B I O D I V E R S I T A S
Volume 8, Nomor 4
Halaman: 309-313

ISSN: 1412-033X
Oktober 2007

Populasi *Collembola* di Lahan Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka

Collembola population in revegetated tin-mined lands in Bangka Island

EDDY NURTJAHYA,[1,2,♥] DEDE SETIADI,[3] EDI GUHARDJA,[3] MUHADIONO,[3] YADI SETIADI[4]
[1]Sekolah Pascasarjana Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor.
[2]Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung, Sungailiat 33215
[3]Departemen Biologi, Institut Pertanian Bogor, Kampus IPB Darmaga, Bogor.
[4]Laboratorium Ekologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor

Diterima: 04 Agustus 2007. Disetujui: 24 September 2007.

ABSTRACT

Several indicators used to evaluate revegetation programs are survival, plant growth, root growth, cover, litter production, natural recolonisation, habitat improvement, microbes, insects, and birds. To study the prediction of the potency of *Collembola* as bioindicator of revegetated tin-mined lands, population densities on revegetated tin-mined lands under *Acacia mangium* stands at 0, 3, 7, 9, 12, and 13-years old were measured using pitfall trap method. It was recorded four *Collembola* species i.e. one belongs to family Isotomidae, two to family Entomobryidae, and one to family Sminthuridae. Population density of *Collembola* spp. in unrevegetated tin-mined land (0-year old) was significantly different to those in revegetated tin-mined lands. Although population density was higher in the older revegetated tin-mined lands with the highest density recorded in 13-year old site (4816 ind. m^{-2}), densities among revegetated tin-mined lands were not significantly different. The different population density appears related to organic material, litter either from revegetated plant, or from plant invaders during succession, and soil humidity. This study confirms the prediction of the potency of *Collembola* population density as bioindicator of revegetated tin-mined lands under *Acacia mangium* stands.

Key words: , *Collembola, bioindicator, revegetation, tin tailing, Bangka*

PENDAHULUAN

Untuk mengevaluasi program revegetasi, ada beberapa indikator yang dipilih: survival, pertumbuhan tanaman, pertumbuhan akar, tajuk, produksi serasah, rekolonisasi jenis lokal, dan perbaikan habitat, dan survival dianggap indikator paling penting (Lamb dan Tomlinson, 1994). Indikator revegetasi lain adalah komposisi dan ukuran vegetasi, *integrity of rip-lines*, indeks siklus hara, dan kompleksitas habitat (Ludwig *et al.,* 2003), *landscape function analysis* (Tongway *et al.,* 2001, personal communication) yang pada awalnya dikembangkan untuk padang rumput (Setyawan *et al.,* 2003), *bacterial functional redundancy* (Yin *et al.,* 2000), populasi burung (Passell, 2000), populasi semut (Andersen dan Sparling, 1997), dan populasi *Collembola* (Hopkin, 1997).

Collembola bersama dengan Acarina merupakan komponen utama penyusun mesofauna tanah di hampir semua ekosistem terrestrial, dan *Collembola* berperan penting pada proses dekomposisi serasah dan membentuk struktur mikro pada tanah (Rusek, 1998). Keragaman jenis dan kemelimpahan *Collembola* terkait dengan kontaminasi logam berat (Fountain dan Hopkin, 2004), dinamika populasinya dengan bakteri dalam rotasi hutan (Chauvat *et al.,* 2003) dan dalam rotasi pertanian (Mussury *et al.,* 2002; Kanal, 2004) diteliti, sekalipun pemanfaatannya sebagai bioindikator bagi tingkat gangguan pada hutan masih dipertanyakan (Geissen dan Kampichler, 2004). Sejauh ini belum dilaporkan penggunaan *Collembola* sebagai indikator revegetasi tailing timah. FRIM (Forest Research Institute Malaysia), yang juga dikenal dalam penelitian di bidang lahan bekas tambang timah di Malaysia, tidak bekerja pada *Collembola* (Ang Lai-Hoe, 2007 komunikasi pribadi).

