

NICHE Journal of Tropical Biology

Available online: <https://ejournal2.undip.ac.id/index.php/niche>

Kondisi tanah sebelum dan sesudah ditambang di area galian pasir dan batu Rowosari Semarang berdasarkan struktur komunitas mikroartropoda dan indeks QBS-ar

Soil conditions before and after mining in sand and rock quarry Rowosari Semarang based on microarthoropods community structure and QBS-ar index

Rully Rahadian^{a*}, Mochamad Hadi^a, Udi Tarwotjo^a, Wiatri Larasati^a,
Noora Lailatul Husna^a

^a*Departemen Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Tembalang, Semarang 50275*

ABSTRACT

Mining activities have environmentally damaging impacts including on soil faunal ecosystems. Microarthropods as one of the components of soil fauna are known to have the ability as bioindicators of soil quality. This study aims to evaluate the role of soil microarthropods' community structures and the QBS-ar index as a bioindicator of soil damage due to sand and stone mining activities in Rowosari Semarang. Soil sampling was conducted at two locations representing land before and after mining using five times replication. Soil microarthropods were extracted from soil samples using the Tullgren-Funnel method. Microarthropods were identified up to the order level. The physical and chemical factors of soil measured were pH, organic matter, porosity and soil texture. Analysis of microarthropods community structure was conducted using Shannon-Wiener diversity index and Pielou evenness. Biology soil quality was analyzed using the QBS-ar Index. The results showed the diversity of microarthropods at the location before and after mining did not significantly different ($p>0.05$). The biology soil quality in the before mining area is better than in the after mining. The pH value of the soil in both locations ranges from 6 – 7. Porosity and soil organic matter in the after mining area is higher than in the area that has not been mined. The soil texture in the land that has not been mined is silt loam while in the after mining area is sandy loam. It can be concluded that the community structure of microarthropods and the physical and chemical parameters of the soil are not sensitive enough to detect soil damage due to mining activity compared to the QBS-ar index.

Keywords: microarthropods, QBS-ar, quarry, community structure

ABSTRAK

Aktivitas tambang memiliki dampak merusak lingkungan termasuk terhadap ekosistem fauna tanah. Mikroartropoda sebagai salah satu komponen fauna tanah diketahui memiliki kemampuan sebagai bioindikator kualitas tanah. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi peran struktur komunitas mikroartropoda tanah dan indeks QBS-ar sebagai bioindikator kerusakan lahan akibat aktivitas tambang pasir dan batu di Rowosari Semarang. Sampling tanah dilakukan di dua lokasi yang mewakili lahan sebelum dan setelah ditambang dengan menggunakan ulangan sebanyak lima kali. Mikroartropoda tanah diekstraksi dari sampel tanah menggunakan metode Tullgren-Funnel. Mikroartropoda hasil sampling diidentifikasi sampai level ordo. Faktor fisika dan kimia tanah yang diukur adalah pH, bahan organik, porositas dan tekstur tanah. Analisis struktur komunitas mikroartropoda dilakukan menggunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan pemerataan Pielou. Kualitas tanah secara biologi dianalisis menggunakan Indeks QBS-ar. Hasil penelitian menunjukkan keanekaragaman mikroartropoda di lokasi sebelum dan sesudah ditambang tidak berbeda secara signifikansi ($p>0,05$). Kualitas tanah secara biologi di lahan sebelum ditambang lebih baik dibandingkan setelah ditambang. Nilai pH tanah di kedua lokasi berkisar 6 – 7. Porositas dan bahan organik tanah di lahan yang sudah ditambang lebih tinggi dibandingkan lahan yang belum ditambang. Tanah di lahan yang belum ditambang bertekstur lempung

*Penulis korespondensi: rully.rahadian@live.undip.ac.id

Diterima 3 November 2021, Disetujui 16 November 2021

Disarankan menyitasi artikel ini sebagai: Rahadian et al, *NICHE J Trop Bio* (2021) 4(2) 40-45

berdebu sedangkan yang sudah ditambang bertekstur lempung berpasir. Dapat disimpulkan struktur komunitas mikroartropoda dan parameter fisika dan kimia tanah tidak cukup sensitif untuk mendeteksi kerusakan lahan akibat aktivitas tambang dibandingkan indeks QBS-ar.

