

KEANEKARAGAMAN DAN KELIMPAHAN MESOFAUNA TANAH DI LAHAN BEKAS TAMBANG GAMPING KECAMATAN PADALARANG, BANDUNG BARAT

*The Diversity and Abundance of Soil Mesofauna on Lime Post-Mining Land in
Padalarang, West Bandung*

Dyah Tjahyandari Suryaningtyas^{1,2*}, Rahayu Widyastuti², Angelin Septitania Sirait³

¹Pusat Studi Reklamasi Tambang, IPB University, Kampus IPB Baranangsiang, Bogor 16143

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Dramaga,
Bogor 16680

³Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB University, Dramaga,
Bogor 16680

*Korespondensi: dyahsu@apps.ipb.ac.id

Received 21 Maret 2024, Revised 16 Mei 2024; Accepted 13 Juni 2024

Abstract

Soil fauna is one of the ecosystem components that play a role in the process of organic matter decomposition and soil improvement. Soil mesofauna are sensitive to environmental changes due to human activities, including land conversion for mining activities. The diversity and abundance of soil fauna depend on environmental conditions and food availability. Soil mesofauna can be used as bioindicators of habitat degradation and soil quality. This study aims to identify and assess soil mesofauna diversity index and abundance on open access land (LAT) formerly used for limestone mining in the Padalarang area, West Bandung Regency. Soil samples were collected from natural soil (844 masl), LAT 1 (837 masl), LAT 2 (834 masl), and LAT 3 (809 masl). Soil fauna were extracted using a Berlese Funnel Extractor. Soil fauna diversity was calculated based on Shannon's Diversity Index, while soil fauna abundance was calculated based on Meyer's (1966) equation. The highest soil fauna diversity value was found in natural soil at 1.87 (moderate), while the lowest soil fauna diversity value was found in LAT 2 at 1.38 (low). The highest soil fauna abundance was found in LAT 2 (6295 individuals/m²) with a slope gradient of 8-15%, while the lowest abundance was found in natural soil (594 individuals/m²) with a slope gradient of 15-25%. Variation in abundance, taxon count, and soil fauna diversity is influenced by environmental factors such as soil pH, slope gradient, vegetation, and moisture content.

Keywords: abundance, diversity, soil mesofauna.



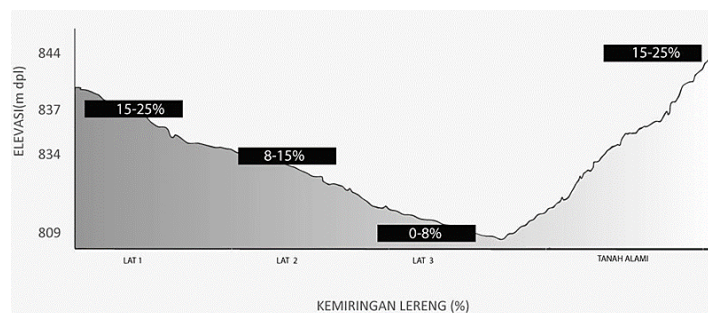
PENDAHULUAN

Fauna tanah merupakan organisme yang hidup di tanah dan berperan dalam proses perombakan serta penguraian bahan organik. Keberadaan fauna tanah menjadi salah satu indikator kualitas dan kesuburan tanah. Menurut Lavelle & Spain (2001), fauna tanah dapat diklasifikasikan berdasarkan ukuran tubuh menjadi 3 kelompok, yaitu kelompok mikrofauna berukuran <0,2 mm (Protozoa, Nematoda), kelompok mesofauna berukuran 0,2-2,0 mm (Diptera, Thysanoptera, Coleoptera, Collembola, Acari), serta kelompok makrofauna berukuran 2,0-20 mm (Milipida, Isopoda). Mesofauna merupakan bioindikator kesuburan tanah yang juga berperan dalam perbaikan struktur tanah dan translokasi hara (Kusumastuti *et al.*, 2022). Mesofauna tanah sensitif terhadap gejala perubahan lingkungan akibat aktivitas manusia, termasuk alih fungsi lahan dalam kegiatan pertambangan yang merupakan salah satu gangguan ekosistem. Keanekaragaman dan kelimpahan fauna tanah bergantung pada kondisi lingkungan. Arief (2001) dalam Haneda & Asti (2014) menjelaskan bahwa keberadaan fauna tanah sangat bergantung terhadap ketersediaan energi dan sumber makanan berupa bahan organik dan biomassa hidup.

