabel 4.** Faktor abiotik diversitas makrofauna tanah

Titik Sampel	pH Tanah	C-Organik Tanah (%)	Suhu Tanah (°C)
S1	4,65 M	3,43 T	25,00
S2	4,81 M	2,61 S	26,23
S3	4,90 M	2,79 S	26,40
S4	4,90 M	3,12 T	27,17
T1	6,72 N	3,62 T	27,60
T2	5,21 M	3,31 T	25,10
T3	5,03 M	2,14 S	25,33
T4	5,13 M	1,66 R	23,47

Keterangan: M = masam; N = netral; T = tinggi; S = sedang; R = rendah

Makrofauna tanah adalah makhluk hidup yang sangat bergantung pada kondisi lingkungan.

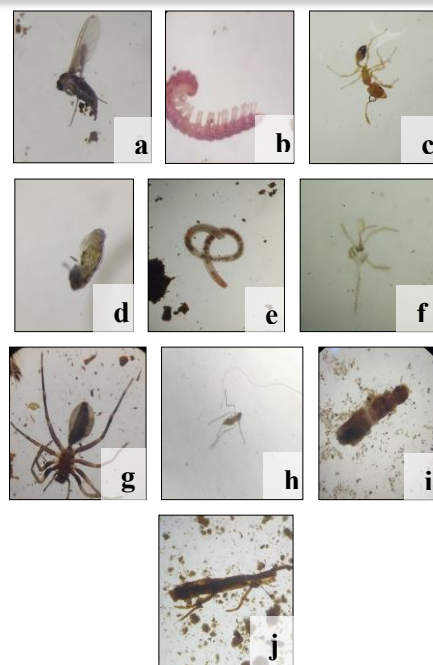
Kemasaman (pH) tanah merupakan factor penting yang harus diketahui untuk menentukan biodiversitas fauna tanah. pH tanah sangat erat kaitannya dengan ketersediaan unsur hara tanah yang juga merupakan salah satu sumber nutrisi bagi makrofauna tanah. Makrofauna umumnya dapat berkembang secara optimum pada kondisi pH 6 – 7,2 dengan kategori netral. Kondisi lingkungan penelitian menunjukkan bahwa pH tanah berkisar antara 4,65 – 6,72 dengan kategori masam – netral (Qomariyah, *et al.*, 2021). Kondisi tanah yang terlalu masam atau terlalu basa akan mengganggu aktifitas makrofauna yang berkaitan dengan system metanolisme makro fauna.

Kandungan C-Organik dalam tanah dapat menentukan pemerataan dan populasi dari fauna tanah (Apriani *et al.*, 2022). Hal ini terjadi karena karbon organik berfungsi sebagai sumber energi utama untuk pertumbuhan dan perkembangan makhluk hidup di dalam tanah. Menurut Tabel 4, jumlah karbon organik tanah di lokasi penelitian bervariasi antara 1,66% dan 3,62%, menunjukkan variabilitas rendah hingga tinggi. Rata-rata kadar karbon organik di sawah ditemukan sebesar 2,99%, sedangkan di lahan kering sebesar 2,68%. Secara umum, kondisi c-organik tanah pada area penelitian memenuhi kriteria untuk pertumbuhan makrofauna tanah. Tidak ada perbedaan yang nyata antar Lokasi titik pengambilan sampel untuk kandungan c-organik tanah.

Suhu tanah merupakan factor pembatas kehidupan fauna di dalam tanah. Suhu tanah akan mempengaruhi waktu makan dan pergerakan fauna dari dalam tanah ke permukaan tanah. Makrofauna tanah pada umumnya akan berkembang dengan baik pada suhu tanah 22 – 30°C (Chotimah *et al.*, 2020). Rata-rata suhu tanah pada lahan sawah (26,2°C) lebih tinggi dibanding suhu tanah pada lahan tegalan (25,4°C). Hal tersebut dikarenakan tanah pada lahan sawah tidak ternaungi secara langsung, sehingga panas dari lingkungan bisa masuk ke dalam tanah hamper 85%. Sedangkan tanah pada lahan tegalan ternaungi oleh tanaman-tanaman Tingkat tinggi di atasnya. Namun demikian, suhu tanah pada lingkungan penelitian masih tergolong kondisi yang ideal untuk perkembangan makrofauna tanah.

