

Table Of Content

Journal Cover	2
Author[s] Statement	3
Editorial Team	4
Article information	5
Check this article update (crossmark)	5
Check this article impact	5
Cite this article	5
Title page	6
Article Title	6
Author information	6
Abstract	6
Article content	8

ISSN (ONLINE) 2598-9936



INDONESIAN JOURNAL OF INNOVATION STUDIES
PUBLISHED BY
UNIVERSITAS MUHAMMADIYAH SIDOARJO

Originality Statement

The author[s] declare that this article is their own work and to the best of their knowledge it contains no materials previously published or written by another person, or substantial proportions of material which have been accepted for the published of any other published materials, except where due acknowledgement is made in the article. Any contribution made to the research by others, with whom author[s] have work, is explicitly acknowledged in the article.

Conflict of Interest Statement

The author[s] declare that this article was conducted in the absence of any commercial or financial relationships that could be construed as a potential conflict of interest.

Copyright Statement

Copyright © Author(s). This article is published under the Creative Commons Attribution (CC BY 4.0) licence. Anyone may reproduce, distribute, translate and create derivative works of this article (for both commercial and non-commercial purposes), subject to full attribution to the original publication and authors. The full terms of this licence may be seen at <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/legalcode>

EDITORIAL TEAM

Editor in Chief

Dr. Hindarto, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Managing Editor

Mochammad Tanzil Multazam, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Editors

Fika Megawati, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Mahardika Darmawan Kusuma Wardana, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Wiwit Wahyu Wijayanti, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Farkhod Abdurakhmonov, Silk Road International Tourism University, Uzbekistan

Bobur Sobirov, Samarkand Institute of Economics and Service, Uzbekistan

Evi Rinata, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

M Faisal Amir, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Dr. Hana Catur Wahyuni, Universitas Muhammadiyah Sidoarjo, Indonesia

Complete list of editorial team ([link](#))

Complete list of indexing services for this journal ([link](#))

How to submit to this journal ([link](#))

Article information

Check this article update (crossmark)



Check this article impact (*)



Save this article to Mendeley



(*) Time for indexing process is various, depends on indexing database platform

Soil Macrofauna Diversity in Gold Mine Tailing Storage Facilities (TSF) Mirah I and TSF Mirah II at PT Kasongan Bumi Kencana

Keragaman Makrofauna Tanah di Fasilitas Penyimpanan Tailing Tambang Emas (TSF) Mirah I dan TSF Mirah II di PT Kasongan Bumi Kencana.

Patricia Erosa Putir, patricia@for.upr.ac.id, (1)

Universitas Palangkaraya, Indonesia

Wahyudi Wahyudi, wahyudi888@for.upr.ac.id, (0)

Universitas Palangka Raya, Indonesia

Sih Winarti, sihwinarti@pasca.upr.ac.id, (0)

Universitas Palangka Raya, Indonesia

Sosilawaty Sosilawaty, sosilawaty@for.upr.ac.id, (0)

Universitas Palangka Raya, Indonesia

⁽¹⁾ Corresponding author

Abstract

This research focuses on the assessment of soil macrofauna in gold mine tailing storage facilities (TSF) at PT Kasongan Bumi Kencana. The study aimed to analyze the physical and chemical properties of the soil, identify soil macrofauna, and evaluate their diversity in TSF Mirah I (7 years old) and TSF Mirah II (1 year old). Using a descriptive-quantitative approach, 38 subplots were established within each TSF, and data on macrofauna were collected, analyzed, and presented through descriptive statistics and species diversity index calculations. The results revealed that both TSFs exhibited low organic matter content. Mirah I TSF harbored 15 families with 172 individuals, primarily dominated by the Trigonulidae (millipedes) family. In contrast, Mirah II TSF contained 14 families with 120 individuals, mainly dominated by the Formicidae (black ant) family. The diversity index for Mirah I TSF was moderate ($H' = 1.9911$), similar to Mirah II TSF ($H' = 1.8665$). These findings highlight the potential of soil macrofauna as bioindicators for assessing tailing quality in gold mine operations.

Highlights:

- Examined physical and chemical properties of soil and identified soil macrofauna in two gold mine tailing storage facilities (TSF) at PT Kasongan Bumi Kencana.
- Utilized a descriptive-quantitative approach and species diversity index to analyze the macrofauna data.
- Trigonulidae (millipedes) dominated in Mirah I TSF, while Formicidae (black ant) dominated in Mirah II TSF, with both TSFs showing a moderate diversity index.