Masalah utama yang timbul akibat kegiatan penambangan gamping adalah hilangnya vegetasi dan lapisan tanah penutup, serta terjadinya perubahan morfologi dan topografi lahan yang diikuti dengan perubahan karakteristik tanah (Djakamihardja & Mulyadi, 2013). Wilayah penambangan gamping di Kecamatan Padalarang memiliki kemiringan lereng yang berbeda-beda. Berdasarkan hasil inventarisasi Ditjen PPKL pada tahun 2015-2016, LAT dalam wilayah konservasi gunung Hawu-Pabeasan di Kecamatan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat masih membutuhkan pemulihan lebih lanjut. Kegiatan reklamasi lahan bekas tambang gamping perlu memperhatikan faktor abiotik juga biotik lahan. Faktor abiotik mencakup parameter sifat fisik dan kimia tanah serta kondisi iklim mikro, sedangkan faktor biotik mencakup vegetasi dan fauna tanah. Keberadaan fauna tanah dapat digunakan sebagai bioindikator kerusakan habitat dan kualitas tanah. Informasi dan pengetahuan mengenai kelimpahan dan keanekaragaman fauna tanah merupakan salah satu bidang kajian yang perlu diketahui guna menentukan tipe pengelolaan lahan yang tepat untuk meningkatkan produktivitas lahan bekas tambang gamping. Penelitian ini bertujuan mengidentifikasi mesofauna tanah, serta menganalisis indeks keanekaragaman dan kelimpahan mesofauna tanah pada lahan akses terbuka bekas tambang gamping di Kecamatan Padalarang, Kabupaten Bandung Barat dengan ragam kemiringan lereng.

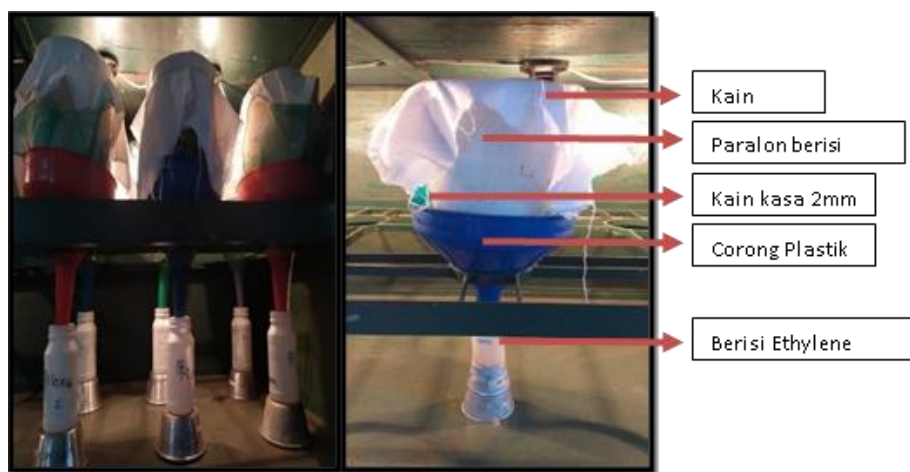
METODE PENELITIAN

Penelitian dilaksanakan pada bulan Desember 2020 hingga Mei 2021 di lahan bekas tambang gamping pada lahan akses terbuka (LAT) di wilayah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Pengambilan contoh tanah dilakukan di tanah alami (844 mdpl), lahan akses terbuka 1 (837 mdpl), lahan akses terbuka 2 (834 mdpl), dan lahan akses terbuka 3 (809 mdpl). Lokasi penelitian ditentukan berdasarkan kemiringan lereng dan ketinggian lahan sebagaimana disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1 Ilustrasi elevasi dan kemiringan lereng di lokasi penelitian (Sirait, 2022)