### Biodiversitas Makrofauna Tanah

Hasil penelitian menunjukkan bahwa jumlah makrofauna yang ada di sawah dan lahan kering bervariasi. Di sawah, para peneliti mengidentifikasi lima famili makrofauna tanah, sedangkan di lahan kering, mereka menemukan sembilan famili. Famili *Formicidae*, yang dikenal sebagai serangga sosial yang sering disebut semut, mendominasi baik di sawah maupun lahan kering. *Formicidae* merupakan serangga yang memiliki kemampuan hidup disegala tempat, termasuk tanah, dan dapat ditemukan disetiap tempat kecuali kutub (Putra, Setiawa, & Suprihatini, 2021). Tanah merupakan salah satu tempat hidup bagi semut. Semut memiliki fungsi ekologi sebagai penggembur tanah dengan cara membolak balikkan tanah. Secara rinci, jumlah individu/m<sup>2</sup> makrofauna yang ditemukan di Lokasi penelitian tersaji dalam **Tabel 5** dan **Gambar 4**.



**Gambar 4.** Makrofauna Famili (a) Faniidae, (b) Millipidae, (c) Formicidae, (d) Muscidae, (e) Lumbricidae, (f) Theridiidae, (g) Tetragnathidae, (h) Culicidae, (i) Rhinotermitidae, (j) Acrididae

**Tabel 5.** Populasi makrofauna yang ditemukan

No	Famili	Lahan Sawah	Lahan Tegalan
		Individu/m <sup>2</sup>	
1	<i>Formicidae</i>	26	35
2	<i>Muscidae</i>	3	6
3	<i>Lumbricidae</i>	11	24
4	<i>Acrididae</i>	1	1
5	<i>Theridiidae</i>	0	1
6	<i>Tetragnathidae</i>	0	1
7	<i>Millipide</i>	0	1
8	<i>Fanniidae</i>	2	0
9	<i>Culicidae</i>	0	6
10	<i>Rhinotermitidae</i>	0	1

Selain jenis makrofauna, hasil penelitian juga menunjukkan bahwa total populasi makrofauna yang ditemukan lebih banyak di lahan tegalan (76 individu/m<sup>2</sup>) dibanding makrofauna yang ditemukan pada lahan sawah (43 individu/m<sup>2</sup>). Lahan sawah yang umumnya tergenang menyebabkan kondisi tanah menjadi anaerob sehingga membatasi aktivitas dan keberlangsungan hidup sebagian besar makrofauna tanah, terutama kelompok arthropoda yang memerlukan aerasi tanah yang baik. Penelitian Korobushkin *et al.* (2019), melaporkan bahwa sistem budidaya padi dengan genangan air yang intensif dapat menurunkan kelimpahan makrofauna tanah dibandingkan sistem lahan kering.

Keberadaan makrofauna di dalam tanah dapat dijadikan sebagai penilaian kualitas lahan secara biologis melalui penilaian biodiversitas makrofauna tanah. Penilaian biodiversitas dapat dilakukan dengan menentukan indeks keanekaragaman dan kekayaan jenis makrofauna. Hasil analisis indeks keanekaragaman (H') dan indeks kekayaan jenis (R1) tersaji pada **Tabel 6**.

**Tabel 6.** Indeks keanekaragaman dan Kekayaan Makrofauna Tanah

Titik Sampel	H'	R1
S1	1,31 S	0,83 R
S2	1,39 S	1,44 R
S3	1,07 S	0,96 R
S4	1,12 S	1,52 R
T1	0,86 R	2,06 R
T2	0,84 R	1,82 R
T3	1,22 R	1,31 R
T4	1,71 S	0,87 R