Indonesian Journal of Innovation Studies

Vol. 23 (2023): July

DOI: 10.21070/ijins.v24i.944 . Article type: (Innovation in Agricultural Science)

Published date: 2023-07-24 00:00:00

Pendahuluan

Tailing merupakan salah satu limbah yang dihasilkan dari kegiatan pertambangan, yaitu; pertambangan tembaga, emas, perak maupun mineral lainnya. Tailing berupa limbah yang berlumpur yang didominasi oleh partikel dengan ukuran lanau (butiran antara pasir dan lempung), dipisahkan antara mineral yang berharga dan sisanya merupakan limbah. Jika tidak dikelola dengan baik, limbah ini akan berdampak bagi lingkungan baik secara fisik, kimia maupun biologi.

Endapan tailing memiliki ukuran partikel bervariasi, dari kasar hingga halus, kandungan bahan organik dan unsur hara yang sangat sedikit [1]. Tailing pada umumnya memiliki sifat porositas tinggi sehingga kapasitas memegang air (*capacity holding*) rendah, struktur tidak stabil, bahan organik miskin sampai tidak ada, miskin unsur hara mikro maupun makro serta tidak ada aktivitas mikroba [2].

Mengacu pada beberapa perubahan tersebut, kegiatan reklamasi menjadi salah satu hal penting yang wajib dilakukan oleh perusahaan swasta maupun non swasta yang berkegiatan dalam pertambangan. Salah satu kegiatan reklamasi yang wajib dilakukan perusahaan tambang adalah revegetasi, yaitu menanam kembali lahan bekas tambang untuk perbaikan keanekaragaman hayati dan pemulihan estetika lanskap, komunitas tumbuhan asli secara berkelanjutan untuk mengendalikan erosi dan aliran permukaan. Selain itu penanaman vegetasi pada tailing akan membantu dalam penyediaan bahan organik yang akan berguna bagi fauna tanah yang hidup di sekitarnya. Fauna tanah dalam ekosistem tanah terdiri dari makrofauna, mesofauna dan mikrofauna.

Makrofauna tanah berperan penting dalam perbaikan sifat fisik, kimia dan biologi tanah yang terjadi pada proses imobilisasi dan humifikasi [3]. [4] Makrofauna tanah dalam kajian ekosistem memiliki peran penting dalam rantai makanan tanah yaitu mempercepat pertumbuhan populasi dan aktivitas mikroorganisme atau mengintensifkan aktivitas populasi mikroba untuk terjadinya mineralisasi dan humifikasi bahan organik serta menyiapkan nutrisi yang tersedia bagi tanaman. Makrofauna tanah juga berperan dalam menjaga kesuburan tanah melalui perombakan bahan organik, distribusi hara dan peningkatan aerasi tanah [5] menyatakan bahwa perubahan ekosistem dapat dilihat dari kehadiran dan aktivitas makrofauna tanah. Menurut [6], makrofauna tanah dapat menjadi indikator terhadap perubahan penggunaan lahan sehingga dapat digunakan untuk pendugaan kualitas lahan. Penelitian ini bertujuan menganalisis keberadaan makrofauna pada tailing umur 7 (tujuh) tahun dan 1 ((satu) tahun setelah penambangan yang telah ditumbuhi tanaman pohon hutan balangeran, tumih, kayu putih dan pulai serta rumput *Thypha*, *Cyperus* dan lain-lain.

Metode

Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan di PT Kasongan Bumi Kencana Kabupaten Katingan Kalimantan Tengah pada areal *Tailing Storage Facility* (TSF) Mirah I berumur 7 (tujuh) tahun dan TSF Mirah II berumur 1 (satu) tahun setelah penambangan. Analisis sifat fisik dan kimia tanah dilakukan di Laboratorium Tanah, Tanaman, Pupuk dan Air (Balittra) Banjarbaru. Identifikasi makrofauna dilakukan di UPT Laboratorium Lahan Gambut Universitas Palangka Raya. Peta lokasi penelitian disajikan pada Gambar 1.

