

Keragaman Hymenoptera di Lahan Reklamasi Sistem Teknologi Modifikasi Terasering di Lahan Bekas Penambangan Batu Kapur

Hymenoptera Diversity In Reclaimed Land With Modified Terrace Technology System On Limestone Mining Site

Nia Ardianita¹⁾, Dwi Oktafitria^{1*)}, Annisa Rahmawati¹⁾, Eko Purnomo²⁾

¹⁾Biologi, Universitas PGRI Ronggolawe

²⁾PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, Jawa Timur

*email: dwioktafitria86@gmail.com

diterima : 28 September 2024; dipublikasi : 31 Maret 2024

DOI: 10.32528/bioma.v9i1.1012

ABSTRAK

Salah satu upaya reklamasi lahan bekas tambang kapur yang terencana telah dilakukan PT Semen Indonesia Persero (Tbk) dengan menggunakan teknik sistem teknologi modifikasi terasering sejak tahun 2018. Tujuan penelitian ini untuk mengetahui keragaman hymenoptera di lahan bekas tambang batu kapur pada sistem teknologi modifikasi terasering dan mengetahui fungsi ekologisnya. Metode Pittfall trap dilakukan untuk pengambilan sampel dan perhitungan data menggunakan indeks ekologi Shannon Wiener. Hasil penelitian diketahui terdapat 31 individu yang terbagi atas 4 genus, dan 4 spesies. Empat spesies hymenoptera yang didapatkan yaitu *Solenopsis invicta*, *Tetramorium bicarinatum*, *Monomorium pharaonis*, *Camponotus pennsylvanicus* sedangkan nilai $H' = 1.39$ (kategori keanekaragaman sedang); nilai $C = 0.30$; dan $J = 0.71$. Didapatkan bahwa *Tetramorium bicarinatum* memiliki jumlah individu tertinggi yaitu sebesar 18 ekor dengan fungsi ekologisnya sebagai *soil engineer* yaitu berperan dalam merombak material organik yang berfungsi untuk membantu meningkatkan kesuburan tanah pada lahan reklamasi yang mempunyai sifat tanah rusak dan kering akibat penambangan.

Kata kunci: Hymenoptera, Reklamasi, Terasering, Keragaman, Tambang

ABSTRACT

One of the planned efforts to reclaim former limestone mining land has been carried out by PT Semen Indonesia Persero (Tbk) using the terrace modification technology system technique since 2018. The purpose of this study was to determine the diversity of Hymenoptera in the former limestone mine land on the modified terrace technology system and determine its ecological function. Pittfall trap method was used for sampling and data calculation using Shannon Wiener ecological index. The results showed that there were 31 individuals divided into 4 genus, and 4 species. Four species of hymenoptera were obtained, namely *Solenopsis invicta*, *Tetramorium bicarinatum*, *Monomorium pharaonis*, *Camponotus pennsylvanicus* while the value of $H' = 1.39$ (medium diversity category); $C = 0.30$; and $J = 0.71$. It was found that *Tetramorium bicarinatum* has the highest number of individuals, namely 18 individuals with its ecological function as a soil engineer, which plays a role in breaking down organic material which serves to help improve soil fertility on reclaimed land which has damaged and dry soil properties due to mining.

Keywords: Hymenoptera, Reclamation, Terraces, Diversity, Mining

PENDAHULUAN

Lahan bekas tambang kapur awalnya adalah lahan terbuka yang telah dilakukan kegiatan penambangan, sehingga memerlukan penanganan untuk mengembalikan lahan tersebut menjadi lahan produktif. Lahan bekas tambang kapur adalah lahan yang mengandung sedikit hara, sehingga dikategorikan sebagai lahan marjinal (Oktafitria, D., Hidayati, D., & Purnomo, E. (2019); Oktafitria, D., Febriyantiningrum, K., Nurfitria, N., Jadid, N., Purwani, K. I., Sumarsih, N., Khotimah, H., Hidayati, D., & Purnomo, E. (2019); Oktafitria, D. W. I., Febriyantiningrum, K., Jadid, N., Nurfitria, N. I. A., Rahmadani, F., Amrullah, A., & Hidayati, D. (2019). Lahan bekas tambang kapur ini memiliki kemampuan untuk melakukan pemulihan secara alami (Isnaniarti et al., 2017). Namun pemulihan tersebut membutuhkan waktu yang lama sebab minimnya unsur hara dan mineral pada tanah lahan tersebut. Perubahan lingkungan pada lahan bekas batu kapur mengakibatkan perubahan kimiawi pada tanah dan air yang berlanjut secara fisik yang disebut perubahan morfologi dan topografi lahan, sedangkan dari segi perubahan biologi menyebabkan gangguan pada habitat flora, fauna dan penurunan produktivitas tanah (Suprpto et al., 2017).