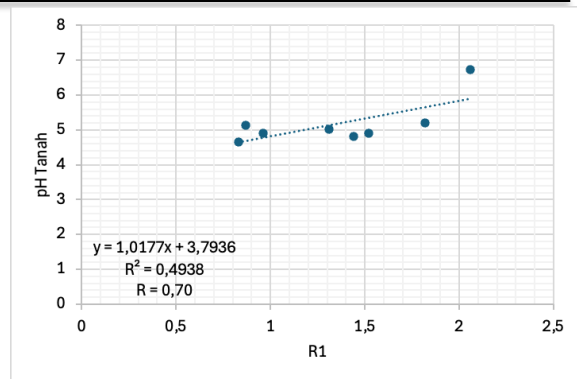
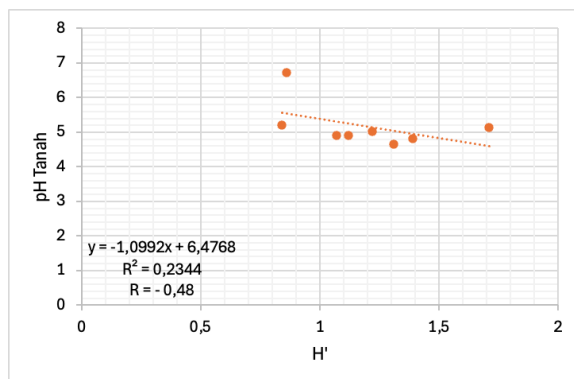
Keterangan: S = sedang; R = rendah

Berdasarkan **Tabel 6**, nilai indeks keanekaragaman (H') makrofauna tanah pada lahan sawah berkisar antara 1,07–1,39 dan termasuk dalam kategori sedang. Nilai tertinggi pada lahan sawah terdapat pada titik S2 (H' = 1,39), sedangkan terendah pada S3 (H' = 1,07).

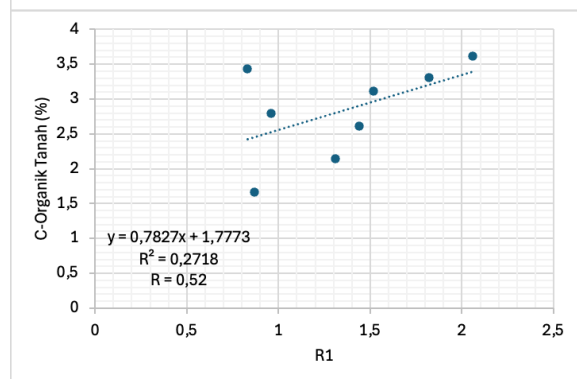
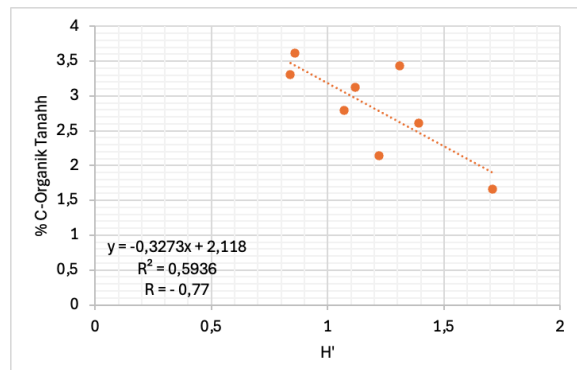
Sedangkan indeks kekayaan jenis (R1) pada lahan sawah berkisar antara 0,83–1,52, dengan nilai tertinggi pada S4 (R1 = 1,52). Lahan tegalan (T), nilai H' berkisar antara 0,84–1,71. Nilai tertinggi ditemukan pada titik sampel T4 (H' = 1,71) dengan kategori sedang, sedangkan titik lainnya (T1, T2, dan T3) berada pada kategori rendah hingga sedang. Nilai R1 pada lahan tegalan berkisar antara 0,87–2,06, dengan nilai tertinggi pada T1 (R1 = 2,06). Secara umum, variasi nilai H' dan R1 menunjukkan adanya perbedaan tingkat keanekaragaman dan kekayaan jenis makrofauna tanah pada setiap titik sampel baik di lahan sawah maupun lahan tegalan.

### Korelasi Variabel Abiotik dengan H' dan R1

Keragaman pada nilai H' dan R1 dapat diakibatkan oleh perbedaan kondisi lingkungan pada setiap titik pengambilan sampel. Berdasarkan hasil analisis korelasi, kemasaman (pH) tanah memiliki nilai korelasi -0,48 terhadap H', yang menunjukkan bahwa antara pH tanah dan H' memiliki pola keterikatan yang jelas namun tidak terlalu kuat. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan tingkat pH hingga ambang batas tertentu atau membuat tanah lebih basa akan mengurangi keanekaragaman makrofauna yang ada di dalam tanah. Saat yang sama, hubungan antara pH tanah dan indeks kelimpahan makrofauna menunjukkan hubungan yang signifikan (0,70). Berbeda dengan H', pada variabel R1, peningkatan pH tanah akan menyebabkan peningkatan jumlah makrofauna di dalam tanah, meskipun jenisnya tidak terlalu banyak. Namun perlu diperhatikan, kenaikan pH yang dimaksud dalam penelitian ini hanya sampai batas tertinggi analisis, yakni 6,72 (netral). pH dengan kategori sangat basa atau > 8,5 tetap dapat menekan keberadaan dan reproduksi makrofauna dalam tanah (Rayela *et al.*, 2025).