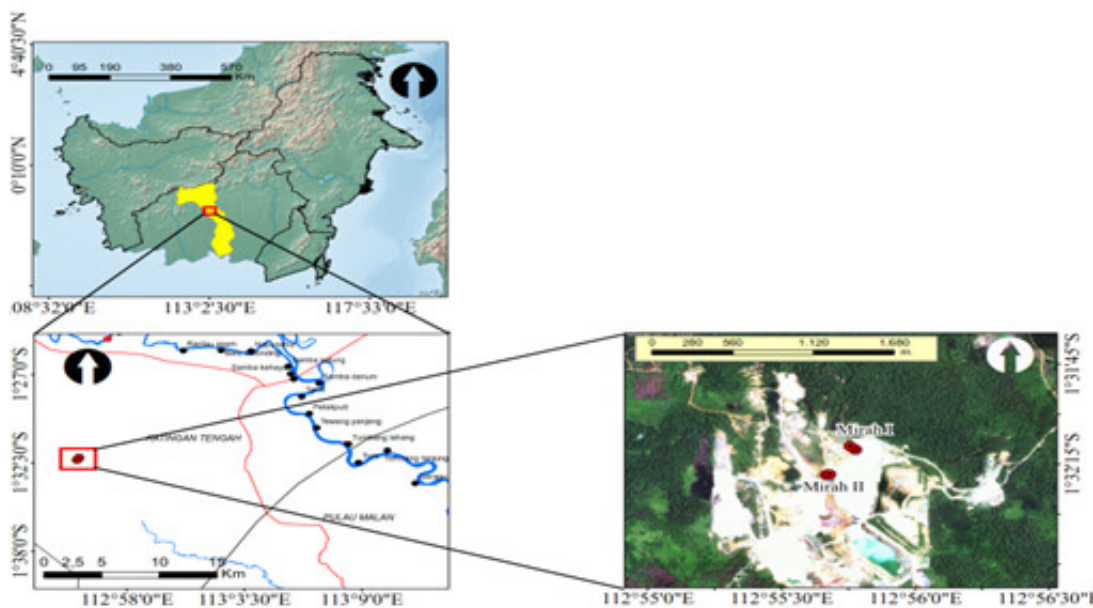


Figure 1. Peta Lokasi Penelitian di PT Kasongan Bumi Kencana

Prosedur Penelitian

1. Sampel tanah untuk analisis sifat fisik 3 fraksi (pasir, liat, debu) dan sifat kimia (pH, C-organik, N total, Kalium dan Phospor) diambil pada kedalaman 0-20 meter pada setiap areal TSF Mirah pada 5 (lima) titik yang dikompositkan. Pengambilan sampel dilakukan sebelum dan sesudah penanaman
2. Sampel tailing yang diambil untuk pengamatan makrofauna tanah. Setelah disortir tanah dikembalikan ke lokasi pengambilan sampel untuk meminimalkan degradasi tanah.
3. Sampel makrofauna dimasukkan ke dalam wadah sampel yang telah diisi cairan alkohol 70%
4. Identifikasi makrofauna tanah dilakukan di UPT Laboratorium Lahan Gambut Universitas Palangka Raya.

Metode Penelitian dan Analisis Data

Penelitian ini merupakan penelitian deskriptif-kuantitatif. Data-data yang diperoleh dari hasil penelitian disajikan dalam bentuk tabel dan grafik serta dianalisis secara statistik deskriptif. Pengambilan sampel penelitian dilakukan dengan metode hand sortir (sortir tangan) dengan membuat kuadran berukuran 25cmx25cmx30cm (monolith) lalu tanah tersebut diletakkan dalam nampan plastik untuk disortir makrofaunanya [7;8;9]. Sampel makrofauna diamati dan diidentifikasi di laboratorium dengan pedoman buku identifikasi "Pengenalan Serangga" [10], Ekologi Hewan Tanah [11]. Data untuk indeks keanekaragaman dianalisis menggunakan rumus indeks keanekaragaman dari Shannon and Wiener [12]. Data makrofauna meliputi klasifikasi makrofauna yaitu kelas, ordo, famili dan jumlah individu.

Hasil dan Pembahasan

Analisis Tanah Tailing Storage Facilities (TSF)

