

Berkala **PENELITIAN**
HAYATI

(*Journal of Biological Researches*)

DESEMBER 2008

Vol. 14

No. 1

DAFTAR ISI

Identifikasi Karakter Morfologi Nematoda Sista pada Tanaman Jagung (<i>Heterodera zaeae</i>) di Indonesia Yuliantoro Baliadi	1
Development and Pathogenicity of Infective Juveniles Originating via <i>Endotokia Matricida</i> in Axenic Steinernematid Nematodes Yuliantoro Baliadi	7
Eksresi Spermatogenesis Tikus Putih Setelah Induksi dengan Protein Insulin Like Growth Factor – I Complex Plasma Seminalis Kambing Suherni Susilowati	15
Keanekaragaman Jenis-jenis Anggrek Pulau Wawonii Diah Sulistiarini	21
Neraca Ekologi Penambangan Timah di Pulau Bangka Studi Kasus Pengalihan Fungsi Lahan di Ekosistem Darat Eddy Nurtjahya, Fournita Agustina, Wike Ayu Eka Putri	29
Meningkatkan Produksi <i>Flavan-3-OL</i> Melalui Kalus <i>Comellia Sinensis</i> L dengan Elisator CU ²⁺ Sutini B, Tatik W, Wahyu W, Sutiman B	39
Preferensi dan Kerusakan Tumbuhan Koleksi Kebun Raya Cibodas oleh Benalu <i>Scurrula oortiana</i> (Korth.) Dans. Sunaryo	45
Peranan Pohon Induk dan Pengaruh Pemupukan Daun terhadap Pola Pertumbuhan Semai Cendana (<i>Santalum album</i> L.) Albert H. Wawo, Fauzia Syarif, dan Budiardjo	55
Respons Embriogenesis Mikrospora Tanaman Tebu (<i>Saccharum</i> spp.) pada Suhu dan Lama Inkubasi Cabang Malai di Dalam Medium b Suaib, W. Mangoendidjojo, Mirzawan PDN, dan A. Indrianto	63
Pengaruh Beberapa Fitohormon Pada Pembentukan Mutan Barley (<i>Hordeum vulgare</i>) Dengan Fenotip Biji Abnormal Ira N. Djajanegara	73
Pengaruh Stresor Fisik terhadap Distribusi Sert dan Indeks Apoptosis Neuron Hipokampus, serta Distribusi TNF- α Gaster Tikus, dengan Mediasi Kortisol dan IL-6 Suparno	79
Description of the Male of <i>Pseudomacochiron Parvum</i> (A. Scott, 1909) (Copepoda, Poecilostomatoida) with Remarks on The Female Mulyadi	91
Pemakaian Sel Raji dalam Uji Sitotoksitas Fraksi Ethanol Biji Mimba (<i>Azadirachta indica</i>) Priyo Wahyudi dan Ira Djajanegara	95
Pengujian <i>In Vitro</i> Xilooligosakarida Sebagai Kandidat Prebiotik Asnia Zainuddin, Eddy Bagus Wasito, Ni Nyoman Tri Puspaningsih	101
Kualitas Udang yang Dijual di Pasar Jakarta Selatan dari Aspek Mikrobiologi Harsojo	109

PBI
CABANG
JAWA TIMUR

Berkala PENELITIAN HAYATI

(Journal of Biological Researches)

Berkala Penelitian Hayati ini diterbitkan oleh Perhimpunan Biologi Indonesia (PBI) Cabang Jawa Timur dan terbit satu tahun dua kali. Berkala menerima sumbangan karya ilmiah dalam bentuk makalah lengkap dan komunikasi ringkas. Penjelasan tentang cara penulisan makalah untuk berkala ini dapat dibaca di sampul belakang dalam dari nomor ini. Makalah yang dimuat dikenai biaya Rp500.000,00. Tidak termasuk ongkos kirim bukti terbit (cetak lepas). Halaman warna dikenakan tarif Rp50.000,00. Makalah dibatasi 5 halaman, apabila lebih maka akan dikenakan biaya tambahan sebesar Rp10.000,00 per halaman. Harga Majalah per eksemplar Rp30.000,00.

Keterangan tentang keanggotaan PBI cabang Jawa Timur harap menghubungi pengurus.

Pengurus PBI Jawa Timur adalah seperti yang tertera di bawah ini:

Ketua : Prof. Dr. Sutiman B. Sumitro

Sekretaris : Dra. Herawati Susila, M.Sc., PhD.

