

KERAPATAN DAN KEANEKARAGAMAN NEMATODA TANAH DI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA KECAMATAN CEMPAKA, KABUPATEN BANJAR, PROVINSI KALIMANTAN SELATAN

Novy ETTY Maretnoningrum dan Abdul Gafur✉

Program Studi Biologi FMIPA Universitas Lambung Mangkurat
Jalan A. Yani Km 35,8 Banjarbaru, Kalimantan Selatan
Email: agafur@fmipa.unlam.ac.id

ABSTRACT

Density and biodiversity of soil nematodes in a discarded coal-mining site in Cempaka Subdistrict, Banjar District, South Kalimantan Province, were studied in search for optimum depth of soil samples taken for nematode community data. Three locations reflecting categories of conditions were distinguishable in the study area: natural, partially damaged, and damaged. From each location soil samples were taken up to 20 cm depth which were subsequently separated into 0-10 and 10-20 cm. Comparisons of soil nematode density and biodiversity were made between the two depth and the three locations. Statistical analyses suggested that natural location had the highest density of nematodes, followed by the partially damaged and damaged locations. This is parallel to differences among the three conditions in organic-C and pH. However, no significant difference in nematode density was found between the two depths of soil. Sample-based and individual-based species accumulation curves showed that more species were found with more samples and more individuals observed, and upper (0-10 cm) layer has more species than lower (10-20 cm) part of soils. Nevertheless, as the accumulation curves did not reach their asymptotes, more than 10 samples and 600 individuals are required to obtain more accurate information regarding soil nematode biodiversity in the study area.

Key words: nematode, soil, coal-mining, biodiversity, density, depth, soil sampling

PENDAHULUAN

Batubara saat ini merupakan produk pertambangan yang paling penting bagi pendapatan asli daerah Kalimantan Selatan. Selain itu, Kalimantan Selatan merupakan salah satu provinsi dengan potensi batubara

terbesar di Indonesia. Oleh karena itu, pertambangan batubara di Kalimantan Selatan tidak hanya penting bagi provinsi Kalimantan Selatan sendiri, tetapi juga bagi perekonomian Indonesia secara umum.

Penambangan batubara di Kalimantan Selatan menerapkan sistem penambangan

terbuka. Di dalam sistem ini, bagian atas tanah sampai kedalaman tertentu dikupas dan dipindahkan (ditimbun) ke bagian lain, kemudian lapisan batubara yang ditemukan diambil dan dibersihkan (Akbar, 2001). Sistem penambangan semacam ini memiliki kelebihan berupa biaya investasi yang lebih murah dan tidak membutuhkan teknologi tinggi. Namun, sistem ini sangat berpeluang untuk menimbulkan kerusakan lingkungan.

Sistem penambangan terbuka menciptakan lubang galian yang sangat luas dan dalam serta memperbesar kemungkinan erosi dan sedimentasi. Sistem ini akan mengubah sifat tanah dengan menjadikannya masam dan menghasilkan garam yang dapat meracuni tanaman (Tampubolon *et al.*, 1999). Di musim hujan, lubang besar bekas tambang akan menampung air hujan, tetapi karena sifat tanahnya seperti disinggung di atas, genangan air yang terbentuk sulit untuk dimanfaatkan untuk perikanan. Dengan demikian, lahan bekas penambangan batubara merupakan lahan yang tidak produktif, baik untuk budidaya pertanian, perkebunan, maupun perikanan.

Sebagian lahan bekas tambang telah diupayakan untuk dipulihkan dengan cara revegetasi dengan akasia dan sengon. Beberapa kajian yg telah dilakukan menunjukkan bahwa akasia dan sengon mengeluarkan asam organik, baik melalui proses sekresi maupun eksudasi dari akar ataupun dari pelapukan sisa tanaman, yg

menguntungkan bagi kehidupan mikroorganisme dan fauna tanah (Tampubolon *et al.*, 1999). Di beberapa tempat usaha revegetasi telah menampakkan hasil yang diharapkan, yakni lahan yang tampak mulai rimbun.