Gambar 5. Grafik korelasi pH Tanah dengan H' dan R1

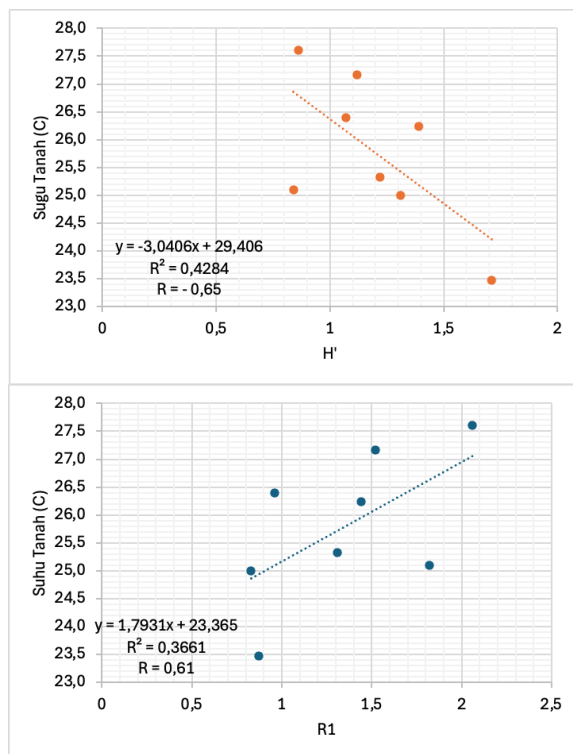


Gambar 6. Grafik korelasi antara C-Organik tanah dengan H' dan R1

Karbon organik tanah sangat penting untuk kelangsungan hidup makhluk tanah berukuran besar. Karbon organik berfungsi sebagai sumber energi dan nutrisi utama bagi organisme-organisme ini. Selain itu, karbon organik tanah memengaruhi organisasi komunitas makrofauna karena dapat memengaruhi kondisi kehidupan mereka. Secara umum, terdapat hubungan yang kuat antara karbon organik tanah dan keanekaragaman serta jumlah makrofauna yang ada di dalam tanah. Namun, menurut Gambar 6, temuan menunjukkan bahwa terdapat hubungan yang signifikan antara karbon organik tanah dan

indeks keanekaragaman makrofauna ( $H'$ ) sebesar -0,77, dan hubungan yang cukup kuat dengan keanekaragaman spesies makrofauna tanah sebesar 0,52.

Selain karbon organik, aspek penting lain yang perlu diperiksa adalah jumlah sinar matahari yang menembus tanah. Meskipun tanah mungkin memiliki kadar karbon organik yang tinggi, jika sinar matahari sangat intens, keanekaragaman makrofauna mungkin lebih sedikit daripada di tanah dengan karbon organik yang lebih rendah tetapi penetrasi sinar matahari yang berkurang. Jenis vegetasi yang lebih beragam menawarkan kondisi hidup yang lebih baik bagi makrofauna (Wibowo & Slamet, 2017). Hal ini sejalan dengan hasil penelitian yang menunjukkan bahwa daerah lahan kering memiliki keanekaragaman spesies yang lebih besar dibandingkan dengan sawah, meskipun daerah lahan kering mengandung lebih sedikit karbon organik.



**Gambar 7.** Grafik korelasi antara suhu tanah dengan  $H'$  dan R1

Suhu tanah memainkan peran penting dalam menentukan baik variasi maupun kelimpahan organisme yang hidup di dalam tanah (Karyaningsih, Hendrayana, & Kustiawan, 2021). Penelitian yang dilakukan oleh Li *et al.* (2024) menunjukkan bahwa suhu merupakan faktor

utama yang mempengaruhi keanekaragaman dan jumlah spesies makrofauna tanah. Analisis korelasi menunjukkan suhu tanah memiliki hubungan yang kuat dengan indeks keanekaragaman ( $H'$ ) (-0,65) dan indeks kekayaan spesies (R1) makrofauna (0,61). Hubungan antara suhu tanah dan  $H'$  menunjukkan bahwa seiring peningkatan suhu tanah, variasi makrofauna menurun. Hal ini terjadi karena spesies makrofauna tanah yang berbeda memiliki respons yang berbeda terhadap perubahan suhu.