Bendahara : Dr. dr. Tjandrakirana M. Sjaifullah Noer, MSp. And

DEWAN REDAKSI

Ketua : Bambang Irawan (Ketua Redaksi)

Anggota : Noer Moehammadi (Bendahara)

Win Darmanto (Distribusi)

Moch. Affandi (Penerbitan)

Fatimah (Pengelola Makalah)

Sugiharto (Penilai Makalah)

Junairiah (Penilai Makalah)

DEWAN PENYUNTING

Prof. Dr. Gunawan Indrayanto (Univ. Airlangga)

Dr. Bambang Irawan (Univ. Airlangga)

Dr. Paul Kessler (Rijksherbarium Leiden)

Prof. Dr. Sutiman B. Sumitro (Univ. Brawijaya)

Dr. Bagyo Yanuwadi (Univ. Brawijaya)

Alamat berkala ini adalah:

Departemen Biologi

Fakultas Sains dan Teknologi

Universitas Airlangga

Jl. Mulyorejo (Kampus C)

Surabaya 60115

Email: hayati_airlangga@unair.ac.id

(179/12.08/AUP-B3E)

Kesalahan Penulisan (Isi) di luar Tanggung Jawab AUP

Ukuran jadi 20 x 27 cm

NERACA EKOLOGI PENAMBANGAN TIMAH DI PULAU BANGKA

Studi Kasus Pengalihan Fungsi Lahan di Ekosistem Darat

Eddy Nurtjahya*, Fournita Agustina**, Wike Ayu Eka Putri***

* Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung,

** Program Studi Pertanian, Universitas Bangka Belitung

*** Program Studi Perikanan, Universitas Bangka Belitung,
Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung,
E-mail: eddy_nurtjahya@yahoo.com

ABSTRACT

Unequal understanding among tin mining stake holders on trade regulation often triggered social conflict and therefore it was suggested to build political will especially among national, provincial, and regencial/municipal government levels. One important effort to bring out political will is presenting an independent and scientific study on comparison between socio-economic and environmental impact of tin mining. Purposive sampling was conducted to unconventional miners at reserved forest at Lubuk Kelik hamlet, pepper farmers at Silip village, and rubber farmers at Bencah village. Tin mining changed soil properties and microclimate, reduced vegetation composition and structure, arbuscular mycorrhizal fungi, phosphate solubilizing microorganism, ants, and Collembola population. Land conversion increased and contributed up to 95% income. The welfare improvement, however, was apparent as the recovery cost was neglected by unconventional tin miners, and only pepper land conversion showed benefit. Unconventional tin mining regulation needs improvement in order to increase land use efficiency and recovery cost. Understanding on ecological balance of more people and for more sustainable social welfare should be improved as well.

Key words: *unconventional tin mining, socio-economic impact, environmental impact, Bangka*

PENGANTAR

Pulau Bangka adalah pulau penghasil timah terbesar di Indonesia. Dampak utama penambangan timah adalah terbentuknya lahan terganggu, rusaknya bentang alam dan habitat alami, berkurangnya keanekaragaman hayati, serta timbulnya polusi. Berbeda dengan tanah asli, tailing timah mengandung fraksi pasir lebih dari 94%, fraksi liat kurang dari 3%, dan kandungan bahan organik C-organik kurang dari 2% (Nurtjahya *et al.*, 2007a). Di lain pihak, kegiatan penambangan timah inkonvensional (TI) yang menyerap tenaga kerja yang tinggi, berperan penting dalam perputaran *cash flow* di provinsi tersebut. Sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi terbesar bagi produk domestik regional bruto (PDRB) 24,8% (Metro Bangka Belitung, 2007a). PDRB tahun 2005 mencapai Rp12,8 triliun yang meningkat dari tahun sebelumnya sebesar Rp10,6 triliun.

Jumlah lahan marjinal di Pulau Bangka makin bertambah terutama akibat kegiatan penambangan timah. Pengalihan fungsi lahan tidak dihindarkan, termasuk kebun lada yang menghasilkan kualitas lada yang diakui dunia dengan nama *Muntok White Pepper*. Penambangan timah ilegal dilaporkan mencapai 20% di Pulau Bangka dan mendapat publikasi negatif karena merusak lingkungan

(Bangka Pos, 2002a; 2002b; 2002c), termasuk di area yang telah direklamasi oleh PT Tambang Timah, dan menyebabkan banjir (Gali-Gali, 2001). Konflik tambang timah melibatkan pemerintah pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota, perusahaan pemegang kuasa penambangan (KP), perusahaan peleburan lokal/ BUMD, pengusaha TI. Tata niaga pertimahan yang belum dipahami bersama seperti Peraturan Menperdag No. 04/2007 tentang Pengaturan Ekspor Timah Batangan (Kompas, 2007), dan Peraturan Menperdag No. 19/2007 tentang perdagangan biji timah antarpulau (Metro Bangka Belitung, 2007b) sering memunculkan berbagai konflik. Kesimpulan beberapa seminar tentang pengelolaan konflik, dan penelitian Zulkarnain *et al.* (2005) terutama menyebut perlunya membangun *political will* ketiga level pemerintahan, dan kerja sama antara pemegang kuasa penambangan dan pemerintah kabupaten/kota.