Hasil analisis tanah pada TSF Mirah I dan TSF Mirah II disajikan pada Tabel 1. Sifat fisik pada tekstur fraksi pasir antara kedua tailing sebelum dan sesudah penanaman terjadi perubahan (penurunan) fraksi pasir yang tidak terlalu signifikan, yaitu secara berturut-turut pada TSF I sebesar 89,36 dan 78,13, pada TSF Mirah II sebesar 82,90 dan 78,13. Penurunan fraksi pasir sejalan dengan kenaikan fraksi liat dan debu, yaitu pada TSF Mirah I sebelum penanaman sebesar 9,81 dan sesudah penanaman 19,05 dan fraksi liat sebelum penanaman 0,83 sesudah penanaman 2,83, pada TSF Mirah II fraksi debu sebelum penanaman 14,76 sesudah penanaman 19,06 dan fraksi liat sebelum penanaman 2,34 sesudah penanaman 2,83. Penambahan nilai kandungan fraksi debu dan liat adalah sebagai akibat dari perlakuan penambahan bahan organik berupa kompos pada saat penanaman tanaman pohon, tanah menjadi lebih gembur. Penambahan/perlakuan bahan organik ini juga berdampak pada sifat kimia pada TSF Mirah I dan TSF Mirah II, yaitu pH H₂O dan pH KCl meningkat meskipun tidak terlalu signifikan.

Kandungan C organik yang ditemukan pada TSF Mirah I dan TSF Mirah II berada pada kategori rendah baik sebelum maupun sesudah penanaman. [13] Lahan bekas penambangan emas di Monterado, bahwa kandungan N, P dan C termasuk dalam kriteria kesuburan tanah yang sangat rendah. Kegiatan penambangan yang diawali dengan penebangan vegetasi diatasnya menyebabkan hilangnya sumber bahan organik yang menyebabkan kandungan N tanah menjadi rendah. Kandungan K rendah disebabkan pencucian lapisan tanah atas yang mengandung emas sehingga tanah yang mengandung K (Kalium) tertukar dan larut dalam air menyebabkan kandungan K pada tapak tersebut menurun. Kandungan P juga rendah disebabkan oleh kurangnya bahan organik yang ada pada tanah sehingga mikroorganisme dalam tanah belum dapat secara maksimal merombak bahan organik yang mengakibatkan lambatnya tersedia P. Tingkat dekomposisi bahan organik merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi ketersediaan P di dalam tanah selain pH, ion Fe dan Al [14].

Lokasi Penelitian	Sifat Fisik dan Kimia	Tailing Sebelum Penanaman	Tailing Sesudah Penanaman	Keterangan
TSFMirah I	pH H ₂ O	7,06	7,72	Netral
pH KCl	6,93	7,02	Netral	
Tekstur (%): Pasir	89,36	78,13	Turun	
Debu	9,81	19,05	Naik	
Liat	0,83	2,83	Naik	
Bahan Organik: (%)C organik	0,28	0,31	Rendah	
N total	0,06	0,06	Rendah	
C/N	4,66	5,16	Naik	
Unsur Makro:				
P (tsd) (ppm)	5,47	2,79	Rendah	
Kdd (mol+/kg)	0,06	0,06	Rendah	
TSF Mirah II	pH H ₂ O	7,42	7,31	Netral
pH KCl	7,33	7,02	Netral	
Tekstur (%): Pasir	82,90	78,13	Turun	
Debu	14,76	19,06	Naik	
Liat	2,34	2,83	Naik	
Bahan Organik: (%)C organik	0,05	0,18	Rendah	
N total	0,06	0,05	Rendah	
C/N	0,8	3,6	Naik	
Unsur Makro:				
P (tsd) (ppm)	3,92	tu*		
Kdd (mol+/kg)	0,17	0,11	Rendah	

Table 1. Hasil Analisis Sifat Fisik dan Kimia Tailing

Sumber: [15]; tu*; tidak terukur

Fauna tanah merupakan salah satu organisme penghuni tanah yang berperan penting dalam perbaikan kesuburan tanah. Proses dekomposisi dalam tanah hanya dapat berjalan dengan cepat jika didukung oleh aktivitas makrofauna tanah yang akan menunjang dalam penyediaan unsur hara tanah. Proses dekomposisi oleh makrofauna yaitu dengan meremah-remah substansi nabati yang mati kemudian bahan tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk kotoran (*feses*). Butiran kotoran tersebut akan dikeluarkan dalam bentuk kotoran juga, karena kotoran organisme perombak ini akan ditumbuhi bakteri untuk diuraikan lebih lanjut dengan bantuan enzim spesifik sehingga terjadi proses mineralisasi. Hasil penelitian (Tabel 2) menunjukkan pada TSF Mirah I umur tailing 7 tahun ditemukan 15 famili 172 individu dengan famili trioniulidae (kaki seribu) dari ordo Spirobolida yang mendominasi. Pada TSF Mirah II umur tailing 1 tahun ditemukan 14 famili 120 individu yang didominasi oleh famili Formicidae (semut hitam) dari ordo Hymenoptera.