Contoh lahan tambang batubara di Kalimantan Selatan yang sekarang sudah tidak berfungsi lagi adalah yang terdapat di Kecamatan Cempaka, Kabupaten Banjar. Di lahan bekas tambang batubara ini terdapat sejumlah lubang yang besar dan dalam yang sama sekali tidak dimanfaatkan. Di beberapa tempat sudah dilakukan upaya revegetasi dengan akasia, yang sebagian sudah mencapai hasil yang cukup baik.

Meskipun beberapa upaya revegetasi sudah memperlihatkan hasil yang menggembirakan, belum ada kajian mengenai dampak revegetasi lahan bekas tambang batubara terhadap kehidupan di dalam tanah, khususnya terhadap nematoda tanah yang merupakan salah satu kelompok fauna terpenting di dalam ekosistem tanah. Karena pada dasarnya revegetasi lahan merupakan salah satu upaya untuk mengembalikan kondisi tanah, tidak sekedar menumbuhkan vegetasi di permukaan, maka kajian mengenai dampak revegetasi terhadap komunitas di dalam tanah perlu dilakukan, agar diperoleh gambaran yang lebih komprehensif mengenai hasil upaya revegetasi yang dilakukan. Kajian semacam itu setidaknya

perlu dilakukan terhadap organisme tanah yang diketahui merupakan organisme kunci, yang berperan penting dalam ekosistem tanah dan turut menentukan sifat-sifat tanah.

Di antara kelompok organisme tanah yang merupakan komponen terpenting dari ekosistem tanah adalah nematoda. Sejumlah studi telah membuktikan bahwa kelompok ini dapat menjadi bioindikator kondisi tanah (Neher, 2001; Yeates, 2003). Kelompok ini memiliki keanekaragaman yang tinggi, mudah diekstrak dari tanah, relatif mudah diidentifikasi, berperan penting dalam jaring-jaring makanan, memiliki waktu generasi yang singkat, menunjukkan respons yang spesifik terhadap berbagai gangguan tanah, serta memiliki kemampuan berkoloni yang tinggi (Bongers & Bongers, 1998). Selain itu, nematoda memiliki kulit yang permeabel, sehingga peka terhadap polutan (Wasilewska, 1997; Neher, 2001).

Potensi menjadi bioindikator kondisi dan kualitas tanah terutama diperlihatkan oleh nematoda tanah sebagai komunitas. Sejumlah ukuran mengenai kondisi tanah yang memanfaatkan informasi komunitas nematoda tanah telah diciptakan, misalnya *Maturity Index* ((Bongers, 1990). Ukuran semacam itu merangkum informasi mengenai berbagai populasi yang menyusun komunitas nematoda di dalam tanah. Dalam hal ini, selain data kualitatif berupa jenis atau kelompok nematoda yang ditemukan di dalam sampel, juga

diperlukan data kuantitatif berupa jumlah atau kerapatan setiap jenis atau kelompok. Proporsi berbagai jenis atau kelompok nematoda yang menyusun komunitas nematoda tanah itu yang dapat menggambarkan kondisi tanah.

Oleh karena itu, kualitas informasi mengenai struktur komunitas nematoda tanah sangat tergantung pada kualitas sampel, dalam arti seberapa representatif sampel tersebut bagi lingkungan tanah yang diwakilinya. Sampel dalam hal ini mencakup sampel tanah yang mengandung nematoda dan sampel nematoda yang diekstrak dari tanah tersebut. Mengingat keberagaman sifat fisika dan kimia tanah serta komposisi nematoda tanah yang berlainan antara satu area dan yang lain, diperlukan kajian awal mengenai cara pengambilan sampel yang baik agar diperoleh sampel yang cukup representatif.

Mengingat potensi nematoda sebagai bioindikator kondisi tanah dan, di sisi lain, perlunya kemampuan untuk mendeteksi perubahan sifat tanah di lahan bekas tambang batubara sebagai dampak revegetasi, kajian mengenai komunitas nematoda tanah di lahan bekas tambang batubara merupakan langkah awal untuk mencapai kemampuan tersebut. Kerapatan dan keanekaragaman nematoda tanah di lahan bekas tambang batubara di Kecamatan Cempaka Kabupaten Banjar dapat menjadi kajian pendahuluan yang mendasari upaya pengkajian lebih jauh.