Anggota famili *Formicidae* paling toleran terhadap lingkungan panas dan kering, sedangkan cacing tanah berkembang biak di kondisi tanah yang lebih dingin dan lembap (Hambali *et al.*, 2019). Oleh karena itu, pada tingkat suhu tertentu (di atas 25°C), hanya sejumlah kecil jenis makrofauna yang akan bertahan. Konsep ini sejalan dengan temuan yang menunjukkan korelasi kuat dan langsung antara suhu tanah dan indeks kekayaan makrofauna tanah. Hal ini menunjukkan bahwa seiring meningkatnya suhu tanah, nilai indeks kekayaan makrofauna juga meningkat karena prevalensi famili tertentu, khususnya *Formicidae* (Tabel 5).

## Pembahasan

Struktur komunitas makrofauna tanah pada lahan sawah dan tegalan dalam penelitian ini dibentuk dan dipengaruhi oleh factor edafik, yakni factor-factor yang berkaitan dengan kondisi fisik ataupun kimia suatu lingkungan, diantaranya kemasaman (pH) tanah, c-organik tanah dan suhu tanah. Ketiga faktor tersebut tidak bekerja secara terpisah, melainkan saling berinteraksi dalam menentukan keberadaan dan dominansi makrofauna tanah. Tingkat pH tanah memengaruhi keberadaan makrofauna tanah baik secara langsung maupun tidak langsung. Bahkan di daerah dengan pH netral, sedikit perubahan pH pun dapat mengubah susunan komunitas makrofauna tanah (Duddigan, *et al.*, 2021). Hal tersebut terjadi diduga karena pH tanah dapat mempengaruhi jaringan trofik bawah tanah sehingga dapat berpengaruh terhadap biomassa dan aktivitas fauna tanah. Sebuah studi yang dilakukan oleh Geisen *et al.*, (2023) menunjukkan bahwa tingkat pH tanah merupakan faktor kunci dalam menentukan di mana berbagai hewan tanah dapat ditemukan. Akibatnya, perbedaan pH tanah

antara daerah penanaman padi dan lahan kering menyebabkan variasi yang dapat diamati dalam struktur komunitas makrofauna dalam penelitian ini.

pH tanah dalam hal ini tidak berdiri sendiri, namun juga berinteraksi dengan suhu tanah dan kandungan c-organik dalam mempengaruhi komposisi komunitas makrofauna tanah. Kendala utama adalah suhu tanah karena makrofauna tanah adalah ektoterm, yang berarti mereka sangat bergantung pada kondisi suhu eksternal untuk mengontrol panas tubuh mereka. Penelitian ini mengungkapkan korelasi negatif yang kuat antara suhu tanah dan indeks keanekaragaman ( $r = -0,65$ ) yang menunjukkan bahwa peningkatan suhu cenderung menurunkan pemerataan komunitas. Pola ini mengindikasikan terjadinya dominansi oleh famili yang lebih toleran terhadap suhu tinggi, sementara kelompok sensitif mengalami penurunan kelimpahan. Dalam penelitian ini terlihat bahwa famili *Formicidae* dan *Lumbricidae* lebih mendominasi dibanding dengan famili makrofauna lainnya. *Formicidae* merupakan makrofauna jenis serangga sosial yang memiliki toleransi termal atau suhu yang lebih tinggi dibanding fauna lainnya (Gao, *et al.*, 2023). Selain itu *Formicidae* memiliki kemampuan regulasi iklim mikro sarang yang sangat baik (Putra, Setiawan, & Suprihatini, 2021). Sehingga *formicidae* lebih kompetitif menghadapi kondisi suhu yang meningkat. Sebaliknya, organisme bertubuh lunak seperti *Lumbricidae* lebih rentan terhadap stres termal dan kekeringan (Batista, *et al.*, 2023). Konsep batas toleransi termal (*critical thermal maximum*) menjelaskan bahwa setiap spesies memiliki ambang suhu tertentu yang menentukan kelangsungan hidup dan aktivitasnya (Diamond *et al.*, 2012). Makrofauna tanah dapat diurutkan berdasarkan kemampuan ketahanan tubuhnya terhadap suhu mulai dari yang paling tinggi hingga rendah adalah *Rhinotermitidae*, *Formicidae*, *Acrididae*, *Muscidae*, *Fanniidae*, *Culicidae*, *Theridiidae*, *Tetragnathidae*, *Millipede (Diplopoda)*, dan *Lumbricidae* (Diamond *et al.*, 2012; Roeder *et al.*, 2021; Youngsteadt *et al.*, 2022).

