



## Keanekaragaman Mesofauna Tanah pada Lahan Pertanian Sayuran Konvensional dan Organik di Kecamatan Baturiti

Yohanna Silalahi, Anak Agung Istri Kesumadewi\*, I Wayan Dana Atmaja

Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Udayana,  
Jl. P.B. Sudirman, Denpasar, 80362, Indonesia

\*Corresponding author: [aai-kesumadewi@live.com](mailto:aai-kesumadewi@live.com)

### ABSTRACT

**Diversity of Soil Mesofauna on Conventional Agricultural Land and Organic in Baturiti Sub-District.** A comparative descriptive research was carried out to determine the impact of conventional and organic vegetable cultivation systems on the diversity of soil mesofauna in Baturiti District. Each three replicates of soil samples were taken from 5 types of vegetable plants cultivated on conventional agricultural and organic agricultural lands. The samples were taken at a depth of 0-20 cm from purposive vegetable field. Soil mesofauna was separately extracted from each soil sample using the Barlesse-Tullgren extraction method with under 45 watt lamp for 48 hours. The morphology of the mesofauna was observed under stereo microscope. The research results show that the soil mesofauna on conventional agricultural land consists of 7 orders, 18 families, 19 genera and 22 species with a total of 31 individuals per m<sup>2</sup>, while on organic agricultural land there are 7 orders, 17 families, 20 genera and 23 species with the number of individuals was 45. The soil mesofauna dominance index in all research locations was low between 0.02-0.15. The soil mesofauna diversity index in all research locations is in the medium category, namely between 1.87-2.62. The evenness index of soil mesofauna types throughout the research location is in the high category, namely between 0.95-1.09.

---

**Keywords:** Soil Mesofauna, Diversity, Coventional and Organic

### PENDAHULUAN

Sayuran adalah salah satu komoditas pertanian penting di Indonesia. Jumlah produksi sayuran di Indonesia pada tahun 2022 tercatat 15 juta ton (BPS, 2022). Pada tahun yang sama, sejumlah 226.120 ton sayuran dihasilkan di Bali (BPS Bali, 2022). Daerah produsen sayuran tersebar di kabupaten dan kota di Bali dengan sentra produksi utama sayuran terletak di Kecamatan Baturiti. Kecamatan Baturiti terletak di ketinggian  $\pm 1.250$  m dpl dengan pengelolaan lahan pertanian yang sama pada sistem konvensional dan organik namun

berbeda pada jenis pupuk dan pestisida yang digunakan. Menurut petani setempat, petani pada lahan konvensional menggunakan pestisida kimia serta pupuk kimia dan organik, sedangkan pada lahan organik hanya diperlakukan dengan pupuk organik dan pestisida nabati.

Tanaman sayuran umumnya dibudidayakan secara intensif baik dalam pengolahan tanah maupun penggunaan pupuk dan pestisida (Mariyono et al., 2020; Menegey dan Harmono, 2007). Intensifikasi juga dilakukan oleh petani di Bali sejak peralihan dari sistem pertanian subsisten

menuju agribisnis (Mariyono, 2019). Praktek budidaya intensif diketahui menurunkan keragaman hayati tanah dan menyebabkan degradasi lahan (Tsiafouli *et al.*, 2015; Peter *et al.*, 2019). Penurunan keragaman hayati tanah akan berdampak terhadap fungsi biota tanah untuk menopang kehidupan di bumi. Mesofauna merupakan bagian dari biota tanah yang menjadi penghubung antara kelompok mikroba dan makrofauna tanah. Mesofauna tanah menjadi bioindikator dalam menduga kualitas atau kesuburan tanah serta berperan dalam dekomposisi senyawa organik, siklus unsur hara, rantai makanan, dan energi (Suwondo, 2002). Mesofauna tanah terdiri dari beragam jenis yang meliputi arthropoda mikro seperti Oribatida yang sensitif terhadap gangguan lingkungan (Behan-Pelletier, 1999), Gamasina yang berperan secara tidak langsung dalam fungsi dan struktur ekosistem tanah (Bedano dan Ruf, 2010). Sakhidad dan Kumar (2016) menyatakan bahwa Kolembola dan mites merupakan mesofauna tanah penting di ekosistem daratan. Sekitar 85% fauna tanah diketahui adalah kelompok arthropoda (Decaëns *et al.*, 2006). Menurut Suheryanto (2012), mesofauna tanah merupakan kelompok organisme yang sensitif terhadap perubahan lingkungan akibat kegiatan manusia. Beberapa peneliti menyatakan bahwa keragaman makrofauna tanah lebih besar pada sistem budidaya organik/semi organik dibandingkan pertanian non organik (Aminullah, dkk. 2015; Nasirudin dan Susanti, 2018). Keragaman makrofauna tanah lebih tinggi pada lahan kurang terganggu (Rosiana, 2012). Pestisida kimia terbukti menurunkan keragaman hayati fauna tanah (Beaumelle *et al.*, 2023). Peneliti lain menemukan perbedaan keragaman makrofauna tanah pada penggunaan lahan yang berbeda. Penelitian mengulas keanekaragaman mesofauna tanah, indeks dominansi (D), keanekaragaman (H') dan kemerataan jenis (E) mesofauna tanah pada