BAHAN DAN METODE

Sampel tanah diambil dari Desa Kampung Baru Kecamatan Cempaka (03°31' LS, 114°52' BT) dari tiga lokasi yang menggambarkan kondisi alami, setengah rusak, dan rusak. Lokasi alami adalah lokasi yang tidak terkena dampak akibat aktivitas pertambangan batubara dan didominasi oleh vegetasi akasia dan rumput-rumputan. Lokasi setengah rusak adalah yang terkena dampak akibat aktivitas pertambangan batubara, sedangkan lokasi rusak adalah lokasi tempat dilakukannya aktivitas pertambangan batubara.

Dari setiap lokasi ditentukan 10 titik, dan dari setiap titik dilakukan 10 kali pengambilan sampel secara zigzag (s'Jacob & van Bezooijen, 1984). Sampel tanah diambil hingga kedalaman 20 cm dengan bor tanah berdiameter 17 mm. Sampel yang terambil dari bor tanah kemudian dipisahkan menurut kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm. Sampel tanah selanjutnya disimpan di dalam termos dan dihindarkan dari cahaya matahari langsung.

Dari setiap sampel tanah sebanyak 150 cc nematoda diekstrak dengan metode dekantasi Cobb dan *cotton wool filter* sebagaimana diuraikan oleh s'Jacob & van Bezooijen (1984). Hasil ekstraksi difiksasi dengan formalin 4% panas. Untuk penghitungan jumlah individu dibuat

sediaan sementara dengan metode parafin yang diuraikan oleh (s'Jacob & van Bezooijen, 1984). Nematoda yang diperoleh kemudian dihitung jumlahnya, total dan per jenis, dengan menggunakan cawan hitung di bawah mikroskop stereo.

Sebagai ukuran biodiversitas digunakan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener dan kurva akumulasi spesies (Gotelli & Colwell, 2001). Jumlah total nematoda dan indeks keanekaragaman dibandingkan antara ketiga kondisi lahan dan di antara kedua kedalaman dengan Anava univariat dan Uji-t. Perbedaan yang signifikan di antara ketiga kondisi lahan dilanjutkan dengan Beda Nyata Terkecil (BNT).

Untuk data pendukung dicatat beberapa faktor fisika dan kimia tanah berikut: C-organik, kadar air, N-total, dan pH H₂O. Perbandingan juga dilakukan di antara ketiga lokasi lahan dan di antara kedua kedalaman dengan Anava univariat yang dilanjutkan dengan Beda Nyata Terkecil (BNT) dan Uji-t.

HASIL

Kerapatan total nematoda tanah serta karakteristik faktor kimia dan fisika tanah untuk ketiga lokasi dan kedua kedalaman disajikan pada Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Kerapatan nematoda tanah (indiv/150 cc tanah) dan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener (H') di lahan bekas tambang batubara Kecamatan Cempaka, Kabupaten Banjar