Hasil penelitian ini, suhu tanah juga menunjukkan korelasi positif terhadap kekayaan jenis ( $r = 0,61$ ). Nilai korelasi tersebut menunjukkan bahwa dalam kisaran suhu

tertentu, peningkatan suhu tidak serta-merta mengurangi jumlah jenis, melainkan memicu pergeseran komposisi komunitas melalui hadirnya makrofauna toleran panas. Hal ini selaras dengan penelitian sintesis global fauna tanah, dimana peningkatan suhu lebih sering mengubah struktur dominansi daripada menyebabkan hilangnya spesies secara langsung (Guerra *et al.*, 2024). Selain pH dan suhu tanah, aspek penting tambahan yang memengaruhi komunitas makrofauna di sawah dan lahan gambut adalah kandungan karbon-organik tanah.

Kandungan karbon-organik tanah berfungsi sebagai sumber energi utama bagi makrofauna tanah. Kandungan karbon-organik yang tinggi dapat meningkatkan aktivitas makrofauna tanah dan meningkatkan karakteristik fisik tanah, termasuk agregasi dan kemampuannya untuk menahan air. Penelitian Manu *et al.* (2022), menyatakan bahwa bahan organik dalam tanah merupakan faktor penggerak utama struktur komunitas makrofauna tanah. Hal tersebut dikarenakan bahan organik dalam tanah menentukan aliran energi dalam ekosistem bawah tanah. Menurut Gambar 6, terdapat hubungan positif antara jumlah bahan organik dalam tanah dan keanekaragaman spesies makrofauna tanah. Ketika tanah memiliki jumlah karbon organik yang lebih besar, hal itu menciptakan lingkungan yang lebih baik bagi makrofauna tanah (spesifik) untuk berkembang biak.

Penelitian ini mendukung temuan Ruess *et al.*, (2025), yang menunjukkan bahwa tingkat karbon dalam tanah berhubungan positif dengan biomassa fauna tanah. Dalam penelitian ini, kandungan c-organik tanah memiliki peran sebagai faktor penyangga yang mengurangi dampak stress suhu dan memperkuat stabilitas komunitas makrofauna tanah. Disisi lain, makrofauna tanah berperan penting dan secara langsung dalam mendorong perputaran bahan organik di dalam tanah (Crowther *et al.*, 2019). Makrofauna memiliki fungsi penting dalam penguraian bahan organik yang berkelanjutan dan merupakan pengurai utama serasah permukaan menjadi senyawa yang lebih basa (Maqtan *et al.*, 2021). Dengan demikian, hubungan antara makrofauna tanah dan kandungan karbon organik tanah merupakan sebuah paradoks memengaruhi siklus nutrisi, terutama berkaitan dengan karbon organik tanah.

## Kesimpulan

Komunitas makrofauna yang ada di lahan sawah dan tegalan dapat bervariasi akibat perbedaan kondisi pH, suhu, dan juga kandungan c-organik tanah. Makrofauna tanah memiliki toleransi yang berbeda-beda terhadap pH dan suhu tanah. Makrofauna yang paling toleran terhadap suhu adalah Famili *Formicidae* dan yang paling peka adalah *Lumbricidae*. Faktor lingkungan tidak bekerja sendiri dalam membentuk struktur komunitas makrofauna tanah, namun saling berinteraksi dan saling bergantung, begipula dengan makrofauna tanah terhadap lingkungannya.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Universitas Jember yang telah mendukung penelitian ini dalam bentuk pendanaan.