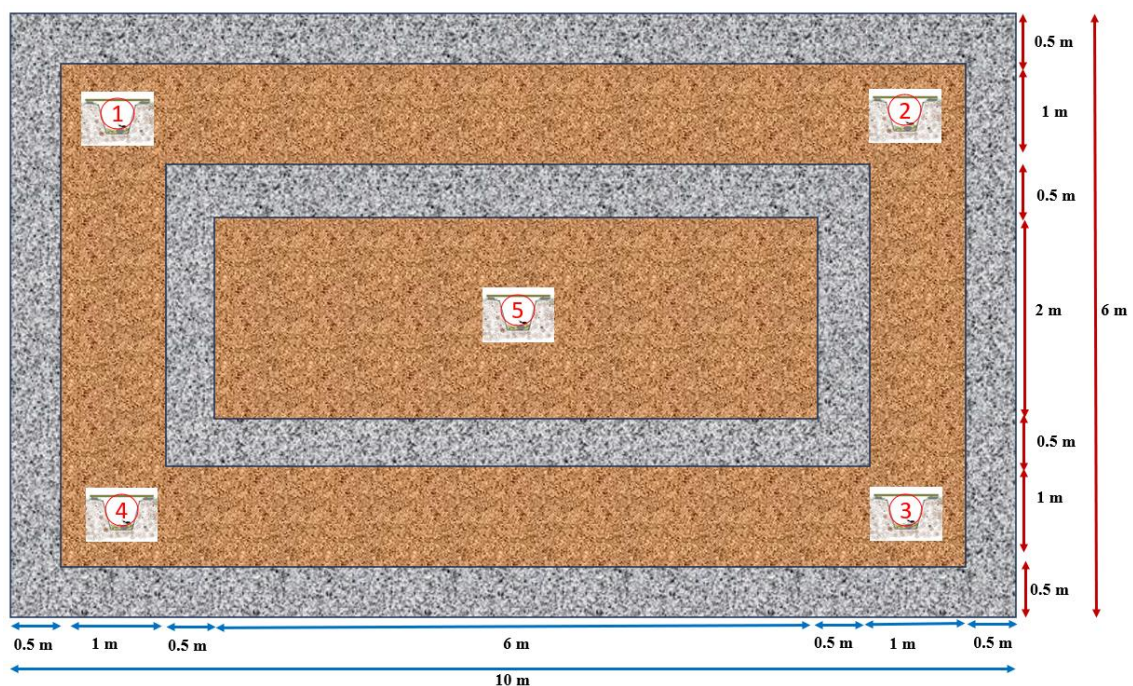
Reklamasi merupakan kegiatan yang bertujuan memperbaiki atau mengembalikan kemanfaatan tanah yang rusak akibat kegiatan penambangan (Setyowati et al., 2017). Pada lahan bekas tambang di butuhkan kegiatan reklamasi yang terencana, dan diharapkan lahan bekas penambangan dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian, perkebunan, atau sesuai dengan fungsi terdahulu, sehingga dampak negatif dari kegiatan penambangan dapat berkurang. Salah satu upaya reklamasi terencana telah dilakukan di kawasan lahan bekas tambang batu kapur di PT Semen Indonesia Persero (Tbk). Salah satu teknik reklamasi yang telah dilakukan adalah teknik reklamasi sistem teknologi modifikasi terasering tanpa menggunakan lapisan basal. Teknik ini dilakukan dengan tujuan mengembalikan fungsi lahan bekas tambang kapur menjadi lahan produktif dengan meminimalisir *run off* pada musim hujan. Teknik reklamasi sistem teknologi modifikasi terasering memberikan manfaat pada kegiatan reklamasi karena mampu menyimpan air lebih lama di dalam tanah sehingga mampu mengurangi frekuensi penyiraman pada tanaman reklamasi. Indikator keberhasilan pada suatu lahan reklamasi dengan sistem modifikasi terasering adalah ditandai dengan melimpah tidaknya suatu keanekaragaman serangga ordo hymenoptera yang berperan sebagai serangga penyerbuk (Huber, 2017).

Ordo Hymenoptera merupakan kelompok ordo serangga dengan keanekaragaman jenis terbesar ke-tiga di dunia. Di alam, sekitar 80% dari kelompok Hymenoptera didominasi oleh spesies parasitoid (Hymenoptera parasitika) dan di samping spesies lain yang berperan sebagai fitofag, predator, atau pollinator (Arini et al., 2022). Semut, tawon, lebah dan rayap merupakan kelompok ordo hymenoptera yang hidup dalam kelompok yang dikenal dengan masyarakat. Hymenoptera adalah insekta eusosial (terdapat pengkastaan dalam kelompok) ditandai dengan adanya perilaku kooperatif dalam merawat anggota koloni, kesinambungan antar generasi dalam kelompok dan adanya kasta reproduksi sebagai pusat (Idris et al., 2023). Namun, keanekaragaman serangga menghadapi ancaman yang serius. Kerusakan habitat, penggunaan pestisida, dan perubahan iklim merupakan faktor-faktor yang dapat mengancam kelangsungan hidup spesies Ordo Hymenoptera (Nicholls & Altieri, 2013).