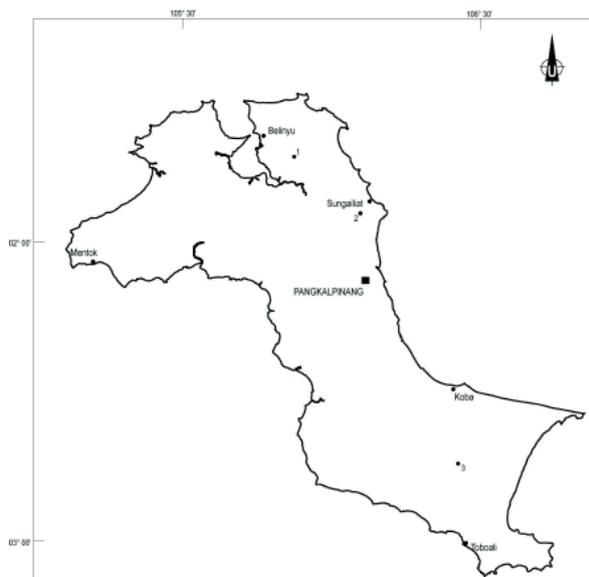
Salah satu cara mendorong terwujudnya *political will* adalah pemaparan kajian ilmiah terutama kepada ketiga level pemerintahan, akan perbandingan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan akibat penambangan TI. Kajian ilmiah yang menampilkan neraca ekologi penambangan timah di ekosistem darat dengan studi kasus pengalihan fungsi lahan hutan lindung, kebun lada, dan kebun karet sejauh ini belum pernah dilakukan.

BAHAN DAN CARA KERJA

Fokus penelitian adalah kebun lada di Desa Silip ($01^{\circ} 42' 48,1''$ LS dan $105^{\circ} 52' 26,7''$ BT) di Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka, kebun karet di Desa Bencah ($02^{\circ} 44' 25,0''$ LS dan $106^{\circ} 25' 27,6''$ BT), Kecamatan Air Gegas, Kabupaten Bangka Selatan, dan hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik ($01^{\circ} 54' 09,4''$ LS dan $106^{\circ} 05' 46,9''$ BT) di Kelurahan Parit Padang, Kabupaten Bangka (Gambar 1), dengan masing-masing vegetasinya (Gambar 2).

Dampak Lingkungan

Penelitian lapang mendata keragaman hayati lahan yang belum dan lahan yang ditambang. Luas petak contoh minimum ditentukan dengan penentuan kurva species area (Kusmana, 1997) dengan empat tingkat pertumbuhan (Soerianegara dan Indrawan, 1998). Komposisi dan struktur vegetasi ditentukan menurut Mueller-Dumbois dan Ellenberg (1974), indeks keanekaragaman jenis formula Shannon dan Wiener (Odum, 1971), dan indeks similaritas formula Sorensen (Mueller-Dumbois dan Ellenberg, 1974). Jenis-jenis tumbuhan yang tidak diketahui diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Bogor.



Gambar 1. Lokasi penelitian: 1. Kebun lada di Desa Silip; 2. Hutan lindung di Lingkungan Lubuk Kelik; 3. Kebun karet di Desa Bencah

Analisis sifat fisika dan kimia tanah dilakukan di Balai Penelitian Tanah, Bogor. Contoh tanah diambil di bawah *rhizosphere* vegetasi dominan dengan bor tanah pada kedalaman 0–10 cm dan 10–20 cm. Mikroba pelarut fosfat (MPF), "*plant growth promoting rhizobacteria*" (PGPR) (Rodriguez dan Fraga, 1999), diuji dengan media

Pikovskaya dan jumlah koloni yang membentuk zona bening dihitung. Contoh tanah untuk fungi mikoriza arbuskula (FMA) mengacu pada modifikasi CSM-BGBD (Susilo *et al.*, 2004) dan ekstraksi spora dilakukan dengan teknik tuang dan saring basah (Gadermann dan Nicolson, 1963). Identifikasi genus spora mengacu pada Schenck dan Perez (1988) dan INVAM. Koleksi fauna tanah diperoleh dengan metode *pitfall traps* (Suhardjono, 2004) dengan fokus pada indikator kesuburan tanah: *Collembola* (Hopkin, 1997; Suhardjono, 2004), dan semut (Andersen dan Sparling, 1997).