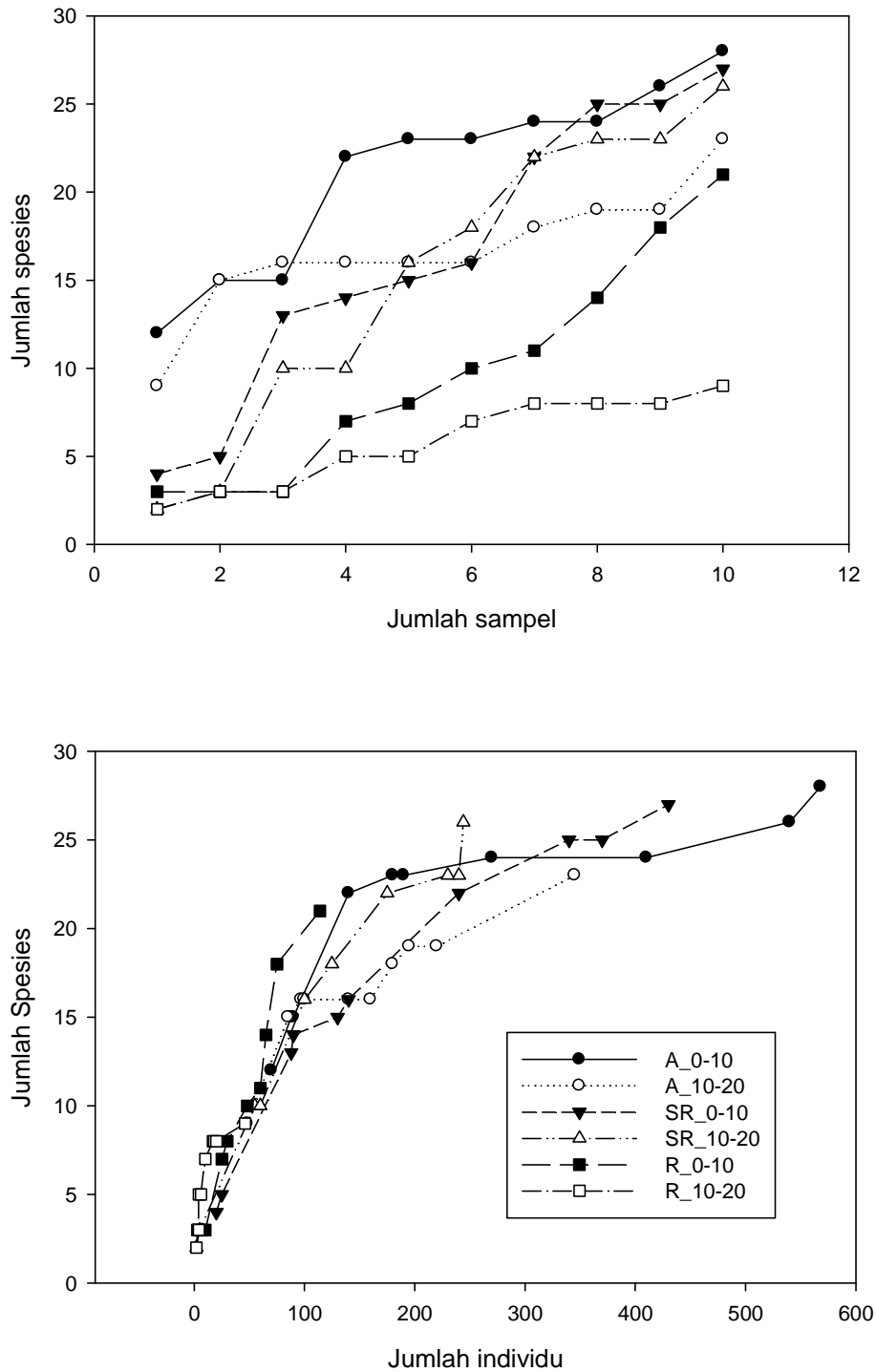
Karakteristik	Kedalaman	Lokasi			Rerata
		Alami	Setengah rusak	Rusak	
kerapatan	0 – 10 cm	78	44	6	49,5 ^{tn}
	10 – 20 cm	41	18	5	21,3 ^{tn}
	Rerata	59,5 ^a	31,0 ^b	5,5 ^c	
Indeks keanekaragaman	0 – 10 cm	0,74	0,71	0,45	0,64 ^{tn}
	10 – 20 cm	0,62	0,49	0,27	0,46 ^{tn}
	Rerata	0,68 ^a	0,60 ^a	0,36 ^b	

Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menyatakan perbedaan nyata. tn = tidak nyata

Tabel 2. Beberapa sifat kimia tanah di lahan bekas tambang batubara Kecamatan Cempaka, Kabupaten Banjar