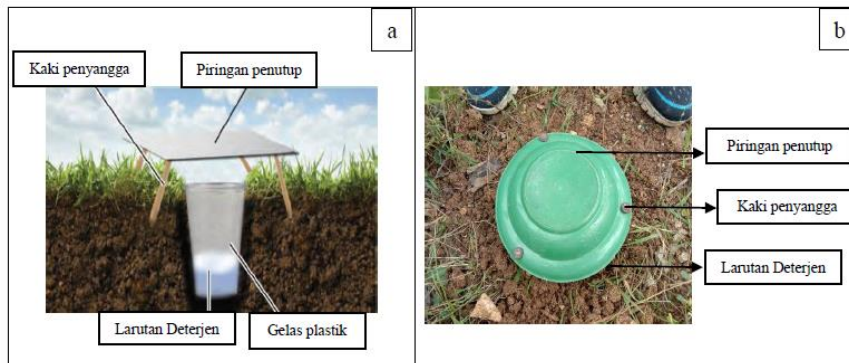
Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan dengan tujuan untuk mengetahui keanekaragaman hymenoptera di lahan bekas tambang batu kapur pada sistem teknologi modifikasi terasering yang telah dilakukan sejak tahun 2018 hingga saat ini dan untuk mengetahui fungsi ekologisnya sehingga mampu menambah informasi mengenai proses perjalanan reklamasi di PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban.

METODE

Tempat penelitian dan pengambilan sampel makrofauna tanah dilakukan pada lahan reklamasi bekas tambang kapur yang menggunakan sistem teknologi modifikasi terasering di kawasan PT Semen Indonesia (Persero) Tbk Pabrik Tuban. Ukuran lahan reklamasi sistem teknologi modifikasi terasering bawah sebesar 9 meter x 5 meter dan terasering atas sebesar 6 meter x 2 meter. Penentuan plot dilakukan secara *random sampling* dan ditentukan 5 titik (Gambar 1), sedangkan pengambilan sampel makrofauna tanah dilakukan dengan pitfall trap (Gambar 2).



Gambar 1. Penentuan plot *random sampling* peletakan pitfall trap



Gambar 2. Alat Pitfall Trap a) ilustrasi pitfall trap b) pemasangan pitfall trap di lokasi penelitian (Sumber: (Octamil et al., 2021) dan Dokumentasi Pribadi)

Pengamatan sampel makrofauna tanah dan analisis data dilakukan di laboratorium Biologi Universitas PGRI Ronggolawe Tuban. Penelitian dilakukan pada tanggal 01 Maret sampai 31 Juli 2023. Analisis data yang digunakan pada penelitian ini menggunakan indeks keanekaragaman Shannon Wiener; kemerataan spesies dianalisis dengan Indeks kemerataan (Pielou's Evenness Index) (Gaywood & Spellerberg, 1995; Magurran, 2013, 2021; Ruggiero et al., 1999), dan dominansi dianalisis dengan indeks dominansi Simpsons (Odum, 1997). Rumus indeks keanekaragaman Shannon Wiener sebagai berikut:

$$H' = - \sum_{i=1}^n p_i \ln p_i$$

Keterangan: H' = indeks keanekaragaman Shannon Wiener; p_i = jumlah individu suatu spesies/ jumlah total seluruh spesies (n_i/N)

$$C = \sum_{i=1}^n \left[\frac{n_i}{N} \right]^2$$

Keterangan: C' = Indeks dominansi (Simpson's Index); n_i = jumlah individu suatu jenis; N = jumlah individu seluruh jenis

$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

Keterangan: E' = Indeks kemerataan (Pielou's Evenness Index); H' = Indeks Keanekaragaman Shannon Wiener; S = Total Jumlah Jenis