Pada revegetasi tailing timah sebidang lahan pasca tambang yang gundul di Pulau Bangka dengan sepuluh jenis pohon lokal *Calophyllum inophyllum*, *Schima wallichii*, *Syzygium garcinifolium*, *Ficus superba*, *Vitex pinnata*, *Hibiscus tiliaceus*, *Syzygium polyanthum*, *Mallotus paniculatus*, *Aporosa* sp., dan *Macaranga* sp. dengan perlakuan tiga jarak tanam yang berbeda dan lima perlakuan tanah yang berbeda (Nurtjahya *et al.,* 2007a), tidak ada interaksi antara jarak tanam dan perlakuan tanah terhadap populasi *Collembola* spp. kecuali faktor waktu. Densitas populasi *Collembola* spp. empat jenis dari Isotomidae, Entomobryidae, Paronellidae, dan Symphypleona, pada 12 bulan setelah tanam (BST) adalah tertinggi (375 ind. m^{-2}) dan terdapat kecenderungan densitas populasi *Collembola* spp. lebih tinggi pada jarak tanam yang lebih rapat (Nurtjahya *et al.,* 2007a). Berdasarkan peningkatan sifat fisika dan kimia tanah sebelum ditanam dan setelah dua belas bulan setelah tanam (12 BST), diduga *Collembola* dapat dipergunakan

♥ **Alamat Korespondensi:**
Jl. Diponegoro No. 16, Sungailiat 33215, Bangka Belitung
Telp. +62-0717 – 95434 Fax. +62-0717 – 93744E
Email: eddy_nurtjahya@yahoo.com

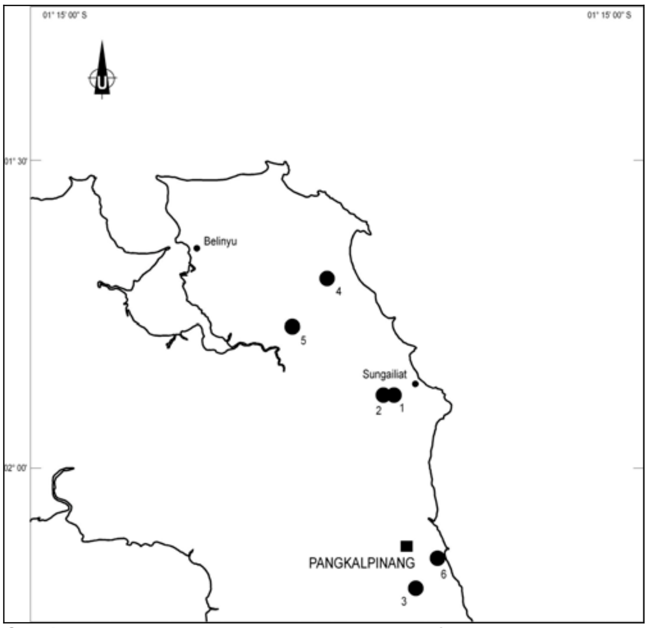
sebagai indikator kesuburan revegetasi tailing pasir timah (Nurtjahya *et al.,* 2007a).

Revegetasi tailing timah dimulai tahun 1992 dengan penggunaan jenis yang didominasi oleh jenis eksotik *Acacia mangium* (Nurtjahya, 2001), yang sempat ditunda tahun 2001 akibat penambangan ilegal di lahan yang telah direvegetasi dan dilanjutkan kembali tahun 2006 (PT Tambang Timah, 2001). Pembenahan tanah tailing pasir timah mengikuti standar pelaksanaan yang ada (Nurtjahya, 2001) dan tercatat berbagai penelitian dilakukan dengan berbagai penggunaan bahan organik dan mikrob (Siagian dan Harahap, 1981; Puryanto, 1983; Awang, 1988; Sastrodihardjo, 1990; Madjid *et al.,* 1994; Naning *et al.,* 1999: Abdullah, 2001, komunikasi pribadi; Setiadi, 2002; CBR, 2002).

Untuk menguji dugaan *Collembola* sebagai indikator kesuburan revegetasi tailing timah, perlu diketahui densitas populasi *Collembola,* terutama yang hidup di permukaan tanah, di berbagai kelompok umur lahan revegetasi tailing timah. Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui populasi *Collembola* di enam lahan pasca tambang timah yang berbeda umur revegetasi dengan *Acacia mangium*. Kajian ini diharapkan dapat mengetahui apakah *Collembola* dapat dipergunakan sebagai indikator kesuburan tailing timah yang direvegetasi. Kajian ini diharapkan dapat memperkaya parameter kesuburan tailing pasir timah sehingga pendugaan tingkat kesuburannya akan lebih akurat.