Faktor kimia	Kedalaman	Lokasi			Rata2
		Alami	Setengah rusak	Rusak	
C-Organik (%)	0 – 10 cm	1,89	1,07	1,07	1,34 ^{tn}
	10 – 20 cm	1,07	0,41	1,38	0,95 ^{tn}
	Rata2	1,48 ^a	0,74 ^b	1,22 ^{ab}	
Kadar air (%)	0 – 10 cm	11,09	13,24	7,42	10,58 ^{tn}
	10 – 20 cm	13,35	14,48	7,25	11,69 ^{tn}
	Rata2	12,22 ^a	13,86 ^{ab}	7,34 ^a	
N-total (%)	0 – 10 cm	0,07	0,05	0,03	0,05 ^{tn}
	10 – 20 cm	0,05	0,03	0,05	0,04 ^{tn}
	Rata2	0,06 ^{tn}	0,04 ^{tn}	0,04 ^{tn}	
pH H ₂ O	0 – 10 cm	4,49	4,05	3,41	3,98 ^{tn}
	10 – 20 cm	3,97	3,66	3,69	3,77 ^{tn}
	Rata2	4,23 ^a	3,85 ^{ab}	3,55 ^b	

Angka yang diikuti dengan huruf yang berbeda menyatakan perbedaan nyata. ts = tidak nyata



Gambar 1. Kurva akumulasi spesies berdasarkan-sampel (atas) dan berdasarkan-individu (bawah) untuk nematoda tanah di lahan bekas tambang batubara pada tiga lokasi dan dua kedalaman. A: alami; SR: setengah rusak; R: rusak. 0-10: kedalaman 0-10 cm; 10-20: kedalaman 10-20 cm.

Anava menunjukkan bahwa kerapatan total nematoda tanah pada ketiga lokasi berbeda nyata (Tabel 1). Uji BNT memperlihatkan bahwa kerapatan tertinggi terdapat pada lokasi alami, disusul oleh lokasi setengah rusak, dan yang paling rendah adalah lokasi rusak. Di lain pihak, tidak ada perbedaan nyata antara kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm dalam kerapatan total nematoda.

Dalam hal indeks keanekaragaman nematoda tanah tidak terdapat perbedaan nyata di antara lokasi alami dan setengah rusak, tetapi keduanya secara nyata lebih tinggi daripada lokasi rusak (Tabel 1). Tidak ada perbedaan nyata di antara kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm untuk indeks keanekaragaman.

Dari hasil Anava terlihat kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm tidak berbeda nyata dalam semua faktor kimia yang diuji. Di lain pihak, perbandingan di antara ketiga lokasi menunjukkan bahwa ada perbedaan yang nyata dalam kadar C-organik dan pH. Kandungan C-organik tertinggi terdapat di lokasi alami, sedangkan yang terendah adalah di lokasi setengah rusak yang sebenarnya tidak berbeda nyata dengan lokasi yang rusak. Begitu pula dengan pH, yang tertinggi adalah lokasi alami, sedangkan yang terendah adalah lokasi rusak yang sebenarnya tidak berbeda nyata dengan lokasi setengah rusak. Tidak ada perbedaan nyata di antara ketiga macam

lokasi dalam hal kadar air dan kandungan N-total (Tabel 2).

Kurva akumulasi spesies dari jumlah sampel tanah dan jumlah individu pada ketiga lokasi dan kedua kedalaman diperlihatkan pada Gambar 1. Kurva berdasarkan sampel secara umum memperlihatkan bahwa jumlah spesies terus meningkat seiring dengan semakin banyaknya sampel yang diamati. Sampai sampel ke-10 masih terlihat kecenderungan meningkat, yang berarti kurva belum mencapai asimtot. Terlihat bahwa pada lokasi alami di kedalaman 0-10 cm diperoleh 28 spesies, dan kedalaman 10-20 cm diperoleh 23 spesies. Pada lokasi setengah rusak di kedalaman 0-10 cm didapatkan 27 spesies, sedangkan di kedalaman 10-20 cm terdapat 26 spesies. Di lokasi rusak pada kedalaman 0-10 diperoleh 21 spesies, sedangkan pada 10-20 cm hanya diperoleh 9 spesies.