lahan pertanian konvensional dan lahan pertanian organik di Kecamatan Baturiti.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Februari - April tahun 2022 di lahan pertanian konvensional dan lahan pertanian organik yang berada di Kecamatan Baturiti, Kabupaten Tabanan, Bali. Identifikasi sampel mesofauna tanah dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian, Universitas Udayana, Denpasar, Bali.

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kantong plastik, sekop, kertas label, cawan petri, tin, botol vial, botol film, buret, erlenmeyer 50 ml, saringan kasa, lampu 45 watt, gelas kimia, kaca preparat, pipet tetes, alat tulis, kamera, *barlese-tullgren*, pH meter, *conductivity meter*, oven dan mikroskop stereo. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah tiap lahan sampel, alkohol 96%,  $K_2Cr_2O_7$ ,  $H_2SO_4$ ,  $H_3PO_4$ , Diphenylamine dan aquades.

Penelitian survei lapangan ini dilakukan secara deskriptif komparatif. Sejumlah total 48 titik, yaitu: 5 jenis lahan sayuran dengan 3 titik pengulangan (A, B, dan C) diambil dari lokasi penelitian pada ketinggian tempat yang berbeda. Sampel tanah diambil secara diagonal dari kedalaman 10-20 cm pada masing-masing titik sampel dengan menggunakan metode *random sampling*. Titik koordinat lokasi penelitian ditandai dengan aplikasi *google earth* sedangkan ketinggian tempat ditentukan menggunakan aplikasi *accurate altimeter*. Mesofauna diekstraksi dari sampel tanah menggunakan metode *barlessse-tullgeren*. Identifikasi morfologi mesofauna tanah dari hasil pengamatan menggunakan mikroskop stereo dengan mengacu pada buku kunci determinasi (Borror, *et al.*, 1992; Sulthoni *et al.*, 1991;

Suin, 1997). Sebagai pendukung dilakukan juga pengukuran parameter pH, daya hantar listrik (DHL), dan bahan organik tanah serta penghitungan indeks dominansi (D), indeks keanekaragaman (H) dan indeks kemerataan jenis (E).

Nilai indeks dominansi (D) mesofauna tanah dihitung dengan rumus Menheinic sebagai berikut (Magurran, 2004).

$$D = \sum \{ni(ni-1)/N(N-1)\} \quad (1)$$

Keterangan:

D : Dominansi jenis

ni : Jumlah individu jenis ke-i

N : Jumlah total individu

$D < 0,3$  menunjukkan dominansi yang rendah, antara 0,3-0,6 menunjukkan dominansi yang sedang dan  $D > 1$  menunjukkan dominansi yang tinggi.

Keanekaragaman mesofauna tanah ditentukan dengan menggunakan indeks keanekaragaman ( $H'$ ) Shannon-Wiener dihitung dengan rumus sebagai berikut (Odum, 1996).

$$H' = -\sum \{(ni/N) \ln (ni/N)\} \quad (2)$$

Keterangan:

$H'$  : Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

ni : Jumlah individu jenis ke-i

N : Jumlah total individu yang ditemukan

$H' < 1$  menunjukkan keanekaragaman jenis yang rendah, antara 1-3 menunjukkan keanekaragaman jenis yang sedang dan  $H' > 3$  menunjukkan keanekaragaman jenis yang tinggi.

Tingkat sebaran individu antar jenis dihitung menggunakan indeks kemerataan jenis (E) dengan rumus sebagai berikut (Odum, 1996).

$$E = H'/H_{max} \quad (3)$$

Keterangan :

E : Indeks kemerataan jenis

$H'$  : Indeks keanekaragaman Shannon Wiener

$H_{max}$  : Keanekaragaman spesies maksimum

$E < 0,3$  menunjukkan kemerataan jenis yang rendah, antara 0,3-0,6 menunjukkan kemerataan jenis yang sedang dan  $E > 0,6$  menunjukkan kemerataan jenis yang tinggi.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Lahan Pertanian di Kecamatan Baturiti dibudidayakan secara intensif baik dalam sistem organik maupun konvensional. Perbedaan jenis gangguan pada kedua sistem budidaya tersebut hanya terletak pada bahan agrokimia yang digunakan. Lahan konvensional menggunakan bahan agrokimia yang tergolong pupuk organik dilengkapi dengan pupuk dan pestisida kimia.