Gambar 2. Vegetasi lokasi penelitian, (A) area gundul lahan pasca penambangan timah di hutan lindung di Lingkungan Lubuk Kelik, (B) tanaman lada yang tidak terawat di Desa Silip, (C) area gundul tailing timah di kebun karet di Desa Bencah

Dampak Sosial Ekonomi

Metode pengambilan contoh secara terpilih (*purposive sampling*) dilakukan untuk mengenali sebagian objek dan gejala. Data primer adalah hasil wawancara langsung kepada responden berdasarkan pada daftar pertanyaan yang telah dipersiapkan. Responden adalah pemilik dan karyawan TI di Lingkungan Lubuk Kelik, petani lada di Desa Silip, petani karet di Desa Bencah. Responden tergolong dalam usia produktif (41–50 tahun) dengan tingkat pendidikan bervariasi, yakni dominan SD di Desa Bencah, dan SMA di Desa Silip dan Lingkungan Lubuk Kelik. Data sekunder diperoleh dari Pemda Kabupaten Bangka (Bangka Dalam Angka 2005; Kecamatan Air Gegas Dalam Angka 2006), media cetak lokal, dan laporan penelitian terkait.

Khusus untuk pengusaha TI digali faktor-faktor yang melatarbelakangi pengalihan mata pencaharian dari pertanian ke pertambangan, dan menghitung kontribusi pendapatan usaha TI terhadap pendapatan keluarga. Diamati perubahan status dan strata sosial, dan eksek yang terjadi. Dampak ekonomi diamati dari besar pendapatan dan kontribusi TI terhadap pendapatan keluarga. Data lapang diolah untuk menghitung pendapatan usaha (Hernanto, 1998) dengan rumus: $Pd = Pn - Bp$, Pd = pendapatan (Rp); Pn = Penerimaan (Rp), Bp = biaya produksi (Rp). Besarnya kontribusi pendapatan usaha tambang inkonvensional (TI) terhadap pendapatan keluarga digunakan persentase: $\% UPT = \frac{P.UPTI}{P.TOT} \times 100\%$, $\% UPT$ = persentase

kontribusi pendapatan usaha TI, P.UTTI = pendapatan usaha di luar TI, dan P.TOT = pendapatan total (dari usaha TI dan di luar usaha TI).

HASIL

Dampak Lingkungan

Tanah

Aktivitas penambangan timah mengubah sifat fisika dan kimia tanah, dan iklim mikro. Tekstur *tailing* adalah pasir dengan kenaikan lebih dari 30% fraksi pasir dibandingkan lahan tidak terganggu (hutan, kebun karet, dan kebun lada), dan menurunnya fraksi liat dan debu sekurang-kurangnya 50%. Kandungan bahan organik *tailing* timah C hampir tidak tersisa, dan N mendekati nol. Penurunan P dan K total nyata pada pengalihan kebun karet dan kebun lada menjadi *tailing* timah. Demikian juga kandungan kation dapat ditukar Ca, Mg, K, dan Na menurun nyata pada pengalihan tanah hutan dan kebun lada. Total kation dapat ditukar pada hutan dan kebun lada berkurang masing-masing 50% dan 90%. Kapasitas tukar kation (KTK) berkurang

antara 50–80%, serta penurunan persentase kejenuhan basa dan konsentrasi Al^{3+} dibandingkan sifat tanah sebelum ditambang (Tabel 1).

Pengalihan fungsi lahan menyebabkan kelembapan tanah lahan pascatambang dan kelembapan udara di sekitar lahan pascatambang menjadi lebih rendah, temperatur tanah lahan pascatambang dan temperatur udara di sekitar lahan pascatambang menjadi lebih tinggi. Penurunan kelembapan tanah sekitar 10%, dan kelembapan udara 10–20%, dan peningkatan temperatur tanah 2–10°C, serta peningkatan temperatur udara sekitar 6–9°C di lahan pascatambang diduga tidak mendukung bagi pertumbuhan vegetasi dan mikroba tanah, serta bagi habitat fauna.