HASIL DAN PEMBAHASAN

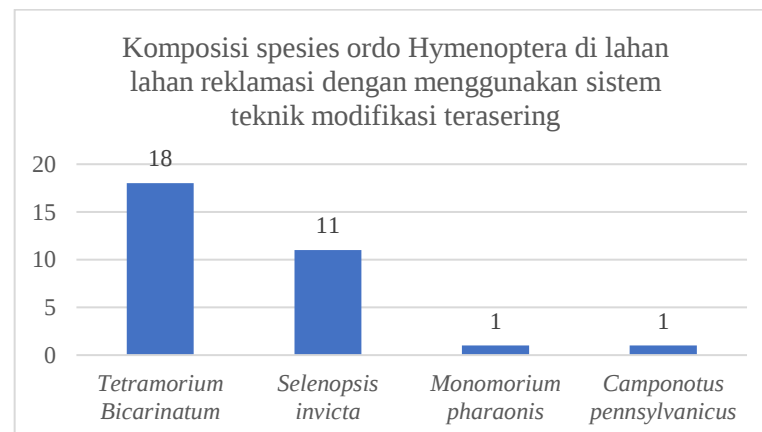
Berdasarkan hasil penelitian, diperoleh 31 individu, dan 4 spesies makrofauna tanah yang berasal dari famili formicidae dan ordo hymenoptera. Adapun spesies makrofauna tanah tersebut disajikan dalam Tabel 1. Makrofauna tanah di daerah tersebut dijumpai relatif lebih beragam. Keanekaragaman di sekitar areal hutan merupakan habitat dan daya tarik bagi serangga polinator dan predator sehingga dapat menjadi peran sebagai pengendalian hayati pada suatu ekosistem (Meilin, 2016). Adapun jumlah individu makrofauna tanah yang ditemukan pada lahan reklamasi dengan sistem teknologi modifikasi terasering di Kawasan bekas tambang batu kapur, disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Komposisi jenis makrofauna tanah yang ditemukan di lahan reklamasi dengan sistem modifikasi terasering di Kawasan bekas tambang batu kapur.

No.	Spesies	Genus	Famili	Ordo	Jumlah individu (n)
1.	<i>Solenopsis invicta</i>	<i>Solenopsis</i>	Formicidae	Hymenoptera	11
2.	<i>Tetramorium Bicarinatum</i>	<i>Tetramorium</i>	Formicidae	Hymenoptera	18
3.	<i>Monomorium pharaonis</i>	<i>Monomorium</i>	Formicidae	Hymenoptera	1
4.	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	<i>Camponotus</i>	Formicidae	Hymenoptera	1
Total Jumlah individu					31
Total Jumlah spesies					4

Penelitian ini didapatkan hasil bahwa makrofauna tanah yang mendominasi pada lahan reklamasi dengan menggunakan sistem teknologi modifikasi terasering di Kawasan bekas tambang batu kapur adalah spesies *Tetramorium bicarinatum*, dan *Solenopsis invicta* sebagai pendominasi kedua. Hal ini diduga karena spesies dari Hymenoptera merupakan salah satu spesies yang hidup secara berkoloni, Hal ini sesuai dengan yang disampaikan oleh (Hamzah et al., 2020) yaitu semut hidup dengan cara berkoloni sehingga menyebabkan ordo Hymenoptera paling tinggi ditemukan.

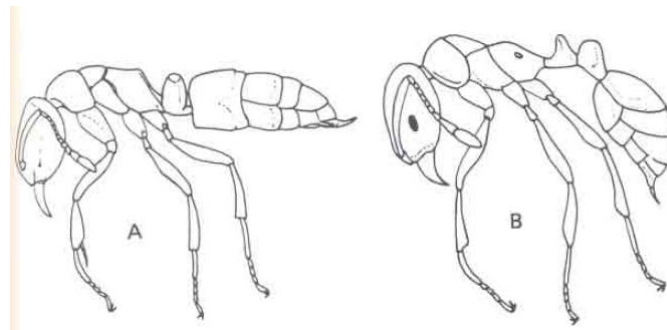
Ordo Hymenoptera yang diperoleh di lahan reklamasi dengan sistem teknologi modifikasi terasering di Kawasan batu kapur memiliki peranan ekologi *soil engineer* pada ekosistem. Peranan ini sangat penting dalam mempertahankan porositas dan kesuburan tanah. Selain itu, Formicidae merupakan predator dan detritivor yang ikut menjaga kestabilan rantai makanan dalam ekosistem (Siriya, 2016).



Gambar 3. Diagram batang komposisi spesies ordo Hymenoptera di lahan reklamasi dengan menggunakan sistem teknik modifikasi terasering

Ordo Hymenoptera dapat dikenali dari karakteristik morfologi yaitu berupa dua pasang sayap membraneus dengan ukuran yang berbeda, sayap mesothorax lebih besar dari pada sayap metathorax. Sedangkan famili Formicidae memiliki karakter segmen metasomatik pertama (terkadang 2 segmen metasomatik pertama) memiliki punuk atau simpul dan sangat berbeda dari metasoma lainnya (pada semut); antena biasanya

menyiku, setidaknya pada betina, dengan ruas pertama yang panjang; pronotum kurang lebih berbentuk kuadrat pada pandangan lateral, biasanya tidak mencapai tegulae (biasanya pada semut); dan seringkali tidak bersayap (Borror & Delong, 1971; Huber, 2017; Peters et al., 2017). Selain itu, tubuh Hymenoptera memiliki propodeum yang merupakan modifikasi antara abdomen segmen I dan thorax segmen III. Dalam penelitian ini, jumlah anggota ordo Hymenoptera yang paling banyak ditemukan yaitu jenis famili formicidae dan spesies *Tetramorium Bicarinatum* dan *Solenopsis invicta*.