Kelas	Ordo	TSF Mirah I		TSF Mirah II		H' TSF I	H' TSF II
		Family	Σ Ind	Family	Σ Ind		
Insecta	Coleoptera	Carabidae	10	Carabidae	3	0,1654	0,0922
Tenebrionidae	5	-	-	0,1028	-	-	-

Latridiidae	6		-	0,1170		
Scarabaeidae	-	Scarabaeidae	8		0,1805	
Coccinellidae	5		-	0,1028		
Elateridae	-	Elateridae	2		0,0682	
Hymenoptera	Formicidae	40	Formicidae	60	0,3392	0,3465
Hemiptera	Hebridae	-	Hebridae	3		0,0922
Ocotidae	-	Ocotidae	4		0,1133	
Coryxidae	3		-	0,0706		
Orthoptera	Gryllidae	5		-	0,1028	
Tetrigidae	10	Tetrigidae	3	0,1654	0,0922	
Rhaphidophoridae	-	Rhaphidophoridae	4		0,1133	
Diptera	Stratiomyidae	3	Stratiomyidae	2	0,0706	0,0682
Shiponoptera	Pulicidae	-	Pulicidae	3		0,0922
Chilopoda	Scolopendridae	Scolopendridae	3	Scolopendridae	2	0,0682
Collembola	Colembolla	Entomobryidae	15	Entomobryidae	7	0,2127 0,16575
Diplopoda	Spirobolida	Trigoniulidae	60	Trigoniulidae	15	0,3673 0,2599
Arachnida	Acarina	Tetranychidae	3		-	0,0706
Araneae	Araneidae	2	Araneidae	4	0,0517	0,1133
Oligochaeta	Haplotaenidae	Lumbricidae	2		-	0,0517
Total		172		120		
Total Famili		15 Famili	14 Famili			
Total indeks keanekaragaman				1,9911	1,8665	

Table 2. Makrofauna Tanah pada TSF Mirah I dan TSF Mirah II

Kelompok cacing tanah, termite, semut dan milipede atau kaki seribu termasuk makrofauna saprofagus, yaitu makrofauna yang tidak punya peran melapuk bahan organik untuk dirinya sendiri saja tetapi juga melapuk untuk merangsang serangan mikrobia hasil remahan makroorganisme tersebut. Pada TSF Mirah I didominasi oleh kaki seribu kelas Diplopoda, ordo Spirobolida dan famili Trigoniulidae sebanyak 60 individu, kemudian semut hitam (Formicidae) sebanyak 40 individu dan Colembolla dari famili Entomobryidae sebanyak 15 individu sementara jenis lainnya tidak terlalu banyak. Kaki seribu di dalam rantai makanan bersama cacing tanah dan bekicot berperan sebagai detritivor yaitu organisme yang memakan partikel-partikel organik (detritus). Detritivor banyak ditemui dalam serasah daun dan bahan organik lainnya yang bercampur dengan tanah. Detritivor banyak dijumpai di tempat-tempat teduh atau berada di bawah naungan, tanah yang lembab atau di bawah kayu yang lapuk.

Pada TSF Mirah I dengan umur tailing 7 tahun setelah penambangan dapat dikatakan menjadi habitat yang sesuai dengan kehidupan kaki seribu, karena pada lokasi ini telah banyak ditumbuhi rumput *Typha*, *Cyperus* serta jenis rumput lainnya. Meskipun status bahan organik yang dihasilkan masih dalam kategori rendah, namun keberadaan makrofauna kaki seribu, semut dan colembolla serta jenis lainnya dapat dikatakan sebagai fauna yang akan mendukung dalam proses dekomposisi tanah selanjutnya dan seiring dengan berjalannya waktu akan terjadi