Vegetasi

Pengalihan fungsi lahan menurunkan komposisi vegetasi, dan keragaman jenis dan suku yang ada. Penurunan terlihat besar dan tidak ditemukan individu tumbuhan pada stadium pertumbuhan sapling, tiang, dan pohon. Total individu untuk semua stadium pertumbuhan di hutan lindung 1260 dan di lahan pascatambang 415. Total individu di kebun karet 2400 dan di lahan yang dialihkan menjadi

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah hutan lindung, lahan pascatambang (TI) hutan lindung, kebun karet, lahan pascatambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pascatambang (TI) kebun lada

Lokasi	Kedalaman	Tekstur			pH	Bahan organik			HCl 25%	Dapat ditukar							KCl 1 N	
		Pasir	Debu	Liat		W&Black	Kjeld.	C/N		(NH ₄ - Acetat 1 N, pH 7)								
					H ₂ O				C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	K	Na	Total	KTK
		cm	%	%	mg/100g	cmol ⁽⁺⁾ /kg							%	cmol ⁽⁺⁾ /kg				
Hutan	0-20	63	12	25	5,0	1,6	0,1	14	3	4	0,53	0,41	0,08	0,00	1,02	6,53	16	1,12
	20-40	60	15	25	5,1	1,6	0,1	14	3	7	0,64	0,35	0,09	0,00	1,08	6,21	17	1,14
TI Hutan	0-20	83	6	11	5,0	0,2	0,0	9	4	6	0,36	0,08	0,03	0,00	0,47	3,77	12	0,73
	20-40	83	6	11	5,0	0,2	0,0	10	4	6	0,31	0,10	0,03	0,00	0,44	3,49	13	0,67
Karet	0-20	70	6	24	4,7	2,0	0,2	14	17	3	0,15	0,03	0,06	0,00	0,24	9,09	3	2,09
	20-40	64	9	27	4,7	1,2	0,1	13	7	2	0,16	0,03	0,03	0,04	0,26	7,25	4	1,86
TI Karet	0-20	96	0	4	5,1	0,1	0,0	12	1	2	0,15	0,11	0,03	0,00	0,29	2,24	13	0,06
	20-40	91	3	6	5,1	0,1	0,0	10	1	3	0,17	0,14	0,06	0,00	0,37	2,00	19	0,04
Lada	0-20	53	15	32	5,1	2,2	0,2	13	66	11	2,42	0,61	0,21	0,00	3,24	9,10	36	0,57
	20-40	51	13	36	4,9	2,2	0,2	14	44	6	1,30	0,25	0,06	0,00	1,61	8,05	20	0,65
TI Lada	0-20	87	3	10	5,0	0,1	0,0	11	1	2	0,16	0,03	0,03	0,00	0,22	2,39	9	0,06
	20-40	83	2	15	5,0	0,1	0,0	13	2	2	0,16	0,06	0,03	0,02	0,27	2,67	10	0,08

tambang timah menjadi 640 atau sekitar seperempatnya, dan demikian juga di kebun karet pengalihan lahan menjadi lahan pascatambang menurunkan jumlah individu sekitar 75%. Penurunan jumlah individu dari lahan semula menjadi lahan pascatambang terlihat juga pada keragaman jenis dan jumlah suku dari masing-masing fungsi lahan (Tabel 2).

Keanekaragaman jenis pada stadium pertumbuhan semai di hutan (1,07) menurun sekitar separuhnya (0,55). Penurunan juga terlihat pada pengalihan kebun karet menjadi lahan tambang. Meningkatnya keragaman jenis di lahan tambang timah bekas kebun lada (0,69) disebabkan oleh lebih banyaknya jenis tumbuhan dibandingkan saat kebun lada dirawat dan disiangi (0,50) dan dominasi tanaman lada yang tercermin pada stadium sapihan sangat tinggi atau rendahnya keragaman jenisnya (0,35). Dominasi tanaman dan rendahnya keragaman stadium pertumbuhan tihang dan pohon terlihat jelas pada kebun karet yang terawat. Sangat rendah keberadaan tihang di kebun karet (0,10) dan tidak ada pohon lain selain karet (0,00) di kebun tersebut. Tingginya perbedaan jenis vegetasi tiap-tiap stadium pertumbuhan antara lahan tidak terganggu (hutan lindung, kebun karet, dan kebun lada) dan lahan pascatambang timah ditunjukkan oleh nilai indeks similaritas yang rendah. Indeks similaritas semai antara hutan dan lahan bekas tambang dari hutan adalah 32,7%, sedangkan indeks similaritas sapihan dan tihang hutan dan lahan bekas tambang dari hutan masing-masing nol, yang artinya jenis vegetasi di antara keduanya sama sekali berbeda. Tingginya perbedaan jenis vegetasi lebih nyata ditunjukkan pada pengalihan kebun karet (0,0–8,7%) dan kebun lada (0,0%) masing-masing menjadi lahan pascatambang timah.