Kata kunci: mikroartropoda, QBS-ar, area tambang, struktur komunitas

I. PENDAHULUAN

Aktivitas tambang sudah sejak lama diketahui memiliki dampak kerusakan lingkungan yang cukup besar tidak terkecuali terhadap ekosistem fauna tanah. Hal ini terjadi karena aktivitas tambang menggerus lapisan *topsoil* tanah kemudian dipindahkan dan disimpan untuk dikembalikan pada saat proses penambangan berakhir. Proses tersebut secara langsung dan cepat merusak kondisi fisik, kimia tanah dan fauna tanah di dalamnya. Hilangnya komunitas fauna tanah beserta *ecosystem services* yang ditimbulkan dari komunitas tersebut adalah konsekuensi yang harus ditanggung dari aktivitas pertambangan (Huang, Yesilonis, & Szlavecz, 2020; C. Menta, Conti, Pinto, Leoni, & Lozano-Fondón, 2014). Di sisi lain, fauna tanah berperan penting dalam berbagai proses di dalam tanah, antara lain; berperan dalam distribusi bahan organik, laju dekomposisi, siklus nutrien, dan dalam pembentukan struktur tanah, penentuan porositas, aerasi dan infiltrasi (C. Menta et al., 2014; Cristina Menta, Conti, & Pinto, 2018). Indeks kesehatan/kesuburan tanah yang komprehensif didasarkan pada indikator yang meliputi tiga komponen kesehatan tanah: fisik, kimia, dan biologis (Andrea, Bini, & Amaducci, 2017; George et al., 2017)

Salah satu aktivitas penambangan di Kota Semarang yang sudah berlangsung lama sejak tahun 1900-an adalah penambangan bahan galian golongan C berupa pasir-batu di Desa Rowosari, Kecamatan Tembalang. Sejak tahun 2005 aktivitas penambangan di lokasi tersebut semakin masif karena mulai menggunakan alat berat. Penggalian tanah di lokasi tersebut telah mencapai kedalaman kurang lebih 30 m. Lapisan *topsoil* di Kawasan penambangan pasir batu Rowosari secara teoritis sudah hilang termasuk fauna tanah didalamnya. Oleh karena itu penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi peran struktur komunitas mikroartropoda tanah dan indeks QBS-ar sebagai bioindikator kerusakan lahan akibat aktivitas tambang pasir dan batu di Rowosari Semarang.

II. MATERI DAN METODE

Lokasi penelitian

Penelitian ini dilakukan di penambangan galian C di desa Rowosari, Kecamatan Tembalang, Semarang, Indonesia. Area tambang ini dikenal dengan nama Brown Canyon karena bekas aktivitas galian tanah meninggalkan beberapa struktur tanah berupa pilar menjulang tinggi yang sekilas mirip Grand Canyon di Amerika Serikat. Aktivitas penggalian di area ini berupa penambangan pasir dan batu menggunakan alat berat. Kedalaman lahan bekas tambang menyisakan pilar-pilar tanah setinggi rata-rata 30 m. Lokasi penelitian berada pada ketinggian 47 m dpl dengan kondisi gersang tanpa vegetasi terutama di area bekas tambang. Dua stasiun sampling dipilih secara *purposive* berdasarkan kategori lahan belum ditambang (S 07⁰ 03.556' E 110⁰ 29.238') dan lahan sudah ditambang (S 07⁰ 03.556' E 110⁰ 29.238'). Kondisi lahan belum ditambang ditutupi vegetasi tanaman pertanian khususnya palawija singkong dan jagung.