Gambar 4. Contoh karakter utama pada Famili Formicidae Ordo Hymenoptera

Semut merah (*Tetramorium bicarinatum*) umumnya ditemukan di sepanjang trotoar, jalan, di sekitar tanaman berbunga, pondasi bangunan dan kayu membusuk dengan sarang yang terdistribusi secara luas (Borror & Delong, 1971; Huber, 2017; Peters et al., 2017). Umumnya makanan makrofauna tanah jenis ini berupa cairan tanaman (Smith et al., 2002). Pada saat penelitian semut tipe ini banyak ditemukan di permukaan tanah dan bawah bebatuan (F. S. Latumahina et al., 2014) dan ditemukan pada seluruh plot area sampling. *Tetramorium bicarinatum* diketahui memiliki fungsi ekologis sebagai *soil engineer* yaitu berperan dalam merombak material organik yang berfungsi untuk membantu meningkatkan kesuburan tanah pada lahan reklamasi yang mempunyai sifat tanah rusak dan kering akibat penambangan (Khamid & Siriyah, 2018; Siriyah, 2016).



Gambar 5. a) Semut merah/ *Tetramorium bicarinatum* (dokumentasi pribadi); b) Semut merah/ *Tetramorium bicarinatum* (Macgown et al., 2017)

Semut api (*Solenopsis invicta*) merupakan makrofauna tanah sosial atau eusosial dengan beberapa sifat dan perilaku yang menarik. Koloni eusosial ditandai oleh kerjasama di antara anggota mereka memelihara yang muda, adanya kasta-kasta mandul dan generasi yang tumpang tindih. Sehingga semut api susah untuk dimusnahkan dan

dapat mendominasi pada suatu lahan. Salah satu faktor penting dalam menentukan perkembangan populasi dan penyebaran makrofauna adalah makanan. Makanan serangga umumnya berasal dari organisme lainnya seperti tumbuhan, hewan dan bahan organik dari produk tumbuhan dan hewan (Borror & DeLong, 1971; Huber, 2017). Semut api (*S. invicta*) memanfaatkan tumbuhan, tanaman dan makrofauna lain yang terdapat pada tumbuhan tersebut sebagai sumber makanan. Semut api (*S. invicta*) adalah jenis makrofauna tanah yang dikenal sebagai predator alami yang memiliki peran sebagai musuh alami untuk hama yang ada pada lahan reklamasi sehingga dapat memengaruhi keanekaragaman dan pengendalian hayati pada suatu ekosistem (Meilin, 2016). Pada penelitian ini, semut api ditemukan pada semua plot area sampling.



Gambar 6. a) Semut api/ *Solenopsis invicta* (dokumentasi pribadi); b) Semut api/ *Solenopsis invicta* (Macgown et al., 2017)

Semut Firaun (*Monomorium pharaonis*) merupakan semut berwarna terang yang banyak hidup di dalam ruangan khususnya di dalam rumah dan menjadi hama bagi manusia. Habitat semut ini umumnya pada daerah tropis. *Monomorium pharaonis* juga dapat dengan mudah dibedakan dengan spesies dari genus *Monomorium* lain karena bagian kepala, mesosoma, tangkai daun, dan postpetiolanya berwarna kusam (tidak mengkilap) (Borror & DeLong, 1971; Huber, 2017). Semut Firaun menggunakan antenanya untuk merasakan getaran, dan untuk membantu penglihatan di area yang tidak mendapat penerangan. Rambut-rambut kecil yang mungkin ada di perut dapat membantu dalam merasakan cuaca, atau memproses sentuhan. Pada penelitian ini, semut firaun hanya ditemukan pada plot area sampling 1.



Gambar 7. a) Semut Firaun/ *Monomorium pharaonis* (dokumentasi pribadi); b) Semut Firaun/ *Monomorium pharaonis* (Macgown et al., 2017)

Semut kayu (*Camponotus pennsylvanicus*) umumnya hidup di pepohonan yang masih hidup, batang kayu yang telah lapuk atau sisa pohon yang telah ditebang. Selain itu semut ini juga memiliki habitat di rumah atau bangunan sehingga menjadi hama bagi

manusia khususnya didalam rumah. Semut ini juga ditemukan didaerah yang memiliki jenis tanah liat atau tanah berpasir yang berwarna cokelat (terang) tetapi jarang ditemukan didalam tanah dan dibawah batu (Peters et al., 2017). Semut ini terkadang ditemukan pula pada berbagai komunitass dari semak belukar, lahan pertanian, padang rumput, hutan kayu keras, hutan gugur, hutan dataran rendah maupun hutan campuran. Diketahui bahwa semut kayu merupakan semut yang paling sering ditemukan dan paling mudah beradaptasi. *Camponotus pennsylvanicus* tidak dapat secara aktif mengatur lingkungan sarang internalnya, namun dapat menggunakan sifat insulatif pohon untuk meredam fluktuasi suhu yang luas dan menyediakan iklim mikro sarang yang lebih stabil (Huber, 2017). Pada penelitian ini, semut kayu hanya ditemukan pada plot area sampling 3.