BAHAN DAN METODE

Lokasi penelitian



Gambar 1. Lokasi pengambilan contoh Collembola di lahan revegetasi tailing timah berumur antara 0 – 13 tahun di Pulau Bangka (●) : 1. lahan revegetasi berumur 0 tahun, 2. lahan revegetasi berumur 3 tahun, 3. lahan revegetasi berumur 7 tahun, 4. lahan revegetasi berumur 9 tahun, 5. lahan revegetasi berumur 12 tahun, 6. lahan revegetasi berumur 13 tahun.

Lokasi pengambilan contoh adalah lahan reklamasi PT Tambang Timah di Pulau Bangka dengan revegetasi *Acacia mangium* pada rentang 0 – 13 tahun, dan revegetasi pertama dilakukan tahun 1993. Pemilihan lokasi berdasarkan data reklamasi PT Timah (persero) Tbk. (PT Tambang Timah, 2001), peta CNS (*composite net sheet*) Pulau Bangka 1997 (Pengolahan Data Eksplorasi, 1997), dan informasi masyarakat. Enam lokasi pengambilan contoh yang berbeda umur yakni: lahan tailing nol tahun eks tambang inkonvensional (TI) Edi di Desa Air Ruai Kecamatan Pemali (01° 52' 53"LS dan 106° 04' 59"BT), lahan revegetasi umur tiga tahun eks TI A Chion/Yudi di Desa Air Ruai Kecamatan Pemali (01° 52' 53"LS dan 106° 05' 17"BT), lahan revegetasi umur tujuh tahun eks TS 3.32 di Desa Air Mesu Kecamatan Pangkalan Baru (02° 11' 43"LS dan 106° 07' 44"BT), lahan revegetasi umur sembilan tahun eks TS 2.6 di Desa Pugul Kecamatan Riau Silip (01° 41' 32"LS dan 105° 59' 02"BT), lahan revegetasi umur 12 tahun eks TS 2.23 di Desa Pugul Kecamatan Riau Silip (01° 46' 12"LS dan 105° 55' 38"BT), dan lahan revegetasi umur 13 tahun eks TK 1.12/TK 1.2 di Desa Sampur Kecamatan Bukit Intan (02° 08' 53"LS dan 106° 09' 51"BT) (Gambar 1). Pengambilan contoh di lapang dilakukan pada minggu ketiga Desember 2007 sampai dengan Minggu pertama Januari 2008. Curah hujan rata-rata Pulau Bangka (1996 – 2005) adalah 2408 mm, rata-rata jumlah hari hujan setahun 200, dan temperatur udara 23.8°C – 31.5°C, dengan rata-rata 26.8°C (Stasiun Meteorologi Pangkalpinang, 2006).

Pengumpulan data dan analisis

Densitas populasi *Collembola* terutama yang hidup di permukaan tanah ditentukan dengan metode perangkap sumuran (*pitfall trap*) (Suhardjono, 2004) dengan gelas plastik berdiameter bibir 6,5 cm dan ketinggian 9,5 cm yang diberi etanol 70% setinggi 2 cm dan diletakkan di setiap lokasi penelitian dengan tiga ulangan selama 24 jam. Di atas perangkap sumuran diberi peneduh untuk menghindari kemungkinan jatuhnya daun kering dan kemungkinan hujan. Perangkap diletakkan di dekat salah satu individu tanaman, dan di antara tanaman, dan penentuan tanaman dipilih secara sengaja. Contoh fauna tanah disimpan dalam botol plastik 100 ml diisi dengan etanol 70% dan diamati di bawah mikroskop stereo di Laboratorium MIPA Terpadu Universitas Bangka Belitung di Sungailiat. Untuk pengenalan jenis, beberapa buku tentang *Collembola* digunakan (Suhardjono, 2004; Borror *et al.,* 1996). Analysis of variance ($p<0.05$) dilakukan dengan one-way ANOVA dan untuk mengetahui pengaruh umur revegetasi terhadap densitas populasi *Collembola* dilakukan uji Duncan (Duncan Multiple Range Test). Nilai F dan level signifikan dianalisa paket statistik SAS 9.1.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Tercatat empat jenis *Collembola* spp. masing-masing dari suku Isotomidae, Entomobryidae, dan Sminthuridae (Gambar 2). Rata-rata densitas populasi *Collembola* spp. di enam lokasi penelitian semakin besar di lahan revegetasi yang berumur lebih tua, dan dari uji Duncan diketahui bahwa umur revegetasi nol tahun berbeda nyata dengan lahan yang ditanami, namun di antara umur revegetasi (3, 7, 9, 12, dan 13 tahun) tidak berbeda nyata (Tabel). Pola pertambahan populasi dari tahun ke tahun berbentuk kuadratik, $y = 33.352x^2 – 91.189x + 179.56$ dengan $R^2 = 0.9817$ (Gambar 3).