Sampling mikroartropoda

Lima sampel tanah diambil menggunakan bor tanah berukuran 100 cm² dan kedalaman 10 cm dari masing-masing stasiun penelitian untuk menentukan struktur komunitas fauna tanah (kerapatan dan keanekaragaman) dan kualitas tanah berdasarkan indeks QBS-ar. Tiga sampel tanah tambahan diambil sebanyak 300 gram dari masing-masing stasiun penelitian untuk dianalisis karakteristiknya secara fisika (tekstur, kelembaban, porositas, kandungan air) dan kimia (pH, bahan organik, rasion C/N, total Nitrogen). Mikroartropoda diekstrak menggunakan ekstraktor corong Berlese-Tüllgren. Spesimen dikoleksi di dalam larutan alkohol 70% dan diidentifikasi sampai hirarki takson sekurangnya level ordo. Tiap individu mikroartropoda pada masing-masing taksa dihitung jumlahnya untuk menentukan kerapatannya yang diekstrapolasi ke jumlah individu pada luas 1 m² (ind/m²).

Analisis data

Mikroartropoda yang telah diidentifikasi dihitung berdasarkan pengelompokan taksa untuk mendapatkan nilai kerapatan, keanekaragaman, dan pemerataan. Analisis ketiga komponen struktur komunitas tersebut dibantu menggunakan perangkat lunak PAST versi 4.4. Kualitas tanah secara biologi dianalisis menggunakan prosedur penentuan nilai Eco-Morphological Index (EMI) dan index QBS-ar (Cristina Menta, Conti, Pinto, & Bodini, 2018).

III. HASIL

Hasil sampling di area penambangan galian C Rowosari menunjukkan kerapatan mikroartropoda tanah di lahan yang belum ditambang sebesar 660 individu/m². Nilai tersebut hampir dua kali lipat dari kerapatan mikroartropoda yang ditemukan di lahan bekas tambang galian C yaitu 340 individu/m². Tingginya kerapatan mikroartropoda di lahan yang belum ditambang didominasi Acari yaitu sebanyak 260 individu/m² atau sekitar 40% dari keseluruhan mikroartropoda yang ditemukan di lokasi tersebut. Colembolla yang umumnya ditemukan dalam jumlah banyak seperti halnya Acari, di lahan belum ditambang juga ditemukan meski dalam jumlah sedikit yaitu 20 individu/m². Di lahan belum ditambang ditemukan 7 taksa mikroartropoda dewasa dan satu taksa pra-dewasa yaitu larva Diptera. Di lahan bekas tambang jumlah taksa mikroartropoda yang ditemukan sebanyak 8 taksa, seluruhnya adalah taksa dewasa dan tidak ditemukan tahap pra-dewasa. Taksa yang cukup dominan di lahan bekas tambang adalah Coleoptera dan Diptera, masing-masing memiliki kerapatan 100 individu/m². Berbeda dengan lahan belum ditambang, kerapatan Acari di lahan sudah ditambang cukup minim yaitu 40 individu/m². Taksa Colembolla bahkan tidak ditemukan sama sekali di lahan bekas galian tambang ini.

Keanekaragaman di kedua lahan dianalisis secara kuantitatif menggunakan indeks Shannon-Wiener dengan hasil keanekaragaman mikroartropoda di lahan bekas tambang galian C ($H' = 1,81$) lebih tinggi dibandingkan lahan yang belum ditambang ($H' = 1,75$). Analisis lebih lanjut nilai indeks Shannon di kedua lahan menggunakan uji t keanekaragaman Hutcheson menunjukkan keanekaragaman mikroartropoda kedua lahan tersebut tidak menunjukkan perbedaan yang signifikan (nilai $p > 0,05$). Pola keanekaragaman tersebut sejalan dengan pola pemerataan (evenness) yang menunjukkan indeks pemerataan lahan bekas tambang (0,88) lebih tinggi dibandingkan lahan sebelum ditambang (0,95).

Tabel 1. Rata-rata kerapatan mikroartropoda (ind/m²), indeks keanekaragaman Shannon (H'), dan indeks pemerataan (E) di lahan belum ditambang (BT) dan lahan sudah ditambang (ST).