Alat yang digunakan dalam penelitian ini terbagi menjadi 3 yaitu alat pengambilan sampel tanah, analisis tanah, dan ekstraksi fauna tanah. Pengambilan contoh tanah dilakukan secara komposit dengan kedalaman 0-20 cm. Pengambilan contoh tanah untuk pengumpulan fauna tanah, diambil dengan metode *random sampling* menggunakan pipa paralon berdiameter 20 cm dan tinggi 20 cm yang diambil pada tanah dengan kedalaman 0-20 cm. Parameter tanah yang diamati meliputi pH, C-organik, N-total, C/N rasio, kadar air, dan suhu tanah pada tanah alami dan 3 lahan akses terbuka dengan kemiringan lereng yang berbeda-beda. Ekstraksi fauna tanah dilakukan dengan menggunakan *Berlese Funnel Extractor* sebagaimana disajikan pada Gambar 2. Prinsip kerja alat *Berlese Funnel Extractor* yaitu, temperatur dinaikkan secara bertahap mulai dari 30°C sampai dengan 60°C selama 7 hari hingga contoh tanah mengering. Kemudian fauna tanah akan bergerak ke bawah menjauhi panas yang berasal dari lampu dan jatuh ke dalam botol koleksi berisi *ethylene glycol*. Fauna tanah yang terkumpul kemudian disimpan, lalu dipilah dan diidentifikasi menggunakan mikroskop stereo.



Gambar 2 Ekstraksi fauna tanah menggunakan *Berlese Funnel Extractor* (Sirait, 2022).

Keanekaragaman fauna tanah dihitung berdasarkan *Shannon's Diversity Index* (Magurran, 2004) yang dapat ditentukan melalui:

$$H' = - \sum_{i=1}^n \left(\frac{n_i}{n} \right) \cdot \ln \left(\frac{n_i}{n} \right) \dots \dots \dots (1)$$

Keterangan:

H' : Shannon's Diversity Index

n_i : Populasi ordo ke-i

n : total populasi individu

Nilai H' menurut Magurran (1987), yaitu:

< 1.5 : Keanekaragaman rendah

1.5-3.0 : Keanekaragaman sedang

>3.0 : Keanekaragaman Tinggi

Kelimpahan fauna tanah dihitung berdasarkan persamaan Meyer (1966) dengan menghitung jumlah tiap individu fauna tanah yang telah dipilah dan diidentifikasi:

$$I \cdot m^{-2} = \frac{IS}{A} \dots \dots \dots (2)$$

Keterangan:

IS : Rata-rata jumlah individu per sampel

A : Luas area pipa paralon dikonversi ke m²

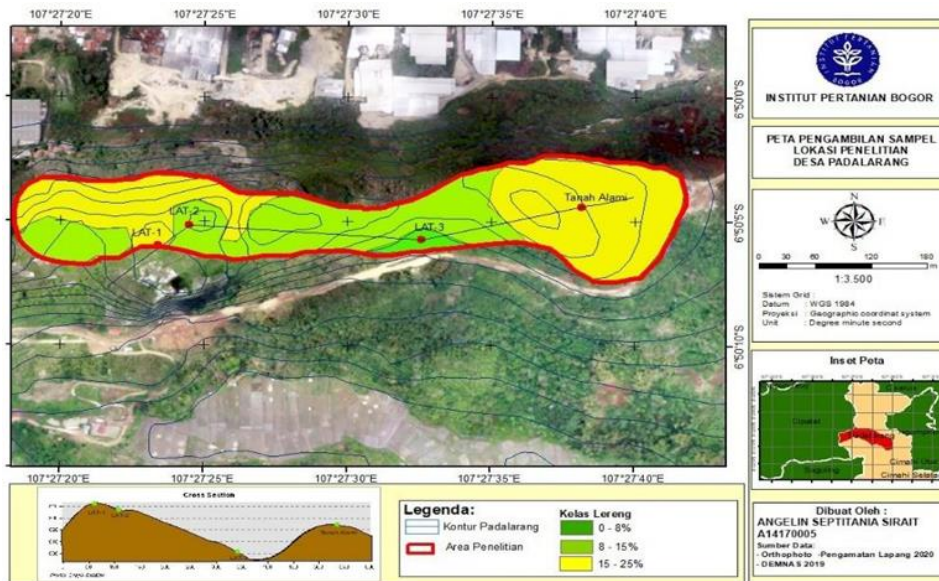
I : Populasi fauna tanah (individu/m²)

Analisis data hasil penelitian dilakukan secara statistik dengan *Analysis of Variance* (ANOVA) yaitu uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dan uji korelasi *Pearson* pada taraf 5% untuk melihat perbedaan populasi dan keanekaragaman fauna tanah pada kemiringan lereng yang berbeda-beda di lahan bekas tambang gamping, menggunakan perangkat lunak SPSS 26,0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakteristik lahan