Perbedaan sistem budidaya organik dan konvensional pada lahan pertanian di Kecamatan Baturiti tidak disertai dengan perbedaan drastis jumlah dan ordo mesofauna tanah. Hasil penelitian menunjukkan jumlah total mesofauna tanah di lahan pertanian konvensional pada ketinggian tempat 962-1318 m dpl adalah 31 individu per meter persegi. Mesofauna tersebut terdiri dari 7 ordo, 18 famili, 19 genus dan 22 species (Gambar 1). Jumlah total mesofauna tanah yang ditemukan pada lahan pertanian organik dengan ketinggian tempat 903-1259 m dpl lebih tinggi dibandingkan pada lahan konvensional, yaitu sejumlah 45 individu per meter persegi. Kelompok mesofauna tersebut terdiri dari 7 ordo, 17 familia, 20 genus dan 23 species (Gambar 2). Data tersebut menunjukkan bahwa perbedaan sistem budidaya lebih berpengaruh terhadap kepadatan populasi mesofauna dibandingkan dengan jumlah jenisnya.

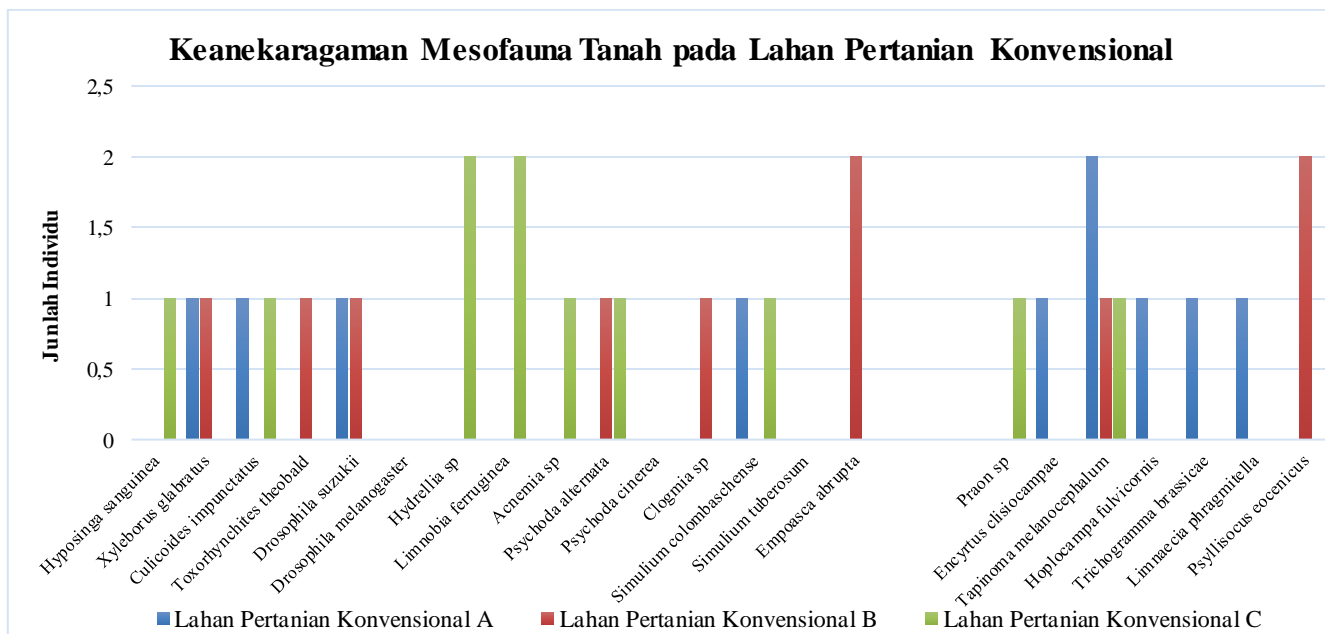
Ordo mesofauna yang ditemukan pada lahan konvensional adalah **Araneae**, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, **Lepidoptera**, dan Psocodea. Famili yang ditemukan adalah Araneidae, **Curculionidae**, Ceratopogonidae, Culicidae, **Drosophilidae**, Ephydriidae, **Limoniidae**, Mycetophilidae, **Psychodidae**, **Simuliidae**, **Cicadellidae**, Btaconidae, **Encyrtidae**, **Formicidae**, Tenthredinidae, Trichogrammatidae, Cosmopterigidae, dan **Psyllipsocidae**. Sejumlah 7 ordo mesofauna juga ditemukan pada lahan pertanian organik yaitu Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, **Isopoda**, Psocodea, dan **Tylenchida**. Jenis famili mesofauna yang ditemukan pada lahan organik adalah Bostrichidae, **Cicadellidae**, **Curculionidae**, Dytiscidae, Scarabaeidae, Dolichopodidae, **Drosophilidae**, **Psychodidae**, **Simuliidae**, Therevidae, **Encyrtidae**, Eulophidae, **Formicidae**, **Limoniidae**, **Psyllipsocidae**, dan Tylenchidae.