	Lahan BT	Lahan ST
Acari	260	40
Araneae	-	20
Collembola	20	-
Coleoptera	120	100
Diptera	100	100
Larva Diptera	20	-
Psocoptera	-	20
Hymenoptera	80	20
Hemiptera	20	20
Homoptera	20	20
Plecoptera	20	-
Total kerapatan, ind/m ²	660	340
Indeks keragaman, H'	1,75	1,81
Kemerataan, E	0,88	0,95

Nilai $p = 0,28$ (H' lahan BT dan ST tidak beda nyata)

Penghitungan nilai indeks QBS-ar kedua lahan melalui penjumlahan nilai skor EMI masing-masing taksa menunjukkan nilai indeks QBS-ar lahan belum ditambang (56) lebih tinggi dibandingkan lahan bekas ditambang (54). Secara umum, tingginya nilai indeks QBR-ar lahan belum ditambang ditentukan oleh kehadiran taksa larva Diptera, Colembolla dan Plecoptera yang tidak dimiliki oleh lahan bekas tambang galian C. Sebaliknya kehadiran taksa Homoptera dan Psocoptera pada lahan bekas tambang tidak berhasil meningkatkan nilai indeks QBS-ar lahan tersebut.

Karakteristik tanah secara kimia terlihat memiliki perbedaan bahan organik dimana lahan yang sudah ditambang lebih tinggi dibandingkan lahan yang belum ditambang (Tabel 2). Adapun pH tanah

di kedua lokasi memiliki nilai yang tidak berbeda jauh di kisaran pH 6 – 7. Secara fisik, karakteristik tanah di kedua lahan tidak terlalu jauh berbeda (Tabel 3). Meskipun begitu, nilai porositas tanah di lahan yang sudah ditambang lebih tinggi dibandingkan lahan yang belum ditambang. Secara umum, komposisi tekstur tanah kedua lokasi berbeda dimana lahan yang belum ditambang tergolong bertekstur lempung berdebu sedangkan lahan yang sudah ditambang tergolong bertekstur lempung berpasir.

Tabel 2. Nilai Skor EMI dan indeks QBS-ar di lahan belum ditambang (BT) dan sudah ditambang (ST).

Taksa	Skor EMI	
	Lahan BT	Lahan ST
Diptera	1	1
Larva Diptera	10	-
Hemiptera	1	1
Homoptera	-	1
Hymenoptera	5	5
Collembola	8	-
Acarina	20	20
Psocoptera	-	1
Plecoptera	1	-
Coleoptera	10	20
Aranae	-	5
Total QBR-ar	56	54

Tabel 3. Karakteristik kimia tanah lahan belum ditambang (BT) dan sudah ditambang (ST).

Parameter	Lahan BT	Lahan ST
pH tanah	6,3 ± 0,3	6,8 ± 0,1
Bahan organik (%)	10,56 ± 0,09	11,52 ± 0,03

Tabel 4. Karakteristik fisik tanah lahan belum ditambang (BT) dan sudah ditambang (ST).

Parameter	Lahan BT	Lahan ST
Porositas tanah, %	43,69 ± 0,002	44,95 ± 0,005
Tekstur tanah	Lempung berdebu	Lempung berpasir
Gravel, %	16,76 ± 1,07	6,95 ± 1,43
Pasir, %	39,03 ± 0,49	46,05 ± 0,34
Lanau, %	40,98 ± 3,84	43,67 ± 2,13
Lempung, %	5,43 ± 1,36	4,97 ± 1,57

Keterangan:

BT: Belum ditambang

ST: Sudah ditambang

V. PEMBAHASAN

Kerapatan mikroartropoda di kedua lahan yang diamati menunjukkan perbedaan kondisi tanah atau kualitas tanah secara biologi. Lahan yang belum ditambang memiliki kerapatan mikroartropoda yang

jauh lebih tinggi dibandingkan lahan bekas ditambang. Hal ini mengindikasikan tanah di lahan bekas ditambang tidak sebaik tanah di lahan yang belum terganggu dalam menyediakan kebutuhan hidup mikroartropoda. Kehadiran Acari yang melimpah dan Colembolla di lahan yang belum ditambang umum terjadi di berbagai tanah ekosistem alami. Oleh karena itu menurunnya kerapatan Acari dan ketidakhadiran Colembolla di lahan bekas tambah menjadi indikasi terganggunya ekosistem di lahan tersebut.