Fungi mikoriza arbuskula, mikroba pelarut fosfat dan *Collembola*

Pengalihan fungsi lahan juga mengakibatkan penurunan populasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) sebesar 25–80% dan mikroba pelarut fosfat (MPF) mencapai 75%

(Tabel 3). Populasi semut dan *Collembola* di hutan dan lahan hutan pascapenambangan masing-masing berbeda 60–70%. Demikian juga pengurangan populasi semut dan *Collembola* dari pengalihan kebun karet dan kebun lada, masing-masing berkisar 40–70% (Tabel 4).

Dampak Sosial Ekonomi

Faktor yang melatarbelakangi pengalihan fungsi lahan kebun karet di Desa Bencah, dan kebun lada di Desa Silip menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya masing-masing harga lada dan karet, persepsi bahwa penerimaan pendapatan bertani karet dan lada relatif lama, mengisi waktu di antara waktu bertani, biaya sarana produksi pertanian tinggi, tidak adanya sanksi tegas dari Pemda terhadap aktivitas TI, dan persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan. Pengalihan fungsi hutan lindung di Lubuk Kelik disebabkan oleh harga jual timah yang tinggi dan cepat memperoleh uang, selain lokasi penambangan tersebut beberapa ratus meter dari tempat tinggal penambang. Anggota masyarakat yang bekerja pada penambangan timah 100% di Desa Bencah dan Desa Silip menyatakan peningkatan ekonomi yang nyata. Rumah kayu yang ditempati dapat diperbaiki dan bahkan diganti dengan rumah baru. Hasil penambangan dipergunakan untuk membiayai anak ke jenjang pendidikan lebih tinggi, untuk membeli motor baru, belanja pakaian dan perabot rumah tangga.

Rata-rata pendapatan petani lada di Desa Silip per ha/bulan adalah Rp592.536,00 dan rata-rata pendapatan petani karet di Desa Bencah adalah Rp122.111,00. Pendapatan dari penambangan timah memberi kontribusi signifikan terhadap total pendapatan keluarga per bulan. Kontribusi timah di Lubuk Kelik senilai Rp21.166.667,00/bulan atau 93,4%, di Desa Silip senilai Rp76.537.500,00 atau 95,1% sementara kontribusi lada tidak lebih dari 1%, dan di Desa Bencah senilai Rp4.684.286,00 atau 89,1% sementara kontribusi tanaman inti karet sebesar 2,3% (Tabel 5).

Tabel 2. Jumlah individu pada stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon, jumlah individu, jumlah jenis dan jumlah suku vegetasi di hutan lindung, lahan pascatambang (TI) hutan lindung, kebun karet, lahan pascatambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pascatambang (TI) kebun lada

Lokasi	Individu / ha				Jumlah	Jumlah jenis	Jumlah suku
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon			
Hutan lindung	415	770	75	0	1260	38	21
TI Hutan lindung	395	20	0	0	415	6	6
Kebun karet	1310	560	400	130	2400	37	27
TI kebun karet	590	50	0	0	640	12	9
Kebun lada	1260	470	0	0	1730	11	9
TI kebun lada	300	60	0	0	360	9	8

Tabel 3. Rata-rata jumlah spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) per 50 g tanah, dan jumlah koloni mikroba pelarut fosfat (MPF) per g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung, lahan pascatambang (TI) hutan lindung, kebun karet, lahan pascatambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pascatambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	Spora FMA per 50 g tanah		Koloni MPF 10 ⁵ per g tanah	
Hutan lindung	<i>Cratoxylum formosum</i>	22,0	60,0	4,0	18,0
	<i>Syzygium sp.</i>	21,7		6,3	
	<i>Vitex pinnata</i>	16,3		7,7	
TI hutan lindung	<i>Trema orientalis</i>	4,7	12,7	1,3	7,3
	Unidentified	5,3		4,3	
	<i>Scleria levis</i>	2,7		1,7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	36,7	106,7	7,0	32,7
	<i>Hevea brasiliensis</i>	41,7		11,3	
	<i>Schima wallichii</i>	28,3		14,3	
TI kebun karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	46,7	75,7	3,0	8,3
	<i>Melastoma malabathricum</i>	11,3		3,3	
	<i>Mischocarpus sundaicus</i>	17,7		2,0	
Kebun lada	<i>Hevea brasiliensis</i>	26,0	48,7	3,0	12,7
	<i>Cleome aspera</i>	13,3		2,0	
	<i>Chromolaena odorata</i>	9,3		7,7	
TI kebun lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	6,7	17,3	2,3	14,0
	<i>Trema orientalis</i>	5,0		9,3	
	<i>Chromolaena odorata</i>	5,7		2,3	