Kurva akumulasi spesies berdasarkan jumlah individu pada ketiga lokasi dan kedua kedalaman diperlihatkan pada Gambar 2. Di lokasi alami pada kedalaman 0-10 cm terdapat 568 individu, sedangkan di kedalaman 10-20 cm terdapat 345 individu nematoda tanah. Lokasi setengah rusak pada kedalaman 0-10 cm mengandung 430 individu, sedangkan di kedalaman 10-20 cm terdapat 244 individu. Pada lokasi rusak di kedalaman 0-10 cm terdapat 114 individu, dan di kedalaman 10-20 cm terdapat 46 individu nematoda tanah.

PEMBAHASAN

Hasil penelitian menunjukkan bahwa di antara lokasi alami, setengah rusak, dan rusak di lahan bekas tambang batubara terdapat perbedaan dalam hal kerapatan nematoda tanah. Kerapatan nematoda tanah di lokasi alami paling tinggi, disusul oleh lokasi setengah rusak, dan yang paling rendah adalah di lokasi rusak.

Perbedaan kerapatan nematoda tanah tersebut tidak berkaitan langsung dengan kadar N-total dalam tanah. Itu didasarkan atas hasil analisis faktor lingkungan bahwa tidak ada perbedaan di antara ketiga lokasi dalam hal N-total, meskipun dikatakan bahwa nitrogen merupakan salah satu faktor kimia yang dapat mempengaruhi kehidupan nematoda tanah (Freckman & Caswell, 1985). Hal ini agaknya karena nitrogen mempengaruhi kehidupan nematoda tanah tidak secara langsung, melainkan melalui bakteri penambat nitrogen di sekitar perakaran tanaman. Bakteri yang membantu tanaman dalam proses penambatan nitrogen merupakan makanan bagi nematoda pemakan bakteri yang selanjutnya menjadi makanan bagi nematoda predator.

Karena pH dan kadar C-organik tanah berbeda di antara ketiga lokasi, maka perbedaan kerapatan di antara ketiga lokasi tersebut dapat dikatakan berkaitan dengan dengan kedua faktor tadi. Setiap jenis nematoda tanah memang memiliki batas toleransi tersendiri terhadap berbagai faktor fisika dan kimia tanah (Norton, 1978).

Telah diketahui bahwa pH yang mendekati netral memungkinkan proses dekomposisi bahan organik berlangsung lebih baik, sehingga lebih kaya dengan bakteri dan organisme pemakan bakteri. Oleh karena itu, memasaman tanah merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi distribusi dan aktivitas nematoda tanah (Raety & Huhta, 2003). Dengan pH yang paling mendekati netral, lokasi alami memiliki kerapatan nematoda yang lebih besar dari kedua lokasi lain.

C-organik juga berpengaruh terhadap kerapatan nematoda tanah (Freckman, 1988). Bahan ini berasal dari biomassa tanah (biota dan bagian vegetasi dalam tanah) dan biomassa luar-tanah (bagian vegetasi di luar tanah) yang mengalami dekomposisi oleh mikroorganisme (Sanchez, 1992). Bahan organik tanah dalam jumlah banyak mendukung jumlah bakteri dekomposer yang lebih banyak. Peningkatan jumlah bakteri sangat mendukung nematoda, khususnya yang pemakan bakteri (Freckman, 1988; Yeates & Bongers, 1999). Dalam penelitian ini kadar C-organik tertinggi adalah di lokasi alami, dan hal ini dapat menjelaskan mengapa di lokasi ini terdapat kerapatan nematoda tanah yang lebih tinggi dibandingkan dengan kedua lokasi lain.

Meskipun pH dan C-organik dalam penelitian ini sama-sama memperlihatkan pengaruh terhadap kerapatan nematoda tanah, pengaruh pH agaknya lebih penting

dibandingkan dengan C-organik. Hal ini karena pH memperlihatkan pola perbedaan yang selaras dengan pola perbedaan kerapatan nematoda tanah, yaitu paling tinggi di lokasi alami, disusul oleh lokasi setengah rusak, dan yang terakhir adalah lokasi rusak. Sementara itu, C-organik yang paling rendah adalah di lokasi setengah rusak, bukan lokasi rusak, walaupun yang tertinggi adalah juga lokasi alami.