Pola keanekaragaman mikroartropoda di kedua lahan yang diamati menunjukkan hasil tidak sesuai hipotesis karena indeks keanekaragaman di lahan bekas tambang lebih tinggi dibandingkan lahan yang belum ditambang. Namun setelah diuji secara statistik perbedaan tersebut tidak berbeda secara signifikan ($p > 0,05$). Indeks keanekaragaman mikroartropoda yang lebih tinggi di lahan bekas tambang lebih disebabkan oleh tingginya nilai indeks kemerataan di lahan tersebut dibandingkan lahan yang belum ditambang. Hal ini terjadi karena relatif meratanya kelimpahan masing-masing taksa penyusun komunitas mikroartropoda di lahan bekas tambang. Coleoptera dan Diptera yang merupakan dua taksa yang dominan di lahan bekas tambang kelimpahannya tidak sebesar Acari di lahan belum ditambang.

Nilai indeks QBS-ar lahan yang belum ditambang lebih tinggi dibandingkan lahan bekas tambang (Tabel 2). Indikasi ini sesuai dengan hipotesis bahwa lahan yang rusak atau terganggu cenderung mengalami penurunan nilai indeks QBS-ar. Penurunan tersebut berkaitan dengan aktivitas tambang yang secara langsung merusak lapisan *topsoil* yang merupakan habitat fauna tanah termasuk mikroartropoda. Hanya saja perbedaan nilai indeks QBS-ar di kedua lahan tidak didukung data bahan organik. Kandungan bahan organik tanah di lahan bekas tambang terlihat lebih tinggi dibandingkan lahan belum ditambang (Tabel 3). Hal ini mengindikasikan tanah di lahan yang belum ditambang mengalami pencucian sehingga kadar bahan organiknya cenderung rendah. Sedangkan lahan bekas tambang yang berlokasi 30 meter di bawah lahan yang belum ditambang memiliki kandungan bahan organik yang lebih tinggi karena menerima limpahan dari pencucian bahan organik lahan yang belum ditambang. Sebaliknya lahan belum ditambang masih ditutupi vegetasi berupa palawija. Kondisi ini memungkinkan lahan di area tersebut masih memiliki niche yang cukup disukai oleh mikroartropoda tanah. Gonçalves et al., (2020) menyatakan index QBS-ar di lahan percobaan yang ditutupi vegetasi lebih tinggi secara signifikan dibandingkan di lahan yang terbuka. Tutupan lahan secara buatan menggunakan plastik mulsa juga membuktikan bahwa tanah di kondisi demikian menjadi niche yang ideal bagi mikroartropoda tanah sehingga mampu menaikkan nilai indeks QBS-ar (Agustina, Tarwojjo, & Rahadian, 2019)

Karakteristik tanah ditinjau dari faktor fisika dan kimia menunjukkan perbedaan yang tidak terlalu signifikan. Namun begitu tanah di lahan yang sudah ditambang cenderung memiliki nilai yang lebih tinggi baik pH, kandungan bahan organik, maupun porositasnya. Hal ini disebabkan porositas tanah yang lebih besar memiliki kemampuan mengikat unsur hara yang lebih baik. Porositas tanah berperan dalam tata udara, tata air, *bulk density*, struktur, tekstur, dan laju infiltrasi tanah. Lebih tingginya porositas tanah di lahan yang sudah ditambang juga berkaitan dengan tekstur tanah di lahan tersebut yang berkategori lempung berpasir. Meskipun demikian tesktur tanah di kedua lokasi masih termasuk dalam kategori sama yaitu tanah bertekstur sedang atau berlempung. Bahan organik memiliki sejumlah komponen aktif (senyawa fenolik, biomassa mikroba, enzim) masing-masing dengan peran fungsional yang berbeda dalam tanah yang dapat memberikan perubahan awal dalam kualitas tanah (Romeo, Settineri, Sidari, Mallamaci, & Muscolo, 2020).