Densitas populasi *Collembola* spp. tertinggi pada umur revegetasi 13 tahun (4816 ind. m^{-2}) lebih dari dua belas kali lebih besar dibandingkan dengan hasil penelitian revegetasi tailing timah dengan sepuluh jenis pohon lokal berumur

Tabel 1. Rata-rata densitas populasi *Collembola* spp. (ind. m^{-2}) pada nol, empat, tujuh, sembilan, duabelas, dan tiga belas tahun umur revegetasi *Acacia mangium* di lahan bekas tambang timah di Pulau Bangka

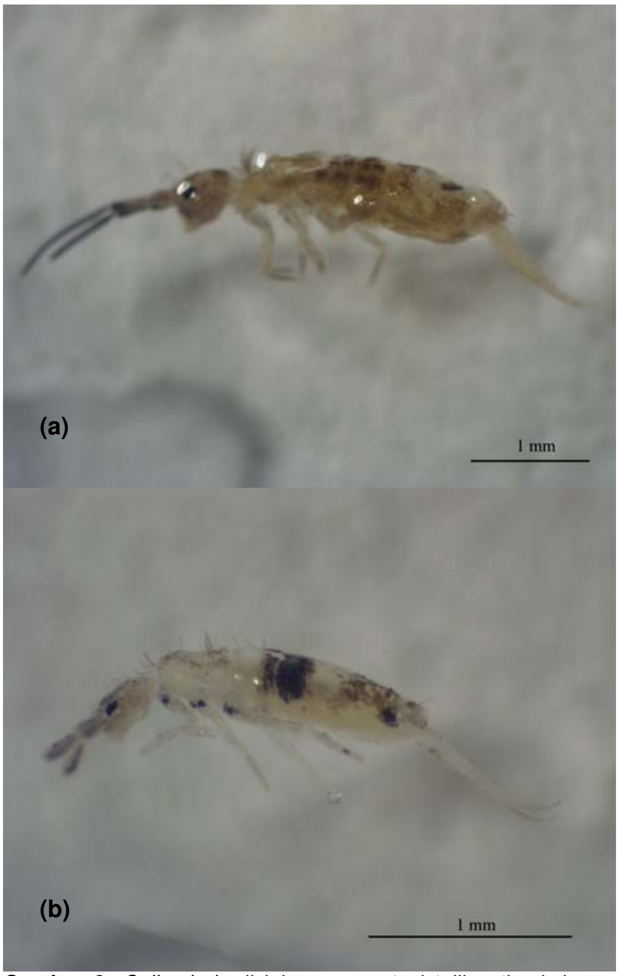
Jenis	Suku	0 tahun	3 tahun	7 tahun	9 tahun	12 tahun	13 tahun
		Densitas (ind.m^{-2})					
Anon. 1	Entomobryidae	0	0	401	502	702	100
Anon. 2	Entomobryidae	0	401	401	1605	3010	4716
Anon. 3	Isotomidae	0	0	100	0	0	0
Anon. 4	Sminthuridae	0	201	0	0	0	0
Jumlah		0 ± 0 b	602 ± 797 a	903 ± 1086 a	2107 ± 2874 a	3712 ± 2733 a	4816 ± 3665 a

Keterangan: nilai rata-rata yang diikuti dengan huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada taraf 5%