## Referensi

- Ahmed, Z., Ali, R. M., Ali, J., Liu, W. & Xu, J. (2024). Unraveling the Symphony of Soil Fauna and Quality Parameters for Soil Sustainability: A Thematic Review. *International Journal of Research and Review*, 11(7): 90-108. doi: <https://doi.org/10.52403/ijrr.20240710>
- Anugrah, D., Indriani, D. & Pariyanto. Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Perkebunan Kelapa Sawit di Kecamatan Karang Tinggi Kabupaten Bengkulu Tengah. *Jurnal Riset dan Inovasi Pendidikan Sains*, 1(2): 81-95. doi: <https://doi.org/10.36085/jrips.v1i2.3599>
- Apriani, R. R., Santoao, U., Mulyawan, R. & Ellya, H. (2022). Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Beberapa Variasi Vegetasi di Lahan Penelitian Agroekoteknologi Universitas Lambung Mangkurat. *Agritrop*, 20(1): 84-92. doi: <https://doi.org/10.32528/agritrop.v20i1.7306>
- Batista, I., Machado, D. L., Correia, M. E. F., Spinelli, M. H. M. & Cora, J.E. (2023). Soil Macrofauna Correlations With Soil Chemical and Physical Properties and Crop Sequences Under No-Tillage. *Rev Bras Cienc*, 47: 1-17. doi:

<https://doi.org/10.36783/18069657rbcs20230006>

- Crowther, T. W., Hoogen, J. V. D., Wan, J., Mayes, M. A., Keiser, A. D., Mo, L., Averill, C. & Maynard, D. S. (2019). The Global Soil Community and Its Influence on Biogeochemistry. *Soil Ecology*, 365. doi: <http://dx.doi.org/10.1126/science.aav0550>
- Delgado-Baquerizo, M., Guerra, C. A., Cano-Diaz, C. & Egidi, E. (2020). The Proportion of Soil-Borne Pathogens Increases with Warming at The Global Scale. *Nature Climate Change*, 10(6). doi: 10.1038/s41558-020-0759-3
- Diamond, S. E., Nichols, L. M., McCoy, N., Hirsch, C., Pelini, S. L., Sanders, N. J., Ellison, A. M., Gotelli, N. J. & Dunn, R. R. (2012). A Physiological Trait-Based Approach to Predicting the Responses of Species to Experimental Climate Warming. *Ecology*, 93(11): 2305-2312. doi: 10.2307/41739301
- Duddigan, S., Fraser, T., Green, I., Diaz, A., Sizmur, T. & Tibbett, M. (2021). Plant, soil and faunal responses to a contrived pH gradient. *Plant Soil*, 462: 505-524. doi: <https://doi.org/10.1007/s11104-021-04879-z>
- Gao, M., Peng, C., Hu, Y., Liu, W., Ye, Y., Zheng, Y. & Chen T. (2023). Composition and vertical distribution of agricultural soil Macrofauna community after an extreme high temperature event in the summer of 2022. *Ecological Indicators*, 153: 1-11. doi: <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2023.110439>
- Guerra, C. A., Heintz-Buschart, A., Sikorski, J. & Chatzinotas, A. (2020). Blind Spots In Global Soil Biodiversity And Ecosystem Function Research. *Nature Communication*, 11(1):1-13. doi: 10.1038/s41467-020-17688-2
- Guerra, C. A., Eisenhauer, N., Tebbe, C. C., Xylander, W. E. R., Albert, W., Babin, D., Bartkowski, B., Burkhard, B., Filser, J., Haase, D., Hohberg, K., Kleemann, J., Kolb, S., Lachmann, C., Riling, M. C., Rombke, J., Ruess, L., Scheu, S., Scheunemann, N., Steinhoff-Knopp, B. & Wellbrock, N. (2024). Foundations for a