Pada kedua sistem budidaya pertanian ditemukan 7 jumlah ordo mesofauna yang 5 diantaranya ditemukan pada sistem budidaya organik maupun konvensional tetapi juga terdapat masing-masing 2 jenis ordo yang berbeda antar kedua sistem budidaya yang diteliti. Lima ordo yang lebih mampu beradaptasi terhadap gangguan lingkungan sehingga bisa hidup dengan baik pada sistem budidaya organik maupun konvensional adalah Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Hymenoptera, dan Psocodea. Kelima ordo tersebut mudah ditemukan pada ekosistem daratan karena kisaran niche dan daya adaptasinya yang cukup luas.

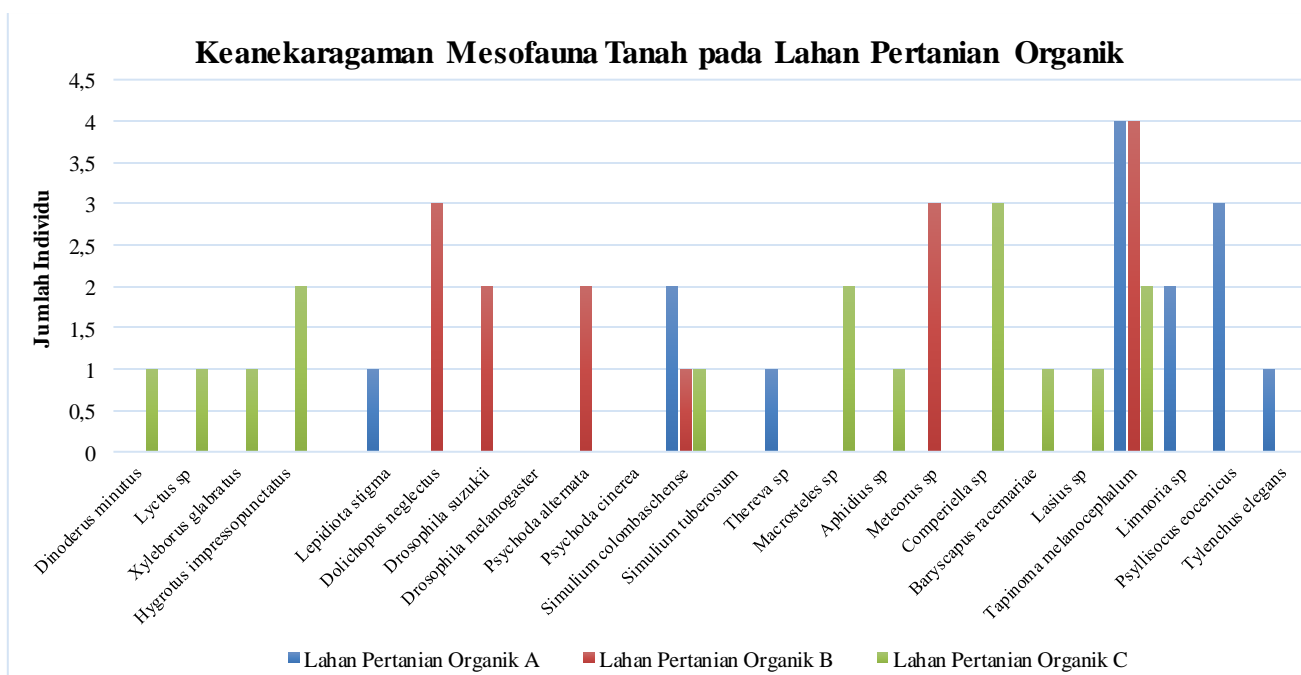
Setiap jenis mesofauna memiliki mekanisme pertahanan atau adaptasi berbeda terhadap gangguan lingkungan sehingga ada jenis yang akan tertekan pada perubahan kondisi lingkungan atau menjadi pendatang baru pada lingkungan tersebut. Ordo yang