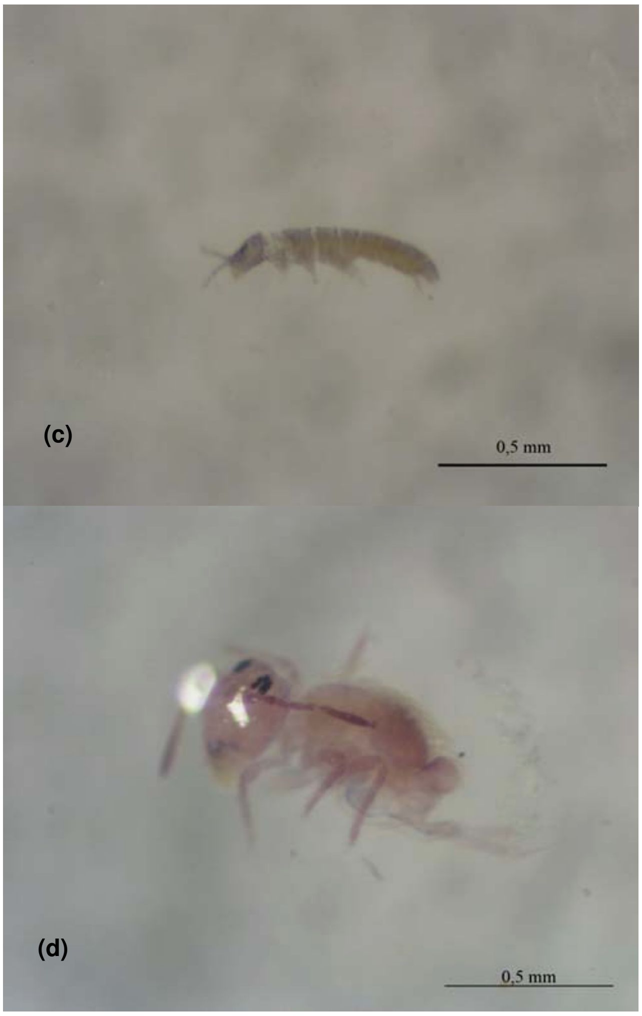
satu tahun di Pulau Bangka (375 ind. m^{-2}) dan sedikit lebih besar dibandingkan dengan di lahan tidak terganggu di bawah tegakan sepuluh jenis pohon lokal yang sama berumur satu tahun yakni 4519 ind. m^{-2} (Nurtjahya *et al.,* 2007a), namun masih jauh lebih rendah dibandingkan dengan densitas populasi di tailing berumur 46 tahun yang dibudidayakan kembali di Jerman yakni 28684 ind. m^{-2} (Wanner dan Dunger, 2002), dan pada habitat tertentu densitas populasi dapat mencapai 75000 ind. m^{-2} (Hopkin, 2008). Budidaya pertanian mempengaruhi besarnya ukuran populasi dan aktivitas biota tanah (Rusek, 1998; Mussury *et al.,* 2002; Kanal, 2004), dan budidaya monokultur cenderung menurunkan keragaman jenis (Mussury *et al.,* 2002). Perbedaan densitas populasi, terutama kelompok yang tinggal di permukaan tanah (*epiedaphic group*), diduga terkait dengan jumlah bahan organik (Mussury *et al.,* 2002), baik dari serasah tanaman revegetasi dengan semakin tua umur revegetasi, maupun dari tanaman yang menginvasi lahan revegetasi pada suksesi yang terjadi, dan akibat penambahan bahan organik secara periodik pada lahan pasca tambang yang dibudidayakan, dan kelembaban tanah. Di lain pihak, bersama dengan Acarina, *Collembola* secara langsung berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan memicu aktivitas mikrob, berperan dalam struktur tanah dan meningkatkan porositas tanah (Mussury *et al.,* 2002). Dugaan keterkaitan tingkat kesuburan tanah dan jumlah individu *Collembola* paling jelas terlihat pada umur revegetasi nol tahun atau lahan pasca tambang yang ditinggalkan kurang dari dua bulan dan tidak terdapat vegetasi apa pun.

Rendahnya bahan organik, hara makro yang penting bagi tumbuhan, dan kapasitas tukar kation pada lahan yang bertekstur pasir telah dilaporkan (Nurtjahya *et al.,* 2007b). Kecenderungan densitas populasi yang semakin besar pada dugaan peningkatan kesuburan dan mikroklimat ditunjukkan pada penelitian revegetasi tailing timah dengan sepuluh jenis pohon lokal di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.,* 2007b), yakni peningkatan densitas pada umur revegetasi enam, sembilan, dan dua belas bulan yang masing-masing 40, 301, dan 375 ind. m^{-2}. Pada penelitian tersebut dilaporkan perubahan sifat fisika dan kimia tanah dalam satu tahun, yakni faksi pasir di sekitar lubang tanam menurun 10%, persentase dan faksi debu dan liat masing-masing meningkat 40 – 60%, ratio C/N, konsentrasi K, dan kejenuhan basa menurun, total kation dan kapasitas tukar kation meningkat tiga sampai lima kali, dan peningkatan mikroklimat diduga oleh peningkatan luas tajuk tanaman dari awal hingga akhir penelitian.