- National Assessment of Soil Biodiversity. *Sustainable Agriculture and Environment*, 3:e12116: 1-10. doi: <https://doi.org/10.1002/sae2.12116>
- Hambali, M. D., Nuraulia, A. & Sulistyawati, E. (2019). Perbandingan Faktor Edafik Terhadap Komunitas Makrofauna Tanah Di Dua Ekosistem Yang Berbeda Sebagai Indikator Hutan Yang Berkelanjutan. *Biotika*, 17(2): 38-45. doi: <https://doi.org/10.24198/biotika.v17i2.26647>
- Karyaningsih, I., Hendrayana, Y. & Kustiawan, I. (2021). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Di Zona Rehabilitasi Taman Nasional Gunung Ciremai Blok Pasirbatang Desa Karang Sari Kabupaten Kuningan. *Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 13(1): 60-67. doi: [10.25134/quagga.v13i1.3521](https://doi.org/10.25134/quagga.v13i1.3521).
- Korobushkin, D. I., Gongalsky, K. B., Gorbunova, A. Y., Palatov, D. M., Shekhovtsov, S. V., Tanasevitch, A. V., Volkova, J. S., Chimidov, S. N., Dedova, E. B., Ladatko, V. A., Sunitskaya, T. V., John, K., Saifutdinov, R. A. & Zaitsev, A. S. (2019). Mechanisms Of Soil Macrofauna Community Sustainability In Temperate Rice-Growing Systems. *Scientific Report*, 9:10197. doi: <https://doi.org/10.1038/s41598-019-46733-4>
- Manu, M., Bancila, R. I., Mountford, O. J. & Onete, M. (2022). Soil Invertebrate Communities as Indicator of Ecological Conservation Status of Some Fertilised Grasslands from Romania. *Diversity*, 14: 1031. doi: <https://doi.org/10.3390/d14121031>
- Philips, H. R. P., Guerra, C. A., Bartz, M. L. C. & Briones, M. J. I. (2019). Global Distribution of Earthworm Diversity. *Science*, 366(6464): 480-485. doi: [10.1126/science.aax4851](https://doi.org/10.1126/science.aax4851)
- Putra I.L.I., Setiawan H., & Suprihatini N. (2021). Keanekaragaman Jenis Semut (*Hymenoptera : Formicidae*) di Sekitar Kampus 4 Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. *Biospecies*, 14(2): 20-30. doi: <https://doi.org/10.22437/biospecies.v14i2.12905>
- Qomariyah, N., Nugroho, A. S. & Hayat., M. S. (2021). Makrofauna Tanah Di Lahan Hortikultura Desa Losari Kecamatan Sumowono Kabupaten Semarang. *Quangga Jurnal Pendidikan dan Biologi*, 13(1): 68-73. doi: [10.25134/quagga.v13i1.3613](https://doi.org/10.25134/quagga.v13i1.3613).
- Rayela, R. N. E., Fetiza, A. P. S. & Estorico, G. C. (2025). The Impact of Soil pH on Earthworm Diversity and Abundance: A Systematic Review of Soil Acidity and its Effects on Vermicomunities. *International Journal of Innovative Science and Research Technology*, 10(4): 488-494. doi: <https://doi.org/10.38124/ijisrt/25apr031>
- Roeder, K. A., Roeder, D. V. & Bujan, J. (2021). Ant Thermal Tolerance: A Review of Methods, Hypotheses, and Sources of Variation. *Annals of the Entomological Society of America*, 20(10): 1-11. doi: [10.1093/aesa/saab018](https://doi.org/10.1093/aesa/saab018)
- Ruess, L., Kolb, S., Eisenhauer, N. & Ristok, C. (2025). Soil Biodiversity Promotes Key Ecosystem Functions by Its Complex Structure and Interactions – State and Perspectives. *Soil Organisms*, 97(2): 115-128. doi: <https://doi.org/10.25674/450>
- Rusniarsyah, L. & Padilah, N. M. (2025). Keanekaragaman Fauna Tanah di Lahan Agroforestri Kawasan Taman Nasional Gunung Halimun Salak. *Jurnal Silviculture Tropika*, 16(01): 89-97. doi: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.16.1.87-95>
- Sulistyorini, E., Widyastuti, R. & Santoso, S. (2021). Kelimpahan Fauna Tanah pada Ekosistem Pascabakar Kecamatan Mentebah, Kabupaten Kapuas Hulu, Kalimantan Barat, Indonesia. *Agro Bali Agriculture Journal*, 4(3): 362-369. doi: <https://doi.org/10.37637/ab.v4i3.745>
- Wibowo, C. & Slamet, A. (2017). Keanekaragaman Makrofauna Tanah Pada Berbagai Tipe Tegakan Di Areal Bekas Tambang Silika Di Holcim Educational Forest, Sukabumi, Jawa Barat. *Jurnal Silviculture Tropika*, 8(1): 26-34. doi: <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.8.1.26-34>
- Youngsteadt, E., Prado, S. G., Keleher, K. J. & Kirchner, M. (2022). Can Behaviour and

Physiology Mitigate Effects of Warming  
on Ectotherms? A Test in Urban Ants.

*Journal of Animal Ecology*, 92: 568-579.  
doi: 10.1111/1365-2656.13860