Lahan bekas tambang gamping terletak pada lahan akses terbuka (LAT) di wilayah Padalarang, Kabupaten Bandung Barat, Provinsi Jawa Barat. Menurut Siregar & Komara (2016), berdasarkan formasi geologi lokasi penelitian termasuk dalam formasi Rajamandala. Lapisan tanah pada area lahan bekas tambang tergolong tipis dengan ketebalan solum berkisar 23 hingga 50 cm dengan tekstur beragam. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 809-844 mdpl, dengan titik pengambilan contoh tanah yang disajikan pada Gambar 3. Pengambilan contoh tanah dilakukan pada lahan akses terbuka (LAT) yang terbagi menjadi 3 titik dengan kemiringan berbeda yaitu, LAT 1 (15-25%) dengan vegetasi pohon daluang (*Broussonetia* sp.), rumput gajah (*Pennisetum* sp.) dan ilalang (*Imperata* sp.), LAT 2 (8-15%) dengan vegetasi pohon daluang (*Broussonetia* sp.), akasia (*Acacia* sp.), semak dan rumput-rumputan, LAT 3 (0-8%) dengan vegetasi pohon kersen (*Muntingia* sp.), sengo (*Paraserianthes* sp.), mahoni (*Swietenia* sp.), rumput gajah (*Pennisetum* sp.), dan ilalang (*Imperata* sp.), serta tanah alami (15-25%) dengan vegetasi ubi kayu (*Manihot* sp.), jati putih (*Gmelina* sp.) kemiri (*Aleurites* sp.), pisang (*Musa* sp.) dan serai (*Cymbopogon* sp.).



Gambar 3 Peta kontur daerah penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Karakteristik tanah pada lokasi penelitian meliputi tanah alami, LAT 1, LAT 2, dan LAT 3 disajikan pada Tabel 1. Berdasarkan hasil analisis diketahui tanah alami memiliki pH di bawah 7 yang tergolong agak masam, sedangkan tanah pada LAT 1, LAT 2, dan LAT 3 memiliki pH di atas 7 dan tergolong netral hingga agak alkalis sebab berkembang dari bahan induk batugamping. Derajat kemasaman tanah (pH) menjadi salah satu faktor yang mempengaruhi kelangsungan hidup fauna tanah. Menurut Suin (1997) dalam Haneda & Asti (2014), keanekaragaman hayati merupakan asosiasi antara faktor abiotik dan biotik. Faktor abiotik meliputi pH, kadar bahan organik tanah, unsur mineral, suhu, kadar air, porositas, tekstur, dan salinitas tanah, serta faktor biotik yaitu keberadaan organisme dan kondisi vegetasi. Sebagian besar fauna tanah menyukai tanah dengan pH netral sebab ketersediaan sumber makanan dan kemudahan fauna tanah dalam memperoleh makanan. Berdasarkan kriteria BPSI

Tanah dan Pupuk (2023), tanah pada lokasi penelitian memiliki kadar C-organik yang tergolong rendah hingga sedang dan kadar N-Total yang tergolong sedang, serta C/N rasio yang tergolong sangat rendah hingga rendah. Kadar C-organik dan N-total tanah dipengaruhi oleh vegetasi dan kondisi lereng pada lahan. Menurut Wati *et al.*, (2014), semakin curam suatu lereng maka semakin tinggi kecepatan aliran permukaan yang kemudian menyebabkan peningkatan laju erosi tanah. Tanah yang tererosi akan kehilangan *top soil* yang menyebabkan penurunan kadar bahan organik dan unsur hara tanah. Faktor lereng mempengaruhi kelimpahan dan keaneekaragaman fauna tanah melalui proses pencucian, erosi dan deposisi.