tidak ditemukan pada lahan konvensional tetapi terdapat di lahan organik adalah Isopoda dan Tylenchida. Isopoda dan Tylenchida adalah jenis mesofauna yang sensitif terhadap gangguan lingkungan. Isopoda tergolong detritivora yang sensitif terhadap pengolahan tanah dan penggunaan pestisida (Paeoletti dan Hassal, 1999) sehingga stress lingkungan pada tanah konvensional menyebabkan hilangnya ordo ini. Disisi lain, Tylenchida merupakan jenis nematoda parasit tanaman dan sering berasosiasi dengan tanaman hutan dan pertanian dan keberlimpahannya antara lain didukung oleh kelembaban tanah (Renco *et al.*, 2019).

Sebaliknya, ordo yang ditemukan di lahan konvensional tetapi tidak ada pada lahan organik adalah Araneae dan lepidoptera yang keduanya tergolong filum Arthropoda dengan kelas berbeda. Ordo Araneae tergolong pemangsa, sedangkan Lepidoptera (ngengat dan kupu-kupu) berperan sebagai penyerbuk tetapi larvanya menjadi hama penting pada beberapa komoditas pertanian. Kedua jenis ordo berukuran meso ini memiliki jumlah terbatas dan belum dipublikasikan atau ditemukan di Indonesia. Jenis ngengat (Lepidoptera) terkecil yang pernah dipublikasikan adalah famili Nepticulidae dan Gracillariidae dan spesies *Johanssoniella acetosae* (Stainton) dari Eropa, the Peruvian *Simplimorpha kailai* Stonis & Diškus dari Peru, *Stigmella maya* Remeikis & Stonis dari Meksiko, *S. diniensis* (Klimesh) dan *Parafomoria liguricella* (Klimesh) (Nepticulidae) dari Mediterania, *Porphyrosela altemata* Kumata dari Asia Tenggara, dan *P. desmodivora* De Prins (Gracillariidae) dari Afrika Tengah (Stonis *et al.*, 2021).



Gambar 1. Spesies Mesofauna Tanah pada Lahan Pertanian Konvensional



Gambar 2. Spesies Mesofauna Tanah pada Lahan Pertanian Organik

Perbedaan geografis seperti perbedaan ketinggian tempat di atas permukaan laut (dpl) menimbulkan perbedaan mesofauna tanah yang ditemukan (Andrian, dkk., 2014).

Mesofauna tanah dapat hidup dan berkembang dengan baik pada suhu optimum 15-25°C. Sejalan dengan pernyataan diatas, pada lahan pertanian konvensional yang

memiliki ketinggian dan suhu yang sesuai dibandingkan pada lahan pertanian organik namun jumlah mesofauna tanah yang ditemukan sedikit. Hal ini diduga kuat karena adanya tekanan dari bahan-bahan agrokimia selama budidaya intensif di lahan konvensional.

Perbedaan jenis mesofauna tanah antar lokasi penelitian juga disebabkan karena mesofauna tanah tersebut bersifat bergerak (*mobile*), sehingga ketika kondisi lingkungan tidak baik maka mesofauna tanah akan bergerak untuk berpindah tempat (Nusroh, dkk., 2007). Kondisi lingkungan yang dimaksud adalah pH, salinitas dan bahan organik tanah. Berdasarkan Tabel 1, rerata pH tanah pada lahan pertanian konvensional A, B, C berada pada kategori agak asam (pH = 5,6-6,5), yaitu antara 5,87-6,16 dan pada lahan pertanian organik A, B, C berada pada kategori netral (pH = 6,6-7,5), yaitu antara 7,11-7,17. Sebagian besar mesofauna tanah menyukai pH 6,6-7,5 (netral) karena ketersediaan unsur hara yang cukup tinggi (Handayanto, 2007).

Tanah salin merupakan tanah dengan kandungan garam larut (NaCl, NaCO<sub>2</sub>, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) yang tinggi, sehingga berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Munns, 2002). Rerata salinitas tanah pada semua lokasi penelitian berada

pada kategori non salin (>0,7), yaitu antara 0,21-0,62 mS/cm (Tabel 1). Jika kondisi salinitas tanaman berada pada kategori non salin dapat dinyatakan bahwa kondisi tersebut dapat diabaikan (Effendi, dkk., 2003).