peningkatan status bahan organik tanah. Demikian pula halnya pada TSF Mirah II yang didominasi oleh makrofauna semut (Formicidae) sebanyak 60 individu dan kaki seribu (Trigoniulidae) sebanyak 15 individu. Semut merupakan hewan tanah yang berperan dalam perombakan bahan organik dengan cara memakan sisa-sisa organisme yang mati dan membusuk. Semut juga dapat dikatakan sebagai pendekomposer bahan organik, predator dan hama tanaman. Semut merupakan salah satu dari makrofauna yang dapat berperan sebagai *ecosystem engineers* yaitu makrofauna tersebut dapat menerima makanan dari tanaman dan akan kembali mempengaruhi tanaman perubahan sifat fisik [16]. Makrofauna pada TSF Mirah II lebih sedikit dibanding makrofauna pada TSF Mirah I hal ini dikarenakan TSF Mirah II merupakan tailing yang baru berumur 1 tahun dimana bahan organik yang berasal dari serasah dan tanaman yang tumbuh tidak terlalu banyak dihasilkan. Vegetasi yang tumbuh adalah rumput *Typha* serta beberapa jenis rumput lain yang tidak terlalu banyak tumbuh. [17] Faktor utama yang mempengaruhi kemunculan makrofauna tanah secara kuantitatif adalah kualitas nutrisi dasar. Jumlah individu makrofauna tanah pada tailing tambang emas TSF Mirah I dan TSF Mirah II disajikan pada Gambar 2.