Tabel 1 Karakteristik tanah daerah penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Parameter ^a	Lokasi penelitian dan kemiringan lereng			
	Tanah Alami (15-25%)	LAT 1 (15-25%)	LAT 2 (8-15%)	LAT 3 (0-8%)
pH H ₂ O	6,50 (agak masam)	7,65 (agak alkalis)	7,37 (netral)	8,10 (agak alkalis)
C-organik (%)	2,79 (sedang)	1,37 (rendah)	2,18 (sedang)	1,17 (rendah)
N-total (%)	0,35 (sedang)	0,32 (sedang)	0,35 (sedang)	0,27 (sedang)
C/N rasio	7,92 (rendah)	4,26 (sangat rendah)	6,10 (rendah)	4,27 (sangat rendah)
Kadar air (%)	40,12	21,52	16,12	8,57
Suhu tanah (°C)	24,60	23,93	22,70	28,07

^aKriteria berdasarkan penilaian hasil analisis tanah oleh BPSI Tanah dan Pupuk (2023)

Keaneekaragaman dan kelimpahan fauna tanah

Keaneekaragaman fauna tanah dipengaruhi oleh jumlah fauna tanah (nilai kepadatan total individu), jumlah jenis (sub ordo) dan dominasi fauna tanah tertentu. Analisis keaneekaragaman fauna tanah dilakukan menggunakan indeks keaneekaragaman *Shannon - Wiener* atau *Shannon's Diversity Index* untuk membandingkan komposisi jenis dari ekosistem/lahan yang berbeda (Indahwati *et al.*, 2012). Nilai *Shannon's Diversity Index* dikelompokkan menjadi 3 kelas keragaman yaitu keragaman rendah (<1,5), keragaman sedang (1,5-3,5), dan keragaman tinggi (>3,5) (Magurran, 2004). Hasil analisis disajikan pada Tabel 2, dengan keaneekaragaman tanah alami dan LAT 1 tergolong sedang dengan nilai sebesar 1,87 dan 1,63 sedangkan LAT 2 dan LAT 3 memiliki indeks keaneekaragaman rendah dengan nilai masing-masing sebesar 1,38 dan 1,45.

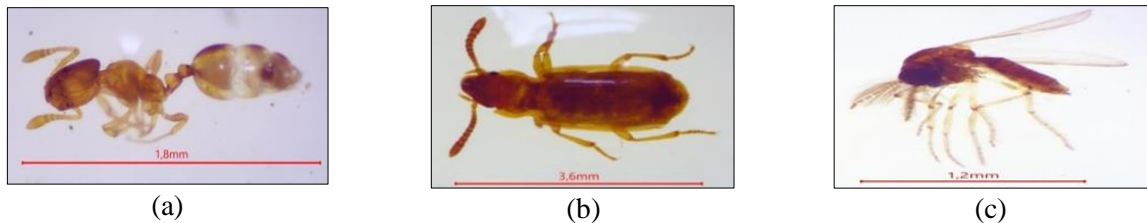
Tabel 2 Nilai *Shannon's Diversity Index* pada lokasi penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Lokasi	Kemiringan Lereng (%)	Indeks Keaneekaragaman
Tanah Alami	15-25%	1,87 (sedang)
LAT 1	15-25%	1,63 (sedang)
LAT 2	8-15%	1,38 (rendah)
LAT 3	0-8%	1,45 (rendah)

Fauna tanah yang ditemukan pada lokasi penelitian terbagi ke dalam kelompok Arachnida, Chilopoda, Diplopoda, Hexapoda (Insecta), dan Symphyta. Salah satu ordo serangga terbesar yang ditemukan pada lokasi penelitian adalah Hymenoptera yang merupakan bagian dari subfilum Hexapoda dan kelas Insecta. Hymenoptera terdiri atas semut (Formicidae), lebah (Anthophila), tawon (Vespidae), dan lalat gergaji (Symphyta) berperan sebagai ecosystem engineer atau dekomposer bersama cacing

tanah (Lumbricina) dan rayap (Isoptera) serta berperan sebagai predator utama hewan-hewan berukuran kecil. Hymenoptera tergolong serangga predator bersama dengan ordo Coleoptera dan Diptera (Gambar 4) (Masfiah *et al.*, 2014).

Tingginya kelimpahan Hymenoptera pada suatu habitat dapat mengurangi kelimpahan predator lain pada habitat tersebut, seperti Araneae dan Coleoptera. Sebagaimana data populasi pada Tabel 3 yang menunjukkan bahwa kelimpahan Araneae dan Coleoptera lebih rendah dibandingkan Hymenoptera.