Gambar 8. a) Semut kayu/ *Camponotus pennsylvanicus* (dokumentasi pribadi); b) Semut kayu/ *Camponotus pennsylvanicus* (Macgown et al., 2017)

Nilai Indeks Keanekaragaman makrofauna tanah pada lahan reklamasi dengan menggunakan sistem teknik modifikasi terasering tergolong kategori sedang dengan nilai ($H' > 1 = 1,39$) (Shannon Wiener). Kondisi ini menunjukkan bahwa lingkungan di lahan reklamasi sistem teknologi modifikasi terasering cukup stabil ((PT Semen Indonesia (Persero) Tbk & PPLP PT PGRI Tuban, 2022; Putra et al., 2021; Yulia et al., 2023)). Keanekaragaman jenisnya masih dapat terus ditingkatkan contohnya dengan memperbanyak tumbuhan dan pohon-pohon berbunga yang disukai makrofauna tanah contohnya pohon rukem, mangga beringin, bisbol, tanjung dan durian, sehingga dapat mengundang lebih banyak serangga pollinator dan predator untuk datang (Kurniawati & Martono, 2015). Indeks Keanekaragaman tertinggi secara berturut-turut yaitu pada spesies *Tetramorium Bicarinarum* (0,36) dan *Solenopsis invicta* (0,35). Perbandingan nilai Indeks Keanekaragaman ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil perhitungan nilai Indeks keanekaragaman Shannon Wiener, indeks kemerataan, dan indeks dominansi

No.	Spesies	Jumlah individu (n)	H'	J	C
1.	<i>Solenopsis invicta</i>	11	-0,35299	0,717	0,305
2.	<i>Tetramorium Bicarinarum</i>	18	-0,36141		
3.	<i>Monomorium pharaonis</i>	1	-0,09057		
4.	<i>Camponotus pennsylvanicus</i>	1	-0,09057		
Total individu		41	1,395546		

Nilai indeks kemerataan berkisar antara 0-1. nilai yang mendekati 0 menunjukkan bahwa terdapat spesies yang dominan dalam komunitas. jika nilai mendekati 1 menunjukkan seluruh spesies memiliki tingkat kemerataan spesies yang hampir sama atau tidak terdapat dominasi suatu spesies tertentu. pada penelitian ini di peroleh nilai indeks kemerataan sebesar (0,71) yang berarti seluruh spesies memiliki tingkat kemerataan jenis yang hampir sama (Nurrohman et al., 2015; Situmorang & Afianti, 2020; Wibowo & Alby, 2020; Wibowo & Slamet, 2017)

Nilai indeks dominansi simpson berkisar 0-1. nilai yang mendekati 0 menunjukkan bahwa tidak terdapat spesies yang dominan dalam komunitas. jika nilai mendekati 1 menunjukkan terdapat dominansi spesies jenis tertentu. pada penelitian ini memperoleh nilai indeks dominansi sebesar (0,30) yang berarti pada area ini tidak terdapat dominansi jenis tertentu. kelimpahan jenis semut dalam areal permukiman dipengaruhi oleh faktor jenis tanah, jenis sumber makanan dan persaingan dalam mendapat sumber makanan. Persaingan antar semut maupun dengan makrofauna lain yang lebih dominan juga memengaruhi nilai keragaman semut dalam kawasan. spesies semut yang lebih kuat akan memiliki koloni yang lebih kuat karena banyaknya sumber makanan yang akan dimonopoli (Ayu, 2018; Chotimah et al., 2020; Hoffmann et al., 2000; F. Latumahina et al., 2019)

KESIMPULAN DAN SARAN

Dari hasil penelitian tersebut dapat ditarik kesimpulan bahwa pada lahan reklamasi bekas tambang batu kapur PT Semen Indonesia (Persero) Tbk pabrik Tuban dengan menggunakan teknik sistem teknologi modifikasi terasering terdapat 4 spesies yaitu *Solenopsis invicta*, *Tetramorium Bicarinatum*, *Monomorium pharaonis* dan *Camponotus pennsylvanicus* yang didominasi oleh *Tetramorium bicarinatum*. Keanekaragaman spesiesnya tergolong kedalam keanekaragaman sedang dengan nilai $H' = 1.39$; $C = 0.30$; $J = 0.71$. Serta diketahui pula bahwa *Tetramorium bicarinatum* sebagai spesies dominan memiliki fungsi ekologi sebagai *soil engineer* yaitu berperan dalam merombak material organik yang dapat membantu meningkatkan kesuburan tanah pada lahan reklamasi yang mempunyai sifat tanah rusak dan kering akibat penambangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Arini, A., Suhendra, M., Chahyadi, E., Wahibah, N. N., & Parlaongan, A. (2022). Studi Pendahuluan Keanekaragaman Hymenoptera Parasitoid di Kawasan Hijau Kampus UNRI, Panam. *EduBiologia: Biological Science and Education Journal*, 2(1), 48–54.
- Ayu, M. (2018). Keanekaragaman Semut (Hymenoptera: Formicidae) Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan Di Hutan Pendidikan “Ub Forest”, Malang. *Malang: Universitas Brawijaya*.
- Borror, D. J., & DeLong, D. M. (1971). *An introduction to the study of insects*.
- Chotimah, T., Wasis, B., & Rachmat, H. H. (2020). Populasi makrofauna, mesofauna, dan tubuh buah fungi ektomikoriza pada tegakan Shorea leprosula di hutan penelitian Gunung Dahu Bogor. *Jurnal Penelitian Hutan Dan Konservasi Alam*, 17(1), 79–98.