Pengaruh penggunaan lahan tercermin pada hanya tercatatnya empat jenis dari suku Entomobryidae, Isotomidae, dan Sminthuridae. Jenis dari suku Entomobryidae dilaporkan mulai pada umur revegetasi tiga tahun, sedangkan jenis dari suku Isotomidae dan Sminthuridae hanya dilaporkan pada umur revegetasi tiga dan tujuh tahun saja dengan jumlah individu yang kecil. Jumlah jenis dan jumlah suku yang kecil sama dengan hasil penelitian revegetasi tailing timah dengan sepuluh jenis pohon lokal di Pulau Bangka berumur satu tahun (empat jenis dari empat suku) (Nurtjahya *et al.,* 2007a), dan jumlah jenis tersebut jauh lebih kecil dibandingkan dengan beberapa hutan di Bali dan Lombok yakni 76 jenis (Suhardjono, 1992), atau suatu ekosistem tertentu yang mencapai 50 – 60 jenis dengan puluhan ribu individu (Rusek, 1998). Pengaruh ekosistem yang berbeda menyebabkan perbedaan keanekaragaman *Collembola*; keragaman di intertidal dan pasir litoral lebih rendah dibandingkan supralitoral dan pasir daratan, dan keduanya jauh lebih rendah dibandingkan keragaman di tanah mineral atau serasah daun (Thibaud, 2007).



Gambar 2. *Collembola* di lahan revegetasi tailing timah berumur antara 3 – 13 tahun di Pulau Bangka: (a) Entomobryidae sp.1, (b) Entomobryidae sp.2



Gambar 2 (lanjutan). *Collembola* di lahan revegetasi tailing timah berumur antara 3 – 13 tahun di Pulau Bangka (c) Isotomidae, (d) Sminthuridae.

Perbedaan jumlah individu, jumlah jenis, dan frekuensi di semua lokasi penelitian kecuali pada umur nol tahun diduga disebabkan oleh suksesi di lahan revegetasi tailing timah (Hopkin, 1997), yang tidak terlepas dari prosedur standar revegetasi yang dilakukan, waktu pengambilan contoh yang terkait dengan musim (Hopkin, 1997), dan komposisi jenis kelompok *Collembola* yang hidup di permukaan tanah (*epiedaphic group*), dan kedekatan lokasi penelitian dari lahan tidak terganggu. Tananam revegetasi dan jenis tumbuhan yang menginvasi selama suksesi berperan dalam perbaikan mikroklimat yakni kelembaban relatif udara dan kelembaban tanah, terutama di sekitar lubang tanam, dan siklus hara yang antara lain ditopang oleh dekomposisi serasah dari tanaman revegetasi dan dari tumbuhan yang menginvasi. Kelembaban relatif disebut sebagai salah satu faktor penting yang menentukan aktivitas dan penyebaran *Collembola*. Perbaikan mikroklimat diduga berperan dalam peningkatan keragaman dan aktivitas fauna tanah.

KESIMPULAN

Densitas populasi *Collembola* semakin meningkat dengan dugaan semakin meningkatnya bahan organik yang ditunjukkan dengan semakin lamanya umur revegetasi lahan pasca tambang timah di bawah tegakan *Acacia mangium* di Pulau Bangka. Hasil penelitian ini memperkuat dugaan bahwa populasi *Collembola* berpotensi dapat dipergunakan sebagai indikator kesuburan revegetasi tailing timah. Untuk menarik kesimpulan yang lebih akurat, pengambilan contoh secara teratur perlu dilakukan di lahan revegetasi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada K3LH (Kesehatan Keselamatan Kerja dan Lingkungan Hidup) dan PDE (Pusat Dokumentasi Eksplorasi) PT Tambang Timah yang memberikan bantuan data lokasi revegetasi. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Dr. Yayuk R. Suhardjono yang membantu dalam identifikasi tingkat suku *Collembola*, dan kepada Saudara Wistaria, Alili, dan D. Bari yang telah membantu di lapang.

DAFTAR PUSTAKA

Andersen, A.N., and G.P. Sparling. 1997. Ants as indicators of restoration success: relationship with soil microbial biomass in the Australian seasonal tropics. *Restoration Ecology* 5: 109-114.

Awang, K. 1988. Tin tailings and their possible reclamation in Malaysia. *Dalam:* Adioemanto, S. (ed.). *Regional Workshop on Ecodevelopment Process for Degraded Land Resources in Southeast Asia*. Bogor 23-25 August 1988.

Bell, L.C. 2001. Establishment of native ecosystems after mining – Australian experience across diverse biogeographic zones. *Ecological Engineering* 17: 179-186.