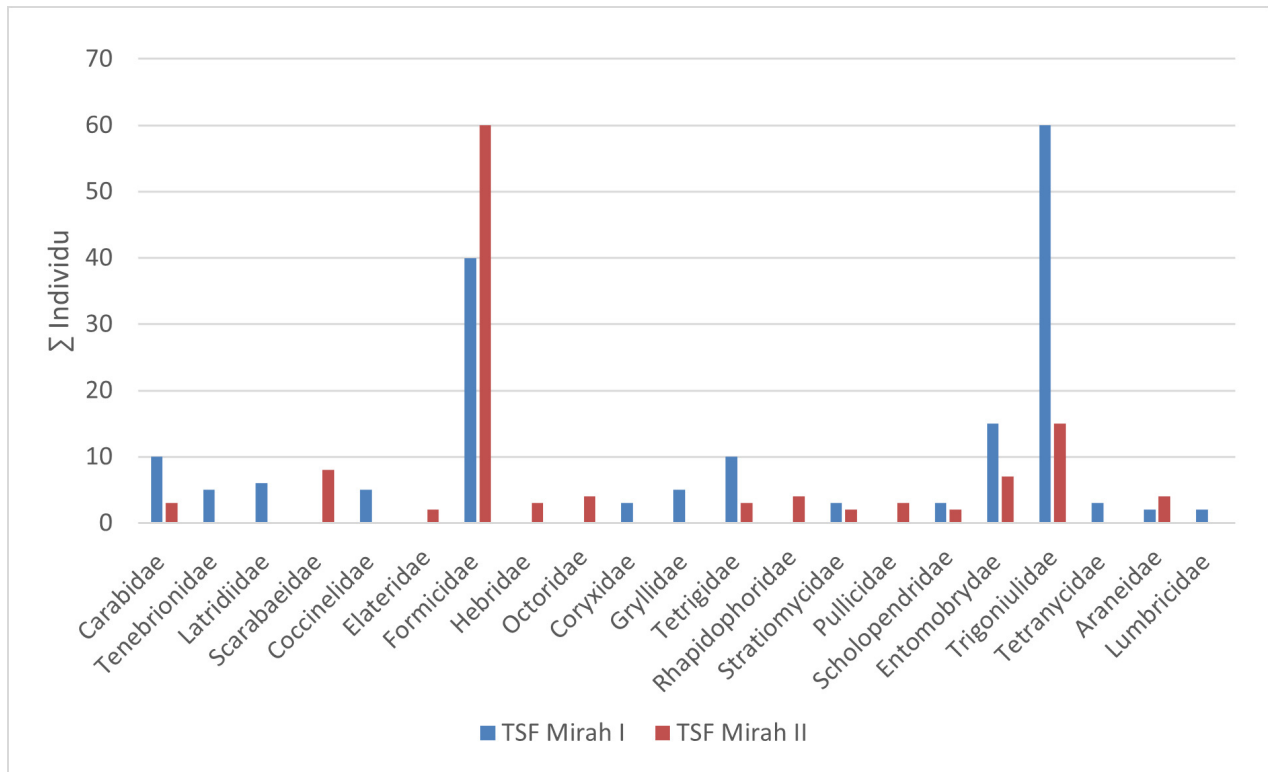


Figure 2. Grafik Makrofauna Tailing Tambang Emas

Indeks Keanekaragaman Jenis

Hasil identifikasi dari 2 (dua) lokasi penelitian yang berbeda menunjukkan nilai indeks keanekaragaman jenis makrofauna yang berbeda (Tabel 2). Nilai indeks dapat digunakan sebagai indikator kelengkapan dari kesuburan tanah. Hal ini dikarenakan faktor fisik, kimia dan biologi tanah memiliki keterkaitan satu sama lain. Kategori nilai indeks keanekaragaman (H') makrofauna tanah mengacu pada kategori [18] yaitu jika besaran $H' < 1,5$ menunjukkan keanekaragaman jenis tergolong rendah, $H' = 1,5 - 3,5$ menunjukkan keanekaragaman jenis tergolong sedang dan $H' > 3,5$ menunjukkan keanekaragaman tergolong tinggi. Pada TSF Mirah I (umur tailing 7 tahun) nilai indeks keanekaragaman jenis tergolong sedang ($H' = 1,9911$) dan pada TSF Mirah II (umur tailing 1 tahun) nilai indeks keanekaragaman juga tergolong sedang ($H' = 1,8665$). Hal ini dikarenakan pada TSF Mirah I dan TSF Mirah II sudah terdapat vegetasi yang tumbuh seperti rumput *Typha* dan *Cyperus* yang menghasilkan cukup serasah daun yang menutupi permukaan tanah. Lapisan penutup tanah ini dapat berfungsi sebagai sumber energi bagi komunitas hewan tanah. Bagi makrofauna tanah lapisan penutup ini juga berfungsi sebagai tempat berlindung dari cahaya matahari langsung maupun dari serangan predator. [19] Diversitas makrofauna tanah berkorelasi negatif dengan tingkat cahaya. Aktivitas makrofauna terhambat dengan cahaya yang berlebihan [20].

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, ditemukan bahwa kandungan bahan organik dalam tailing tambang emas di kedua Fasilitas Penyimpanan Tailing (TSF) Mirah I dan TSF Mirah II masih berada dalam kategori rendah. Kehadiran makrofauna tanah, terutama keluarga Trigoniulidae (kaki seribu) yang mendominasi di TSF Mirah I dan keluarga

Formicidae (semut) yang mendominasi di TSF Mirah II, memberikan gambaran penting tentang peran mereka sebagai bioindikator untuk mengevaluasi kualitas tailing dalam operasi pertambangan emas. Indeks keanekaragaman jenis yang diperoleh menunjukkan tingkat keragaman yang sedang di kedua TSF, menegaskan bahwa meskipun terdapat perbedaan umur di antara mereka, tingkat keanekaragaman makrofauna tetap berada pada kisaran yang serupa. Temuan ini menggarisbawahi pentingnya mempertimbangkan keragaman spesies sebagai indikator kualitas lingkungan di lokasi pertambangan tailing. Implikasi dari penelitian ini adalah perlunya perhatian khusus terhadap tingkat degradasi tanah pada fasilitas penyimpanan tailing tambang emas. Perawatan dan manajemen yang tepat diperlukan untuk meningkatkan kandungan bahan organik dalam tailing guna memfasilitasi proses dekomposisi dan perbaikan kesuburan tanah. Selain itu, pemantauan secara rutin terhadap populasi makrofauna tanah juga perlu diimplementasikan sebagai alat bantu untuk mengidentifikasi perubahan kondisi lingkungan. Penelitian lebih lanjut dapat mengeksplorasi faktor-faktor lain yang mempengaruhi keragaman dan distribusi makrofauna tanah di fasilitas penyimpanan tailing tambang. Pemahaman yang lebih mendalam tentang peran makrofauna dalam memperbaiki kualitas tanah dan dampaknya terhadap ekosistem lokal akan memberikan wawasan berharga bagi pengembangan strategi restorasi dan rehabilitasi lahan pasca-tambang. Selain itu, penelitian berkelanjutan mengenai pemantauan makrofauna dapat memberikan dukungan data yang kuat untuk mendukung kebijakan dan regulasi lingkungan yang berkelanjutan di industri pertambangan emas.