- Gaywood, M. J., & Spellerberg, I. F. (1995). Thermal ecology 1: Thermal ecology of reptiles and implications for survey and monitoring. *Foster J & Gent T., Reptile Survey Methods: Proceedings of a Seminar, 7th November*, 9–22.
- Hamzah, N. H., Maqtan, A., Omar, H., & Ibrahim, H. (2020). An abundance of soil invertebrates in young and mature palm oil plot in relations to soil physical properties: A preliminary study. *Journal of Bioscience and Applied Research*, 6(4), 251–262.
- Hoffmann, B. D., Griffiths, A. D., & Andersen, A. N. (2000). Responses of ant communities to dry sulfur deposition from mining emissions in semi-arid tropical Australia, with implications for the use of functional groups. *Austral Ecology*, 25(6), 653–663.
- Huber, J. T. (2017). Biodiversity of hymenoptera. *Insect Biodiversity: Science and Society*, 419–461.
- Idris, G. H., Rompas, C. F. E., Satiman, U., & Wantania, J. Z. (2023). DIVERSITY OF THE ORDER HYMENOPTERA IN RICE PLANTATION IN MANEMBO-NEMBO DISTRICT AS AN ECOLOGICAL INDICATOR. *Indonesian Biodiversity Journal*, 4(3), 21–31.
- Isnaniarti, U. N., Ekyastuti, W., & Ekamawanti, H. A. (2017). Suksesi vegetasi pada lahan bekas penambangan emas rakyat di kecamatan monterado kabupaten bengkayang. *Jurnal Hutan Lestari*, 5(4).
- Khamid, M. B. R., & Siriyah, S. L. (2018). Efektivitas Bakteri Entomopatogen Dari Tanah Sawah Asal Kecamatan Cilebar Kabupaten Karawang Terhadap Intensitas Serangan, Mortalitas Hama Ulat Grayak (Spodoptera litura) Pada Hasil Tanaman Kubis Bunga (Brassica oleraceae L.). *Jurnal Agrotek Indonesia (Indonesian Journal of Agrotech)*, 3(1).
- Kurniawati, N., & Martono, E. (2015). Peran tumbuhan berbunga sebagai media konservasi artropoda musuh alami (the Role of Flowering Plants in Conserving Arthropod Natural Enemies). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(2), 53–59.
- Latumahina, F., Mardiatmoko, G., & Sahusilawane, J. (2019). *Respon Semut Terhadap Kerusakan Ekosistem Hutan di Pulau Kecil*. Media Akselerasi.
- Latumahina, F. S., Musyafa, M., Sumardi, S., & Putra, N. S. (2014). Kelimpahan dan keragaman semut dalam hutan lindung Sirimau Ambon. *Biospecies*, 7(2).
- Macgown, J. A., Wang, S. Y., Hill, J. G., & Whitehouse, R. J. (2017). A list of ants (Hymenoptera: Formicidae) collected during the 2017 William H. Cross Expedition to the Ouachita Mountains of Arkansas with new state records. *Transactions of the American Entomological Society*, 143(4), 735–740.
- Magurran, A. E. (2013). *Ecological diversity and its measurement*. Springer Science & Business Media.
- Magurran, A. E. (2021). Measuring biological diversity. *Current Biology*, 31(19), R1174–R1177.
- Meilin, A. (2016). Serangga dan peranannya dalam bidang pertanian dan kehidupan. *Jurnal Media Pertanian*, 1(1), 18–28.
- Nicholls, C. I., & Altieri, M. A. (2013). Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. *Agronomy for Sustainable Development*, 33, 257–274.