Bendfeldt, E.S., J.A. Burger, and W.L. Daniels. 2001. Quality of amended mine soils after sixteen years. *Soil Science Social American Journal* 65: 1736-1744.

Borror, D.J., C.A. Triplehron, and N.F. Johnson. 1996. *Pengenalan pelajaran serangga*. Edisi ke enam. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.

[CBR] Centre for Biotechnology Research. 2002. *Effect of bio-organic on soil and plant productivity improvement of post tin mine site at PT Koba Tin project area, Bangka.* Bogor Agricultural University, October 2002.

Chauvat, M., A.S. Zaitsev, and V. Wolters. 2003. Succesional changes of Collembola and soil microbiota during forest rotation. *Oecologia* 137: 269-276 (abstract).

Fountain, M.T., and S.P. Hopkin. 2004. A comparative study of the effects of metal contamination on Collembola in the field and in the laboratory. *Ecotoxicology* 13 (abstract).

Geissen, V., and C. Kampichler. 2004. Limits to the bioindication potential of Collembola in environmental impact analysis: a case study of forest soil-liming and fertilization. *Biology and Fertility of Soils* 39: 383-390 (abstract).

Hopkin, S.P. 2008. *Collembola*. http://www.stevehopkin.co.uk/collembolagallery/.

Hopkin, S.P. 1997. *Biology of The Springtails (Insecta: Collembola).* Oxford: Oxford University Press.

Ito F., S. Yamane, K. Eguchi, W.A. Noerdjito, S. Kahono, K. Tsuji, K. Ohkawara, K. Yamauchi, T. Nishida, and K. Nakamura. 2001. Ant species diversity in the Bogor Botanic Garden, West Java, Indonesia, with descriptions of two new species of the genus *Leptanilla* (Hymenoptera, Formicidae). *Tropics* 10: 379-404.

Kanal, A. 2004. Effects of fertilization and edaphic properties on soil-associated Collembola in crop rotation. *Agronomy Research* 2: 153-168.

Lamb D., and M. Tomlinson. 1994. Forest rehabilitation in the Asia-Pasific Region: past lessons and present uncertainties. *Journal of Tropical Forest Science* 7: 157-170.

Ludwig, J.A., N. Hindley, and G. Barnett. 2003. Indicators for monitoring minesite rehabilitation: trends on waste-rock dumps, Northern Australia. *Ecological Indicators* 3: 143-153.

Madjid, N.M., A. Hashim, and I. Abdol. 1994. Rehabilitation of ex-tin mining land by agroforestry practice. *Journal of Tropical Forest Science* 7: 113-127.

Mitchell, B.A. 1959. The Ecology of tin mine spoil heaps. Part I Sand and gravel tailings. *Malayan Forester* 22: 111-132.

Mussury, R.M., S. de Paula Quitão Scalon, S.V. da Silva, and V.R. Soligo. Study of Acari and Collembola Populations in Four Cultivation Systems in Dourados – MS. *Brazilian Archives of Biology and Technology* 45: 100-107.

Naning, M.I., M.A.Diha, and N. Gofar. 1999. Perbaikan sifat kimia bahan tailing asal lahan pasca penambangan timah dan pertumbuhan tanaman jagung dengan pemberian bahan organik dan zeolit. *Dalam: Prosiding Seminar Hasil Penelitian Universitas Sriwijaya*, Maret 1999.

Norisada, M., G. Hitsuma, K. Kuroda, T. Yamanoshita, M. Masumori, T. Tange, H Yagi, T. Nuyim, S. Sasaki, and K. Kojima. 2005. *Acacia mangium*, a nurse tree candidate for reforestation on degraded sandy soils in the Malay Peninsula. *Forest Science* 51: 498-510.

Nurtjahya, E., D. Setiadi, E. Guhardja, Muhadiono, dan Y. Setiadi. 2007a. Potensi *Collembola* sebagai indikator revegetasi tailing timah di Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 9: 113-123.

Nurtjahya, E., D. Setiadi, E. Guhardja, Muhadiono, dan Y. Setiadi. 2007b. Succession on tin-mined land in Bangka Island. *The Seventh International Flora Malesiana Symposium, Leiden 17 – 22 June 2007.*

Nurtjahya, E. 2001. Revegetation on tin post mining area in Bangka Island (Bibliographical Review). *Indonesian Mining Journal* 7: 32-37.