References

1. I. A. F. Djuuna, M. Masora, and P. Puradyatmika, "Soil Microorganisms numbers in the Tailing deposition ModADA areas of Freeport Indonesia, Timika, Papua," *Biodiversitas*, vol. 12, no. 4, pp. 198-203, 2011. doi: 10.13057/biodiv/d120403.
2. N. D. Purwantari, "Reklamasi area tailing dipertambangan dengan Tanaman pakan ternak; mungkinkah," *Jurnal Wartazoa*, vol. 17, no. 3, pp. 2007.
3. C. Wibowo and S. A. Slamet, "Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Jenis Tegakan di Lahan Pasca Tambang Silika di Hutan Pendidikan Holcim, Sukabumi, Jawa Barat," *Jurnal Silvikultur Tropika*, vol. 08, no. 1, pp. 26-34, 2017.
4. A. E. Kitamura, R. L. M. Tavares, M. Alves, Z. M. de Souza, and D. S. Siquiera, "Soil macrofauna as an indicator of the recovery of degraded Cerrado soil," *Soil Science. Ciencia Rural Santa Maria*, v. 50, no. 8, e20190606, 2020. doi: 10.1590/0103-8478cr20190606 ISSN e-ISSN 1678-4596.
5. J. Jurzenski, M. Albrecht, and W. W. Hoback, "Distribusi dan keanekaragaman genera semut dari ekoregion terpilih di seluruh Nebraska," *Naturalis Padang Rumput*, vol. 44, no. 1, pp. 17-29, 2012.
6. L. Rousseau, S. J. Fonte, O. Tellez, R. V. D. Hoek, and P. Lavelle, "Soil Macrofauna as an Indicator of Soil Quality and Land Use Impact in Smallholder Agroecosystems of Western Nicaragua," *Ecological Indicators*, vol. 27, pp. 71-82, 2013.
7. M. N. Suin, "Ekologi Hewan Tanah," *Bhumi Aksara*, Jakarta, 1997.
8. J. Dangerfield, "Abundance and Diversity of Soil Macrofauna in Northern Botswana," *J. Trop. Ecology*, pp. 527-538, 1997.
9. A. Asfaw and S. Zewudie, "Soil Macrofauna Abundance, Biomass, and Selected Soil Properties in the Home Garden and Coffee-Based Agroforestry System at Wondo Genet, Ethiopia," *Environmental and Sustainability Indicators*, vol. 12, pp. 1-9, 2021.
10. D. J. Borrow, C. A. Triplehorn, and N. F. Johnson, "Pengenalan Serangga Edisi keenam (terjemahan)," Penerbit Gadjah Mada University Press, 1992.
11. M. N. Suin, "Ekologi Hewan Tanah," *Bumi Aksara*, Bandung, 2012.
12. J. A. Ludwig and J. F. Reynolds, "Statistical Ecology: A Primer on Methods and Computing," Wiley-Interscience Pub., New York, 1988.
13. U. N. Isnaniarti, W. Ekyastuti, and H. A. Ekamawanti, "Suksesi Vegetasi pada Lahan Bekas Penambangan Emas Rakyat di Kecamatan Monterado Kabupaten Bengkayang," *Jurnal Hutan Lestari*, vol. 5, no. 4, pp. 952-961, 2017.
14. E. Aryanti and N. Hera, "Sifat Kimia Tanah Area Pasca Tambang Emas: (Studi Kasus Pertambangan Emas Tanpa Izin di Kenegerian Kari Kecamatan Kuantan Tengah, Kabupaten Kuantan Singingi)," *Jurnal Agroteknologi*, vol. 9, no. 2, pp. 21-26, 2019.
15. P. E. Putir, Wahyudi, S. Winarti, and Sosilawaty, "The effect of compost on the growth of forest plans in the gold mine of PT Kasongan Bumi Kencana Central Kalimantan Indonesia," in *International Scientific Conference in Palu Sulawesi Tenggara*, 2023.
16. Y. Purwaningrum, "Peranan Cacing Tanah Terhadap Ketersediaan Hara Di Dalam Tanah," *Jurnal Agriland*, vol. 1, no. 2, 2012.
17. K. S. Podgorska, M. Kondras, I. Dymitrysyn, A. Matracka, M. Cimoch, and E. Z. Zagrodzinska, "Influence of soil macrofauna on soil organic carbon content," *Environmental Protection and Natural Resources*, vol. 29, no. 4 (78), pp. 20-25, 2018. doi: 10.2478/oszn-2018-0018.
18. A. E. Magurran, "Ecological Diversity and Its Measurement," *Princeton University Press*, New Jersey, 1988.
19. Sugiyarto, "Keanekaragaman Makrofauna Tanah pada Berbagai Tingkat Umur tegakan Sengon di RPH Jatirejo Kabupaten Kediri," *Biodiversitas*, vol. 1, no. 2, pp. 47-53, 2000.
20. A. Buliyansih, "Penilaian Dampak Kebakaran terhadap Makrofauna Tanah dengan Metode Forest Health Monitoring (FHM)," *Undergraduate Thesis*, Bogor: IPB, 2005.