- Nurrohman, E., Rahardjanto, A., & Wahyuni, S. (2015). Keanekaragaman makrofauna tanah di kawasan perkebunan coklat (*Theobroma cacao* L.) sebagai bioindikator kesuburan tanah dan sumber belajar biologi. *JPBI (Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia)*, 1(2).
- Octamil, M. T., Fatimah, S., & Agustina, E. (2021). KOMPOSISI DAN KEANEKARAGAMAN SERANGGA PERMUKAAN TANAH DI KAWASAN KAMPUS UIN AR-RANIRY BANDA ACEH. *Prosiding Seminar Nasional Biologi, Teknologi Dan Kependidikan*, 9(2), 5–11.
- Odum, E. P. (1997). *Ecology: a bridge between science and society*. Sinauer Associates Incorporated.
- Oktafitria, D., Febriyantiningrum, K., Nurfitria, N., Jadid, N., Purwani, K. I., Sumarsih, N., Khotimah, H., Hidayati, D., & Purnomo, E. (2019). Eksplorasi Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) Pada Lahan Revegetasi Pasca Tambang Batu Kapur Dan Status Infeksinya terhadap Akar Jagung (*Zea mays*). *Prosiding SNasPPM*, 4(1), 63–70.
- Oktafitria, D., Hidayati, D., & Purnomo, E. (2019). Diversitas Serangga Tanah Di Berbagai Tipe Tanah Pada Lahan Reklamasi Bekas Tambang Kapur Kabupaten Tuban. *Florea : Jurnal Biologi Dan Pembelajarannya*, 6(1), 28. <https://doi.org/10.25273/florea.v6i1.4367>
- Oktafitria, D. W. I., Febriyantiningrum, K., Jadid, N., Nurfitria, N. I. A., Rahmadani, F., Amrullah, A., & Hidayati, D. (2019). Short communication: Assessment of reclamation success of former limestone quarries in Tuban, Indonesia, based on soil arthropod diversity and soil organic carbon content. *Biodiversitas*, 20(6). <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200634>
- Peters, R. S., Krogmann, L., Mayer, C., Donath, A., Gunkel, S., Meusemann, K., Kozlov, A., Podsiadlowski, L., Petersen, M., & Lanfear, R. (2017). Evolutionary history of the Hymenoptera. *Current Biology*, 27(7), 1013–1018.
- PT Semen Indonesia (Persero) Tbk, & PPLP PT PGRI Tuban. (2022). *Laporan Keanekaragaman Hayati PT Semen Indonesia (Persero) Tbk*.
- Putra, I. luqmana indra, Setiawan, H., & Suprihatini, N. (2021). Keanekaragaman Jenis Semut (Hymenoptera: Formicidae) Di Sekitar Kampus 4 Universitas Ahmad Dahlan Yogyakarta. *Biospecies*, 14(2), 20–30.
- Ruggiero, L. F., Aubry, K. B., Buskirk, S. W., Koehler, G. M., Krebs, C. J., McKelvey, K. S., & Squires, J. R. (1999). Ecology and conservation of lynx in the United States. *General Technical Report RMRS-GTR-30WWW. Fort Collins, CO: US Department of Agriculture, Forest Service, Rocky Mountain Research Station*. 474 p., 30.
- Setyowati, R. D. N., Amala, N. A., & Aini, N. N. U. (2017). Studi pemilihan tanaman revegetasi untuk keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang. *Al-Ard: Jurnal Teknik Lingkungan*, 3(1), 14–20.
- Siriyah, S. L. (2016). Keanekaragaman dan dominansi jenis semut (Formicidae) di hutan musim Taman Nasional Baluran Jawa Timur. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*, 85–90.
- Situmorang, V. H., & Afrianti, S. (2020). Keanekaragaman makrofauna tanah pada perkebunan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) PT. Cinta Raja. *Perbal: Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 8(3), 176–186.

- Smith, J. L., Halvorson, J. J., & Bolton Jr, H. (2002). Soil properties and microbial activity across a 500 m elevation gradient in a semi-arid environment. *Soil Biology and Biochemistry*, 34(11), 1749–1757.
- Suprpto, P. K., Ali, M., & Nuryadin, E. (2017). Program pengenalan dan sosialisasi penerapan teknologi olah sampah organik rumah tangga (osama) di kampung Jati Kabupaten Ciamis. *Jurnal Pengabdian Siliwangi*, 3(1).
- Wibowo, C., & Alby, M. F. (2020). Keanekaragaman dan Kelimpahan Makrofauna Tanah pada Tiga Tegakan Berbeda di Hutan Pendidikan Gunung Walat. *Journal of Tropical Silviculture*, 11(1), 25–31.
- Wibowo, C., & Slamet, S. A. (2017). KEANEKARAGAMAN MAKROFAUNA TANAH PADA BERBAGAI TIPE TEGAKAN DI AREAL BEKAS TAMBANG SILIKA DI HOLCIM EDUCATIONAL FOREST, SUKABUMI, JAWA BARAT Soil Macrofauna Diversity on Various Types of Stands in Silicas' Post-Mining Land in Holcim Educational Forest... *Journal of Tropical Silviculture*, 8(1), 26–34.
- Yulia, Y. R. S., Kenedi, M., Chrisnawati, L., & Mahfut, M. (2023). Keanekaragaman Serangga Polinator di Taman Keanekaragaman Hayati Lumbok Seminung, Lampung Barat. *Konservasi Hayati*, 19(1), 58–64.