Faktor kimia tanah juga dapat menjelaskan tidak adanya perbedaan kerapatan nematoda di antara kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm. Analisis yang dilakukan menunjukkan bahwa di antara kedua kedalaman tidak ada perbedaan dalam hal N-total, kadar air, pH, dan kadar C-organik. Meskipun demikian, kurva akumulasi spesies mengindikasikan bahwa di antara kedua kedalaman terdapat perbedaan dalam hal komposisi spesies. Kekayaan spesies pada kedalaman 0-10 cm lebih tinggi daripada kedalaman 10-20 cm

Dalam penelitian ini indeks keanekaragaman H' tidak berbeda di antara kedua kedalaman tanah, meskipun kekayaan spesiesnya berbeda. Hal ini dapat terjadi karena H' mengombinasikan kekayaan spesies dan kerapatan masing-masing spesies. Dalam hal ini walaupun jumlah spesies berbeda, tetapi proporsi masing-masing spesies terhadap kerapatan total kurang lebih sama di antara kedua kedalaman, sehingga indeks keanekaragaman menjadi kurang lebih sama. Selain

itu, besarnya variansi sebagai akibat perbedaan internal yang besar menyebabkan galat juga besar, dan hal ini menurunkan kepekaan uji statistik parametrik yang diterapkan. Untuk lokasi yang berbeda, walaupun indeks keanekaragaman dapat membedakan lokasi rusak dengan lokasi setengah rusak dan alami, tetapi kinerjanya masih di bawah kekayaan spesies yang dapat membedakan ketiga lokasi. Hasil tadi memperkuat pandangan Wasilewska (2004) dan Gafur (2006) bahwa indeks keanekaragaman kurang bisa diandalkan untuk perbedaan komunitas nematoda tanah di antara tempat yang berbeda.

Secara umum, kerapatan nematoda tanah di lahan bekas tambang batubara Kecamatan Cempaka lebih kecil daripada di tempat lain yang bisa mencapai 5000-10.000 (Schouten *et al.*, 2004). Meskipun demikian, penelitian ini juga sejalan dengan temuan terdahulu bahwa kerapatan nematoda tanah menurun seiring dengan kedalaman tanah (Yeates & Bongers, 1999; Verschoor *et al.*, 2001; Griffith *et al.*, 2003). Biodiversitas nematoda tanah yang dilihat dari kekayaan spesies dan indeks keanekaragaman pada lokasi alami, setengah rusak, dan rusak serta pada kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm adalah lebih sedikit bila dibandingkan dengan penelitian di tempat lain yang mencapai lebih dari 200 spesies (Boag & Yeates, 1998). Hal itu agaknya berkaitan dengan

kondisi lahan yang mempunyai tanah berjenis podsolik merah kuning yang merupakan tanah bertekstur lempung berpasir hingga liat dengan kandungan unsur hara yang umumnya rendah dan pH yang juga rendah (4-4,5) (Tampubolon *et al.*, 1999). Tanah lempungan atau tanah berat yang basah kurang disukai oleh nematoda tanah (Suin, 1989).

Perbedaan komposisi spesies di antara kedalaman 0-10 dan 10-20 cm berimplikasi bahwa pengambilan sampel tanah untuk nematoda tanah di lahan bekas tambang batubara cukup dilakukan sampai dengan kedalaman 10 cm. Pengambilan hingga kedalaman 20 cm justru berakibat kerapatan rata-rata nematoda tanah menjadi lebih rendah dan variasi internal lebih tinggi yang akan menurunkan kepekaan berbagai uji statistik. Di samping itu, karena kurva akumulasi spesies berdasarkan jumlah sampel menunjukkan bahwa dengan sampel sebanyak 10 buah asimtot belum tercapai, maka sampel tanah yang digunakan seharusnya lebih dari 10 agar dapat diperoleh gambaran yang lebih baik mengenai kekayaan spesies di lokasi alami, setengah rusak maupun rusak, serta pada kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm.