Tabel 4. Rata-rata jumlah semut dan *Collembola* per m² tanah di hutan lindung, lahan pascatambang (TI) hutan lindung, kebun karet, lahan pascatambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pascatambang (TI) kebun lada

	Jumlah individu/m ²					
	Hutan lindung	TI hutan lindung	Kebun karet	TI kebun karet	Kebun lada	TI kebun lada
Semut	1.3053,6	5.020,6	7.129,3	2.610,7	753,1	451,9
Collembola	4.317,7	903,7	8.133,4	2.610,7	11.898,9	3.313,6

Tabel 5. Rata-rata pendapatan per bulan dan kontribusi pendapatan pekerja tambang inkonvensional hutan lindung di Lingkungan Lubuk Kelik, petani lada di Desa Silip, dan petani karet di Desa Bencah

No.	Sumber pendapatan	Penambang TI di hutan lindung di Lingkungan Lubuk Kelik		Petani lada di Desa Silip		Petani karet di Desa Bencah	
		Nilai (Rp.)	Kontribusi pendapatan (%)	Nilai (Rp.)	Kontribusi pendapatan (%)	Nilai (Rp.)	Kontribusi pendapatan (%)
1	Timah	21.166.667	93,4	76.537.500	95,1	4.684.286	89,1
2	Kebun inti	0	0,0	592.536	0,7	122.111	2,3
3	Kebun tambahan					451.320	8,6
4	Buruh		0,0	2.150.000	2,7		0,0
5	Dagang	1.500.000	6,6	1.200.000	1,5		0,0
Total		22.666.667	100,0	80.480.036	100,0	5.257.717	100,0

Sumber: data primer

PEMBAHASAN

Dampak Lingkungan

Aktivitas penambangan timah mengubah sifat fisika dan kimia tanah, dan iklim mikro. Penurunan kelembapan dan meningkatnya temperatur baik tanah maupun udara di lahan pascatambang disebabkan oleh penggundulan vegetasi di atasnya dan pembalikan tanah, dan pencucian lapisan tanah yang mengandung timah, yang merupakan sebagian prosedur penambangan timah dan diduga tidak mendukung bagi pertumbuhan vegetasi dan mikroba tanah, serta bagi habitat fauna. Pengalihan fungsi lahan menurunkan komposisi vegetasi, dan keragaman jenis dan suku yang ada. Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan tercermin juga dari penelitian suksesi lahan pascatambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.*, 2007a).

Menurunnya produksi spora FMA dari lahan tidak terganggu menjadi lahan pascatambang disebabkan oleh perubahan iklim mikro yang tidak mendukung pertumbuhan fungi dan berkurangnya keragaman dan jumlah individu vegetasi yang merupakan inang bagi fungi yang obligat ini. Hal yang sama dapat dijelaskan pada penurunan koloni MPF. Cekaman kekeringan menurunkan jumlah spora (Abdel-Fattah *et al.*, 2002). Dinamika produksi spora FMA dan koloni MPF juga teramati pada tingkat suksesi lahan pascatambang timah yang berbeda (Nurtjahya *et al.*, 2007b). Dominasi marga *Glomus* pada semua lahan tidak terganggu dan lahan pascapenambangan timah pada penelitian ini menunjukkan tingkat persebaran dan adaptasi yang tinggi di lahan pascatambang timah. Hasil ini serupa dengan kesimpulan dari penelitian suksesi lahan pascatambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.*, 2007b).

Pengalihan fungsi lahan dan perubahan iklim mikro menjadi tidak mendukung dan menyebabkan penurunan populasi semut dan *Collembola*. Pengalihan fungsi lahan menyebabkan berkurangnya serasah dan bahan organik yang dibutuhkan sebagai sumber makanan termasuk mangsa semut dan *Collembola*. Peningkatan kesuburan tanah dengan bertambahnya usia revegetasi lahan pascatambang timah dengan berbagai jenis pohon lokal menunjukkan peningkatan populasi *Collembola* (Nurtjahya *et al.*, 2007c).