Gambar 4 Hymenoptera (a), Coleoptera (b), dan Diptera (c) pada lokasi penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Ordo Acari (Gambar 5a) dan ordo Collembola (Gambar 5b) merupakan fauna tanah yang paling banyak ditemukan pada keempat lokasi penelitian. Hal ini menunjukkan bahwa Acari dan Collembola memiliki daerah distribusi yang luas pada lahan dengan kemiringan lereng berbeda. Russel (1978) dalam Sugiyarto *et al.*, (2001) menyatakan bahwa ordo Acari dan Collembola merupakan mikroarthropoda tanah yang keanekaragamannya sangat tinggi serta memiliki daerah sebaran yang luas. Sesuai dengan penelitian Wahyuni *et al.*, (2017) yang menyatakan bahwa Acari dan Collembola merupakan mikroarthropoda yang paling sering dijumpai dalam tanah maupun serasah. Hal tersebut disebabkan oleh kemampuan ordo Acari dan Collembola yang mampu beradaptasi terhadap lingkungan dengan baik (Carrillo *et al.*, 2011).

Acari terbagi menjadi tiga taksa yaitu Oribatida, Mesostigmata dan Prostigmata. Acari golongan Mesostigmata berperan sebagai predator bagi Nematoda, Collembola, dan larva serangga (Koehler, 1999). Acari golongan Oribatida berperan sebagai dekomposer bahan organik (Behan-Pelletier, 1999). Acari mampu bertahan pada kondisi kering sebelum berpindah ke area basah dan lebih tahan terhadap suhu bila dibandingkan dengan fauna tanah lainnya. Sebagaimana disebutkan oleh Lavelle & Spain (2001) bahwa beberapa jenis Acari dapat bertahan terhadap air dan stress suhu tinggi.

Collembola dapat menempati berbagai relung ekologi dengan jumlah dan keanekaragaman yang cukup tinggi serta peka terhadap perubahan ekosistem (Suhardjono *et al.*, 2012). Collembola berperan sebagai perombak bahan organik, pemakan jamur (fungi), indikator perubahan keadaan tanah, dan penyeimbang fauna tanah. Collembola dapat bertahan hidup pada berbagai kondisi tanah. Menurut (Suin 2012) Collembola merupakan serangga tanah yang dapat hidup pada tanah dengan pH asam dan basa. Collembola yang hidup pada tanah yang asam disebut golongan asidofil, collembola yang hidup pada tanah yang basa disebut kalsinofil, sedangkan collembola yang dapat hidup pada tanah yang bersifat asam dan basa disebut indifferent.



Gambar 5 Acari (a) dan Collembola (b) pada lokasi penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Berdasarkan hasil ekstraksi fauna tanah menggunakan metode *Berlese Funnel Extractor* diketahui ordo tertinggi terdapat pada LAT 1 (15-25%) dengan total 16 ordo, LAT 2 (8-15%) dengan total 13 ordo, LAT 3 (0-8%) dengan total 11 ordo, dan tanah alami (15-25%) dengan total ordo terendah yaitu 10 ordo (Tabel 3). Hasil populasi rata-rata fauna tanah disajikan pada Tabel 3, dimana kelimpahan fauna tanah pada tanah alami sebanyak 594 individu/m², LAT 1 sebanyak 1959 individu/m², LAT 2 sebanyak 6295 individu/m², dan LAT 3 sebanyak 3323 individu/m². Nilai populasi pada LAT 1 dan LAT 2 menunjukkan terjadinya peningkatan kelimpahan fauna tanah seiring dengan semakin menurunnya kemiringan lereng. Berbeda dengan LAT 3 yang menunjukkan terjadinya penurunan kelimpahan fauna meskipun berada pada kemiringan lereng 0-8%, hal tersebut dapat disebabkan oleh rendahnya kadar bahan organik pada lokasi LAT 3 (Tabel 1).