Parrotta, J.A., and O.H. Knowles. 2001. Restoring tropical forests on lands mined for bauxite: examples from the Brazilian Amazon. *Ecological Engineering* 17: 219-239.

Passell, H.D. 2000. Recovery of bird species in minimally restored Indonesian tin strip mines. *Restoration Ecology* 8: 112-118.

[PPTA] Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1996. *Laporan Akhir Penelitian Studi Upaya Rehabilitasi Lingkungan Penambangan Timah.* Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Departemen Pertanian.

PT Tambang Timah. 2001. *Daftar lokasi reklamasi / revegetasi paket tahun 1992 s/d tahun 2000.* Lingkungan Hidup – K3LH PT Tambang Timah.

Puryanto, E. 1983. *Rehabilitasi Tanah Pasir Kuarsa eks Tambang Timah Pulau Bangka dengan Bahan-bahan Alamiah untuk Budidaya Tanaman Jambu Monyet* (**Anacardium occidentale** L.) [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Rachmawati, I., K.A. Karyawan, dan M. Sinaga. 1996. Pengaruh model tanam terhadap pertumbuhan beberapa jenis pohon serba guna. *Buletin Penelitian Kehutanan BPK Kupang* 1: 102-108.

Rusek, J. 1998. Biodiversity of Collembola and their functional role in the ecosystem. *Biodiversity and Conservation* 7: 1207-1219.

Sastrodihardjo, S. 1990. *Pengaruh Pemberian Bahan Organik dan Polimer Alam serta Sintetik terhadap Beberapa Sifat Fisik dan Kimia Tanah Tailing Tambang 25 Wilasi Pangkalpinang Unit Penambangan Timah Bangka (UPTB).* [Skripsi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Schroeder, P.H. 1996. *Restoration of Prime Farmland Disturbed by Mineral Sand Mining in the Upper Coastal Plain of Virginia [thesis].* Virginia Polytechnic Institute and State University. http://scholar.lib.vt.edu/theses/public/etd-303112202974780/etd-title.html.

Setiadi, Y. 2002. Mycorrhizal inoculum production technique for land rehabilitation. *Jurnal Manajemen Hutan Tropika* 8: 51-64.

Setyawan, D., R.J. Gilkes, D.A. Jasper, D.J. Tongway, N. Hindley. 2003. Nutrient cycling index in relation to organic matter and soil respiration of rehabilitated mine sites in Kelian, East Kalimantan. *Dalam: Proceedings of the International Seminar on The Organic Farming and Sustainable Agriculture in The Tropics and Subtropics: Science, Technology, Management and Social Welfare.* Palembang October 8-9, 2003.

Siagian, Y.T., dan R.M.S. Harahap. 1981. *Hasil Pendahuluan Percobaan Pemilihan Jenis-jenis Pohon pada Lahan Kolong Pasir Kuarsa di Dabo, Singkep.* Laporan Balai Penelitian Hutan No. 384. Bogor: Balai Penelitian Hutan.

Stasiun Meteorologi Pangkalpinang. 2006. *Data Iklim Bangka 1996 – 2005.*

Suhardjono, Y.R. 2004. *Buku Pegangan Belajar Collembola (Ekor Pegas).* Bogor: Museum Zoologicum Bogoriense.

Suhardjono, Y.R. 1992. *Fauna Collembola Tanah di Pulau Bali dan Pulau Lombok* [Disertasi]. Jakarta: Universitas Indonesia.

Thibaud, J-M. 2007. Recent advances and synthesis in biodiversity and biogeography of arenicolous Collembola. *Annals Society of Entomology.* 43: 181-185.

Wanner, M., and W. Dunger. 2002. Primary Immigration and Succession of Soil Organisms on Reclaimed Opencast Coal Mining Areas in Eastern Germany. *European Journal of Soil Biology* 38: 137-143.

Whitten, A.J., S.J. Damanik, J. Anwar, and N. Hisyam. 2000. *The Ecology of Sumatra.* Singapore: Periplus Editions (HK) Ltd.

Yin, B., D. Crowley, G. Sparovek, W.J. De Melo, and J. Borneman. 2000. Bacterial functional redundancy along a soil reclamation gradient. *Applied and Environmetal Microbiology* 66: 4361-4365.

Zhang, Z.Q., W.S. Shu, C.Y. Lan, and M.H. Wong. 2001. Soil seed bank as an input of seed source in revegetation of lead/zinc mine tailings. *Restoration Ecology* 9: 378-385.