Hasil penelitian ini memperlihatkan perbedaan indikasi kondisi tanah di lahan yang sudah dan belum ditambang berdasarkan struktur komunitas mikroartropoda tanah, indeks QBS-ar, dan faktor fisik-kimia tanah. Tidak berbedanya keanekaragaman mikroartropoda secara statistik di kedua lokasi yang dibandingkan menunjukkan indikator struktur komunitas mikroartropoda tanah tidak dapat membedakan kondisi lahan sebelum dan sesudah ditambang. Sementara itu, indeks QBS-ar lebih jelas memotret perbedaan kondisi kedua lahan yang dibandingkan dimana lahan sebelum ditambang lebih baik kualitas tanahnya secara kesuburan dibandingkan lahan sesudah ditambang. Indikasi berbeda ditunjukkan oleh faktor fisik dan kimia tanah yang cenderung menunjukkan tanah di lahan sesudah ditambang lebih baik dibandingkan tanah sebelum ditambang khususnya dikaitkan dengan karakteristik tanah yang cocok untuk pertumbuhan tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada H. Sumbowo yang telah membantu menyiapkan alat dan bahan sekaligus sampling di lapangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustina, D., Tarwotjo, U., & Rahadian, R. (2019). The Effectiveness of Plastic Mulch for Maintaining the Potato Farmland in Dieng Plateau Using Soil Biological Quality Index. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*, 11(1), 125–131. <https://doi.org/10.15294/biosaintifika.v11i1.17804>
- Andrea, F., Bini, C., & Amaducci, S. (2017). Soil and ecosystem services: Current knowledge and evidences from Italian case studies. *Applied Soil Ecology*. <https://doi.org/10.1016/J.APSSOIL.2017.06.031>
- George, P. B. L., Keith, A. M., Creer, S., Barrett, G. L., Lebron, I., Emmett, B. A., ... Jones, D. L. (2017). Evaluation of mesofauna communities as soil quality indicators in a national-level monitoring programme. *Soil Biology and Biochemistry*. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.09.022>
- Gonçalves, F., Nunes, C., Carlos, C., López, Á., Oliveira, I., Crespí, A., ... Torres, L. (2020). Do soil management practices affect the activity density, diversity, and stability of soil arthropods in vineyards? *Agriculture, Ecosystems and Environment*. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2020.106863>
- Huang, Y., Yesilonis, I., & Szlavecz, K. (2020). Soil microarthropod communities of urban green spaces in Baltimore, Maryland, USA. *Urban Forestry and Urban Greening*, 53(August 2019), 126676. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2020.126676>
- Menta, C., Conti, F. D., Pinto, S., Leoni, A., & Lozano-Fondón, C. (2014). Monitoring soil restoration in an open-pit mine in northern Italy. *Applied Soil Ecology*, 83, 22–29. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2013.07.013>
- Menta, Cristina, Conti, F. D., & Pinto, S. (2018). Microarthropods biodiversity in natural, seminatural and cultivated soils—QBS-ar approach. *Applied Soil Ecology*, 123(June 2017), 740–743. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2017.05.020>
- Menta, Cristina, Conti, F. D., Pinto, S., & Bodini, A. (2018). Soil Biological Quality index (QBS-ar): 15 years of application at global scale. *Ecological Indicators*, 85(June 2017), 773–780. <https://doi.org/10.1016/j.ecolind.2017.11.030>
- Romeo, F., Settineri, G., Sidari, M., Mallamaci, C., & Muscolo, A. (2020). Responses of soil quality indicators to innovative and traditional thinning in a beech (*Fagus sylvatica* L.) forest. *Forest Ecology and Management*, 465(March), 118106. <https://doi.org/10.1016/j.foreco.2020.118106>