Rerata bahan tanah pada lahan pertanian konvensional A, C berada pada kategori sedang (BO = 3-4), yaitu antara 4,43-4,93 dan lahan pertanian konvensional B, lahan pertanian organik A, B, C berada pada kategori tinggi (BO = 5-7), yaitu antara 5,33-6,62. Menurut Fatimah, dkk., (2012), bahan organik merupakan sumber makanan bagi mesofauna tanah dan bahan-bahan organik dapat berupa tumpukan serasah daun dan ranting sehingga apabila tidak ada serasah maka tidak ada makanan bagi mesofauna untuk bertahan hidup.

Dominansi mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian (Tabel 2) berada pada kategori rendah (D = < 0,3), yaitu antara 0,02-0,15 menurut (Soetjipta, 1993) atau dapat dikatakan tidak ada jenis mesofauna tanah yang dominan di lokasi penelitian. Kestabilan ini diduga dipengaruhi oleh lingkungan yang tidak memberikan keuntungan bagi salah satu mesofauna tanah sehingga tidak ditemukannya jenis yang mendominasi atau berlimpah.

Tabel 1. Hasil Analisis Ketinggian Tempat, pH Tanah, Bahan Organik dan DHL

No	Lokasi	Ketinggian Tempat	Rerata pH Tanah	Rerata Bahan Organik (%)	Rerata DHL (mS/cm)
1.	KN A	1318 m dpl	5,87 (agak asam)	4,93 (sedang)	0,62 (non salin)
2.	KN B	1173 m dpl	5,94 (agak asam)	5,33 (tinggi)	0,59 (non salin)
3.	KN C	962 m dpl	6,16 (agak asam)	4,43 (sedang)	0,32 (non salin)
4.	OR A	1259 m dpl	7,11 (netral)	5,67 (tinggi)	0,38 (non salin)
5.	OR B	903 m dpl	7,17 (netral)	5,54 (tinggi)	0,47 (non salin)
6.	OR C	925 m dpl	7,17 (netral)	6,62 (tinggi)	0,21 (non salin)

Keterangan :

KN A : lahan pertanian konvensional A

KN B : lahan pertanian konvensional B

KN C : lahan pertanian konvensional C

OR A : lahan pertanian organik A

OR B : lahan pertanian organik B

OR C : lahan pertanian organik C

Tabel 2. Indeks Keanekaragaman ( $H'$ ), Dominansi (D) dan Kemerataan Jenis (E) Mesofauna Tanah

No	Lokasi	Indeks (Kategori)		
		Dominansi (D)	Keanekaragaman ( $H'$ )	Kemerataan (E)
1.	KN A	0,02 (rendah)	2,16 (sedang)	0,98 (tinggi)
2.	KN B	0,04 (rendah)	2,02 (sedang)	0,97 (tinggi)
3.	KN C	0,04 (rendah)	1,72 (sedang)	0,97 (tinggi)
4.	OR A	0,15 (rendah)	2,14 (sedang)	0,92 (tinggi)
5.	OR B	0,13 (rendah)	1,64 (sedang)	0,96 (tinggi)
6.	OR C	0,05 (rendah)	2,30 (sedang)	0,96 (tinggi)

Keanekaragaman mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian berada pada kategori sedang ( $H' = 1-3$ ), yaitu antara 1,87-2,62 (Tabel 2). Nilai terendah indeks keanekaragaman ( $H'$ ) terdapat pada lahan pertanian konvensional C. Sistem budidaya pada lahan tersebut menggunakan 3 kali pemberian pestisida sementara pestisida mempengaruhi bahan organik sebagai sumber energi dan makanan bagi mesofauna tanah.

Kemerataan jenis mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian berada pada kategori tinggi ( $E = > 0,6$ ), yaitu antara 0,95-1,09 (Tabel 2). Dapat dikatakan bahwa pada masing-masing lokasi memiliki tingkat kemerataan yang sama dan sebaran mesofauna tanah seimbang atau merata. Hal ini berdasarkan pendapat Krebs (1972), bahwa semakin besar indeks kemerataan maka semakin besar penyebaran jumlah individu setiap jenis dan tidak ada kecenderungan dominasi salah satu individu.

## SIMPULAN

Kesimpulan yang diperoleh dari hasil penelitian ini mesofauna tanah yang ditemukan di lahan pertanian konvensional sebanyak 7 ordo, 18 familia, 19 genus dan 22 species dengan jumlah total 31 individu, sedangkan pada lahan pertanian organik sebanyak 7 ordo, 17 familia, 20 genus dan 23 species dengan jumlah total 45 individu.