Dari hasil penelitian ini secara umum dapat disimpulkan bahwa biodiversitas nematoda tanah berpotensi untuk memberikan gambaran mengenai kondisi tanah di lahan bekas tambang batubara. Meskipun demikian, masih diperlukan

kajian lebih jauh mengenai cara pengambilan sampel yang optimal agar dapat diperoleh informasi yang lebih akurat mengenai komunitas nematoda tanah, sehingga penggunaan nematoda tanah sebagai bioindikator kondisi tanah di lahan bekas tambang batubara dapat terwujud.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis berterima kasih kepada Dewi Rahmita yang membantu dalam pengambilan sampel tanah dan penghitungan nematoda dan kepada Laboratorium Biologi FMIPA Unlam yang telah menyediakan fasilitas untuk penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Akbar A. 2001. *Teknik Reklamasi Lahan Bekas Tambang Batubara*. Balai Teknik Reboisasi, Banjarbaru.
- Boag B & Yeates GW. 1998. Soil nematode biodiversity in terrestrial ecosystems. *Biodiversity and Conservation* **7**: 617-630.
- Bongers T. 1990. The Maturity Index: an ecological measure of environmental disturbance based on nematode species composition. *Oecologia* **83**: 14-19.
- Bongers T & Bongers M. 1998. Functional diversity of nematodes. *Applied Soil Ecology* **10**: 239-251.
- Freckman DW. 1988. Bacterivorous Nematodes and Organic-Matter Decomposition. *Agriculture, Ecosystems and Environment* **24**: 195-217.
- Freckman DW & Caswell EP. 1985. The ecology of nematodes in agroecosystems. *Annual Review of Phytopathology* **23**: 275-296.
- Gotelli NJ & Colwell RK. 2001. Quantifying biodiversity: procedures and pitfalls in the

- measurement and comparison of species richness. *Ecology Letters* **4**: 379-391.
- Griffith BS, Neilson R & Bengough AG. 2003. Soil factors determined nematode community composition in a two year pot experiment. *Nematology* **5**(6): 889-897.
- Neher DA. 2001. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. *Journal of Nematology* **33**(4): 161-168.
- Norton DC. 1978. *Ecology of Plant Parasitic Nematodes*. Wiley-Interscience, New York.
- Raety M & Huhta V. 2003. Earthworms and pH affect communities of nematodes and enchytraeids in forest soil. *Biology and Fertility of Soils* **38**: 52-58.
- s'Jacob JJ & van Bezooijen J. 1984. *A Manual for Practical Work in Nematology*. Department of Nematology, Wageningen Agricultural University, Wageningen.
- Sanchez PA. 1992. *Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropik*. Penerbit ITB, Bandung.
- Schouten T, Breure A, Mulder C & Rutgers M. 2004. Nematode diversity in Dutch soils, from Rio to a biological indicator for soil quality. *Nematology Monographs & Perspectives* **2**: 469-482.
- Suin NM. 1989. *Ekologi Hewan Tanah*. Bumi Aksara & PAU Ilmu Hayati ITB, Jakarta.
- Tampubolon AP, Gintings AN & Kurniati L. 1999. Penampilan tanaman *Acacia mangium* di lahan bekas tambang batubara Cempaka dan lahan bekas alang-alang Riam Kiwa. *Buletin Teknologi Reboisasi*. Banjarbaru, Badan Penelitian dan Pengembangan Kehutanan, Balai Teknik Reboisasi.
- Verschoor BC, De Goede RGM, De Hoop JW & De Vries FW. 2001. Seasonal dynamics and vertical distribution of plant-feeding nematode communities in grasslands. *Pedobiologia* **45**: 213-233.
- Wasilewska L. 1997. Soil invertebrates as bioindicators, with special reference to soil inhabiting nematodes. *Russian Journal of Nematology* **5**: 113-126.
- Yeates G. 2003. Nematodes as soil indicators: functional and biodiversity aspects. *Biology and Fertility of Soils* **37**: 199-210.
- Yeates GW & Bongers T. 1999. Nematode diversity in agroecosystems. *Agriculture, Ecosystems & Environment* **74**: 113-135.