Tabel 3 Populasi rata-rata fauna tanah di tanah alami dan 3 lahan akses terbuka (LAT) lokasi penelitian di Kecamatan Padalarang (Sirait, 2022)

Taksa	Lokasi penelitian dan kemiringan lereng			
	Tanah Alami (15-25%)	LAT 1 (15-25%)	LAT 2 (8-15%)	LAT 3 (0-8%)
	Individu/m ²			
Arachnida				
Acari	143	833	3609	924
Araneae	21	11	43	5
Opiliones	0	11	0	5
Chilopoda				
Geophilomorpha	11	69	207	0
Diplopoda				
Diplopoda	0	11	21	0
Hexapoda (Insecta)				
Coleoptera	11	11	53	11
Collembola	191	403	1120	1369
Diptera	11	11	16	117
Diplura	37	64	143	0
Dermaptera	0	11	0	21
Hymenoptera	74	425	632	637
Isoptera	0	11	0	0
Larva Coleoptera (Ulodidae)	58	0	16	11
Larva Coleoptera (Melyridae)	37	64	393	180
Psocoptera	0	11	43	0
Thysanoptera	0	5	0	43
Symphyla				
Symphyla	0	11	0	0
∑Individu	594 b	1959 b	6295 a*	3323 ab
∑Kelas	3	5	4	2
∑Ordo	10	16	13	11

*Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT pada taraf 5%

Keanekaragaman dan kelimpahan fauna tanah dapat juga dipengaruhi oleh beberapa hal terkait pengelolaan lahan. Pengelolaan lahan seperti pemberian herbisida, pemupukan intensif, dan penanaman monokultur dapat menyebabkan penurunan kelimpahan dan keanekaragaman fauna tanah (Crossley *et al.*, 1992). Kelimpahan fauna tanah yang tinggi belum tentu menunjukkan keanekaragaman yang tinggi. Suatu komunitas dikatakan mempunyai keanekaragaman jenis yang tinggi jika komunitas itu disusun oleh banyak jenis dengan kelimpahan yang sama atau hampir sama (Soegianto, 1994). Jika nilai

keanekaragaman fauna tanah dikategorikan rendah sementara kelimpahannya sangat tinggi, maka dapat diartikan bahwa penyebaran fauna tanah pada lahan tidak merata atau terjadi dominasi berlebihan pada salah satu populasi. Penelitian ini menunjukkan adanya dominasi berlebihan ordo Acari dan ordo Collembola pada keempat lahan. Hal ini dapat menyebabkan terjadinya ketidakseimbangan jejaring makanan fauna tanah yang kemudian menyebabkan penurunan keanekaragaman fauna tanah.

KESIMPULAN

Nilai keanekaragaman fauna tanah tertinggi terdapat pada tanah alami yaitu sebesar 1,87 yang termasuk dalam kelas keanekaragaman sedang, sedangkan nilai keanekaragaman fauna tanah terendah terdapat pada lahan akses terbuka 2 yaitu sebesar 1,38 yang termasuk dalam kelas keanekaragaman rendah. Kelimpahan fauna tanah tertinggi terdapat pada lahan akses terbuka 2 (6295 individu/m²) dengan kemiringan lereng 8-15%, sedangkan kelimpahan terendah terdapat pada tanah alami (594 individu/m²) dengan kemiringan lereng 15-25%. Variasi kelimpahan, jumlah taksa dan keanekaragaman fauna tanah dipengaruhi oleh perbedaan faktor lingkungan seperti reaksi tanah, kemiringan lereng, vegetasi, dan kadar air.