Indeks dominansi mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian berada pada kategori rendah, yaitu antara 0,02-0,15. Indeks keanekaragaman mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian berada pada kategori sedang, yaitu antara 1,87-2,62. Indeks kemerataan jenis mesofauna tanah pada semua lokasi penelitian berada pada kategori tinggi, yaitu antara 0,95-1,09.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aminullah, Y., Nurul Mahmudati, Siti Zaenab. 2015. Keanekaragaman Makrofauna Tanah Daerah Pertanian Apel Semi Organik dan Pertanian Organik Kecamatan Bumiaji Kota Batu sebagai Bahan Ajar Biologi. *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*. Volume 1 Nomor 2. Halaman 178-187.
- Andrian, Wahyu. C. 2014. Pengaruh Ketinggian Tempat Dan Kemiringan Lereng Terhadap Produksi Karet (*Hevea brasiliensis*) Di Kebun Hapesong Ptpn Iii Tapanuli Selatan. Program Studi Agroekoteknologi Fakultas Pertanian USU: Medan.
- Beaumelle, L., Léa Tison, Nico Eisenhauer, Jes Hines, Sandhya Malladi, Céline Pelosi, Lise Thouvenot, Helen R. P. Phillips. 2023. Pesticide effects on soil fauna communities—A meta-analysis. *Journal of Applied Ecology* Volume 60, Issue 7 p. 1239-1253.
- Bedano, JC and A. Ruf. 2010. Sensitivity of

- different taxonomic levels of soil Gamasina to land use and anthropogenic disturbances. *Agricultural and Forest Entomology* Volume 12, Issue 2 p. 203-212.  
<https://doi.org/10.1111/j.1461-9563.2009.00470.x>
- Behan-Pelletier · 1999 · Dirujuk 604 kali — V.M. Behan-Pelletier/*Agriculture, Ecosystems and Environment* Vol. 74 411–423.
- Borror, D. J., C. A. Triplehorn, dan N. F. Johnson. 1992. *Pengenalan Pelajaran Serangga Edisi Ke-enam Cetakan Pertama*. Terjemahan : An Introduction to the Study of Insects. Diterjemahkan oleh S. Partosoedjono. [Editor]. Brotowidjoyo, M. D. Gajah Mada University Press. Yogyakarta.
- BPS Bali. 2022. Data Sensus Produksi Tanaman Sayuran. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diunduh pada tanggal 8 Januari 2023
- BPS. 2022. *Produksi Tanaman Sayuran 2022*. <https://www.bps.go.id/indicator/55/61/1/produksi-tanaman-sayuran.html>. Diunduh pada tanggal 8 Januari 2023
- Bruyn. 1997. The Status of Soil Macrofauna as Indicators of Soil Health to Monitor the Sustainability of Australian Agricultural Soil. *Ecological Economics* 23.
- Decaëns, T., JJ Jiménez, CC Gioia, GJ Measey, and P Lavelle. 2006. The values of soil animals for conservation biology. *European Journal of Soil Biology*. Volume 42, Supplement 1, November 2006, Pages S23-S38.  
<https://doi.org/10.1016/j.ejsobi.2006.07.001>
- Effendi, Hefni. 2003. *Telaah Kualitas Air : Bagi Pengelolaan Sumber Daya dan Lingkungan Perairan*. Penerbit: Kansius. Yogyakarta.
- Fatimah, E. C., Suhardjono, Y.R. 2012. *Collembola Permukaan Tanah Kebun Karet Lampung*. Zoo Indonesia.
- Handayanto, E. 2009. *Biologi Tanah: Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Cetakan ke II. Yogyakarta: Pustaka Adipura.
- Hilwan, I. 2013. Keanekaragaman Spesies Tumbuhan Bawah Pada Tegakan Sengon Buto (*Enterolobium cyclocarpum Griseb.*) dan Trembesi (*Samanea saman Merr.*) di Lahan Pasca Tambang Batubara PT Kitadin, Kutai Kartanagara, Kalimantan Timur. *Jurnal Sulvikultur Tropika*.
- Krebs, C. S. 1972. *Ecology. The experimental analysis of distribution and abundance*. New York: Harpers and row publisher.
- Magurran, A. E. 2004. *Measuring Biological Diversity*. Blackwell Science Ltd. United Kingdom.
- Mariyono J , Hamidah Abdurrachman , Enny Suswati , Agnes Dwita Susilawati , Makmur Sujarwo , Jaka Waskito , Suwandi & Arif Zainudin. 2020. Rural modernisation through intensive vegetable farming agribusiness in Indonesia. *Rural Society*. DOI: 10.1080/10371656.2020.1787621.
- Mariyono, J. 2019. Motivating Factors of Farmers to Engage Vegetable-based Agribusiness in East Java and Bali, Indonesia. *Jurnal Ekonomi Pembangunan*. Vol 20, No 2 : 163-175.
- Menegay, M.R, and Wahyu Aris Darmono. 2007. "Helping Indonesia to Grow. A Rapid Assessment of the Horticulture Vegetable Sector in Indonesia. *Development Alternatives, Inc*. Pp. 36.
- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environ*.
- Nasirudin, M., Ambar Susanti. 2018. Studi Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Perkebunan Apel Semi Organik dan Anorganik Desa Tulungrejo Kota Batu. *Seminar Nasional Multidisiplin 2018*. UNWAHA Jombang, 29 September 2018. ISSN : 2654-3184. Halaman 201-204.
- Nusroh, Zaidatun. 2007. Studi Diversitas Makrofauna Tanah Di Bawah Beberapa Tanaman palawija Yang Berbeda Di Lahan Kering Pada Saat