DAFTAR PUSTAKA

- Arief, A. (2001). *Hutan dan Kehutanan*. Kanisius.
- Balai Pengujian Standar Instrumen Tanah dan Pupuk. (2023). *Petunjuk Teknis: Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air, dan Pupuk* (3rd ed.). Bogor: Balai Penelitian Tanah.
- Behan-Pelletier, V. M. (1999). Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: Role for bioindication. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 74(1), 411–423. [https://doi.org/10.1016/S0167-8809\(99\)00046-8](https://doi.org/10.1016/S0167-8809(99)00046-8).
- Carrillo, Y., Ball, B. A., Bradford, M. A., Jordan, C. F., & Molina, M. (2011). Soil fauna alter the effects of litter composition on nitrogen cycling in a mineral soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 43(7), 1440–1449. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2011.03.011>.
- Crossley, D. A., Mueller, B. R., & Perdue, J. C. (1992). Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: Relations to processes. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 40(1), 37–46. [https://doi.org/10.1016/0167-8809\(92\)90082-M](https://doi.org/10.1016/0167-8809(92)90082-M).
- Djakamihardja, A. S., & Mulyadi, D. (2013). Implikasi Penambangan Batugamping Terhadap Kondisi Hidrologi di Citeureup, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Riset Geologi Dan Pertambangan - Geology and Mining Research*, 23(1), Article 1. <https://doi.org/10.14203/risetgeotam2013.v23.69>.
- Haneda, N. F., & Asti, W. (2014). Keanekaragaman Fauna Tanah dan Perannya Terhadap Laju Dekomposisi Serasah Karet (*Hevea brasiliensis*) di Kebun Percobaan Cibodas – Ciampea Bogor. *Jurnal Silviculture Tropika*, 5(1). <https://journal.ipb.ac.id/index.php/jsilvik/article/download/8941/6995/>.
- Indahwati, R., Hendarto, B., & Izzati, M. (2012). *Keanekaragaman Arthropoda Tanah di Lahan Apel Desa Tulungrejo Kecamatan Bumiaji Kota Batu*. In *Seminar Nasional Pengelolaan Sumberdaya Alam dan Lingkungan* (pp. 1-4).
- Koehler, H. H. (1999). *Predatory mites (Gamasina, Mesostigmata)*. *Agric. Ecosys. Environ. J.*, 74(1–3), 395–410.
- Kusumastuti, A., Indrawati, W., Supriyanto, & Kurniawan, A. (2022). Keanekaragaman Mesofauna Tanah dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah pada Vegetasi Nilam di Berbagai Dosis Biochar dan Pupuk Majemuk NPK. *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(2), Article 2. <https://doi.org/10.25047/agriprima.v6i2.488>.

- Lavelle, P., & Spain, A. V. (2001). *Soil Ecology*. Kluwer Academic Publishers. <https://doi.org/10.1007/978-94-017-5279-4>.
- Magurran, A. (1987). *Ecological Diversity and Its Measurement*. London: Chapman and Hall.
- Magurran, A. (2004). *Ecological Diversity and Its Measurement*. London: Chapman and Hall.
- Masfiah, E., Karindah, S., & Puspitarini, R. D. (2014). Asosiasi Serangga Predator dan Parasitoid Dengan Beberapa Jenis Tumbuhan Liar di Ekosistem Sawah. *Jurnal HPT*, 2(2), 9–14.
- Meyer, E. (1966). *Endogenic Macrofauna*. Berlin: Springer Verlag.
- Russel, E. W. (1978). *Soil Condition and Plant Growth*. London: English Book Society and Longman.
- Sirait, A. S. (2022). *Keanekaragaman Fauna Tanah di Lahan Bekas Tambang Gamping Kecamatan Padalarang, Bandung Barat*. Bogor: Institut Pertanian Bogor. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/110914>.
- Siregar, H., & Komara, E. (2016). Penentuan Perlapisan Batugamping Formasi Rajamandala Menggunakan Metode Ground Penetrating Radar Di Daerah Padalarang, Kabupaten Bandung. *Buletin Sumber Daya Geologi*, 11, 174–185. <https://doi.org/10.47599/bsdg.v11i3.29>.
- Soegianto, A. (1994). *Ekologi Kuantitatif: Metode Analisis Populasi dan Komunitas*. Jakarta: Usaha Nasional.
- Sugiyarto, S., Pujo, M., & Miati, N. S. (2001). Relationship of Mesofauna Bioiversity and Undergrowth Vegetations in Jobolarangan Forest. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 2(2), Article 2. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d020203>.
- Suhardjono, Y. R., Deharveng, L., & Bedos. (2012). *Collembola (Ekorpegas)*. Bogor: Vegamedia.
- Suin, N. M. (1997). *Ekologi Hewan Tanah*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Suin, N. M. (2012). *Ekologi hewan tanah. Cetakan IV*. Jakarta: Bumi Aksara.
- Wahyuni, T., Widyastuti, R., & Santosa, D. (2017). Kelimpahan Dan Keanekaragaman Mikroarthropoda Pada Mikrohabitat Kelapa Sawit. *Jurnal Ilmu Tanah Dan Lingkungan*, 17, 54. <https://doi.org/10.29244/jitl.17.2.54-59>.
- Wati, Y., Alibasyah, M. R., & Man, M. (2014). Pengaruh Lereng dan Pupuk Organik Terhadap Aliran Permukaan, Erosi dan Hasil Kentang di Kecamatan Atu Lintang Kabupaten Aceh Tengah. *Jurnal Manajemen Sumberdaya Lahan*, 3(2), Article 2.