- Musim Penghujan. *Jurnal Penelitian UNS: Surakarta*.
- Odum, E. P. 1996. *Basic Ecology*. Saunders College Publishing: Holt-Saunders Japan.
- Paoletti, MG., M Hassall. 1999. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 74 (1-3), 157-165
- Peter M. Kopittke, Neal W. Menzies, Peng Wang, Brigid A. McKenna, Enzo Lombi. 2019. Soil and the intensification of agriculture for global food security, *Environment International*, Volume 132. <https://doi.org/10.1016/j.envint.2019.105078>.
- Purwanto, Wawan, W. 2017. Kelimpahan Mesofauna Tanah pada Tegakan Tanaman Karet di Tanah Gambut yang Ditumbuhi dan tidak Ditumbuhi *Mucuna bracteata*. *JOM Faperta*.
- Renčo, M. Andrea Čerevková, and Erika Gömöryová. 2019. Soil Nematode Fauna and Microbial Characteristics in an Early-Successional Forest Ecosystem. *Forests* 2019, 10(10), 888; <https://doi.org/10.3390/f10100888>.
- Rosiana, E. 2012. Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Lahan di Lereng gunung Lawu di Desa Segoro Gunung. *Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sebelas Maret. Solo. Pp*
- Sakhidad, S. dan NG Kumar. 2016. Abundance of soil mesofauna in natural forest plantations. *European Journal of Soil Biology*. 36 (1): 100-116.
- Soetjipta. 1993. *Dasar-Dasar Ekologi Hewan*. Jakarta: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi.
- Stonis, J.R., Andrius Remeikis, Arunas Diskus, Svetlana Baryshnikova, & M. Alma Solis. 2021. What are the smallest moths (Lepidoptera) in the world? *Zootaxa* 4942 (2): 269–289. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.4942.2.8>
- Sugiyarto. 2002. *Biodiversitas Hewan Permukaan Tanah Pada Berbagai Tegakan Hutan di Sekitar Goa Jepang, BKPH Nglarak, Lawu Utara, Kabupaten Karanganyar. Jurnal Penelitian UNS: Surakarta*.
- Suheryanto, D. 2012. *Keanekaragaman Fauna Tanah di Taman Nasional Gunung Tengger Semeru sebagai Bioindikator Tanah Bersulfur Tinggi. Malang*.
- Suin, N. M. 1997. *Ekologi Fauna tanah. Bumi Aksara. Jakarta. 189 hal*.
- Sulthoni, A., Subyanto, Christina Lilies S, Sri Suhani Siwi. 1991. *Kunci determinasi serangga program nasional pelatihan dan pengembangan pengendalian hama terpadu. Kanisius, Yogyakarta. Pp. 223cm*.
- Suwondo. 2002. *Komposisi dan Keanekaragaman Mikroarthopoda Tanah sebagai Bioindikator karakteristik Biologi Pada Tanah Gambut. PMIPA, FKIP: Universitas Riau*
- Tsiafouli, MA, E. Thébault, SP Sgardelis, PC Rüter, WH Putten, K. Birkhofer, L. Hemerik FT Vries, RD Bardgett, MV Brady, L.Bjornlund, HBJørgensen, S. Christensen, TD Hertefeldt, S. Hotes, WH Gera Hol, J. Frouz, M. Liiri, SR Mortimer, H.Setälä, J. Tzanopoulos, K. Uteseny, V. Pižl, J. Stary, V.Wolters, K.Hedlund. 2015. Intensive agriculture reduces soil biodiversity across Europe. *Global Change Biology*. Volume 21, Issue 2 p. 973-985. <https://doi.org/10.1111/gcb.12752>.