Pemulihan lahan menjadi sediakala tanpa bantuan manusia membutuhkan waktu yang lama (Nurtjahya *et al.*, 2007a). Pemulihan lahan pascatambang timah diawali dengan perataan permukaan tanah, dan menimbun lubang (*kolong*). Peningkatan sifat fisika dan kimia tanah dilakukan dengan pemberian tanah mineral, penambahan bahan organik dengan pupuk kandang, penambahan pupuk

anorganik, dan penanaman mulsa hidup penambat nitrogen *Calopogonium mucunoides* (Nurtjahya *et al.*, 2007d), dan mulsa potongan sabut kelapa yang perlu diberikan di setiap tanaman untuk meningkatkan iklim mikro di sekitar tanaman (Nurtjahya *et al.*, 2007e). Pemulihan lahan pascatambang timah menjadi lahan yang produktif membutuhkan biaya.

Dampak Sosial Ekonomi

Pengalihan fungsi lahan tampaknya didorong oleh rendahnya harga komoditas pertanian dan tingginya pendapatan dari pertambangan. Lada tidak menjadi andalan masyarakat Bangka sejak tahun 2001 karena kemerosotan harga lada di pasar internasional yang terus-menerus (Zulkarnain *et al.*, 2005). Penyebab lain adalah harga karet yang mencapai sekitar Rp3.000,-/kg, dan terbukanya penambangan timah oleh rakyat pascareformasi politik tahun 1998 dengan terbitnya SK Menteri Perindustrian dan Perdagangan No. 146 Tahun 1999 tentang tata niaga timah, yang ditafsirkan timah bukan sebagai mineral strategis lagi sehingga dapat diperdagangkan secara bebas, dan terbitnya Perda Kabupaten Bangka No. 6 Tahun 2001 yang mengatur keterlibatan masyarakat dalam penambangan pasir timah (Zulkarnain *et al.*, 2005). Faktor pendorong lain adalah harga timah yang berangsur-angsur tinggi dan pada kuartal terakhir 2007 mencapai US\$ 16.000/ton (Bangka Pos Online, 2007) sehingga di tingkat penambang timah harga jual timah TI pernah mencapai Rp70.000,-/kg.

Tingginya kontribusi penambangan timah, 89–95%, telah memberi dampak positif nyata bagi peningkatan penghasilan dan kesejahteraan petani. Nilai pendapatan per bulan seperti diperoleh dari hasil wawancara terhadap responden tidak dapat digeneralisasi untuk semua lahan karena kuantitas dan kualitas pasir timah tidak sama tergantung cadangan yang ada. Demikian juga nilai pendapatan yang ditampilkan tidak dapat dijadikan pedoman untuk setiap petani yang menambang di lokasi yang relatif berdekatan karena perbedaan cadangan. Kerugian yang diderita oleh penambang timah memang terbukti ada, dan besar kecilnya kerugian tergantung investasi yang dibelanjakan, luas lahan, dan lama operasional yang merugi. Kejujuran dalam mengisi kuesioner pun tetap perlu menjadi perhatian karena kemungkinan kekhawatiran responden akan jawaban yang diberikan, terutama responden yang mengalihkan fungsi hutan lindung yang terlarang bagi kegiatan penambangan timah. Di lain pihak, pendapatan dari kebun inti (lada atau karet) dikhawatirkan bukan menunjukkan potensi lahan optimum yang ada mengingat tingkat perawatan yang tidak lagi tinggi. Nilai penjualan timah dan harga pupuk dan upah tenaga kerja yang tinggi

menjadi beberapa alasan tidak merawat tanaman inti dengan sebaik-baiknya. Sekalipun nilai pendapatan dari penambangan timah tinggi, namun nilai itu diperoleh satu kali untuk selamanya, dan mengabaikan dana pemulihan lahan seandainya lahan tersebut akan diusahakan untuk lahan pertanian, atau direvegetasi, apalagi diusahakan untuk menjadi sediakala. Pendapatan timah dari pengalihan kebun lada setara dengan keuntungan penanaman lada selama 10,8 tahun, dan pendapatan timah dari pengalihan kebun karet setara dengan keuntungan penanaman karet selama 3,2 tahun. Setelah kurun waktu 10,8 dan 3,2 tahun, lahan masih bisa dimanfaatkan lagi untuk pertanian tanpa biaya pemulihan lahan yang berarti.

Neraca Ekologi

Anggaran pemulihan lahan pascatambang khususnya tailing timah berbentuk pasir yang termurah adalah pemulihan lahan di sekitar lubang tanam. Ukuran lubang tanam yang disarankan adalah 50 cm × 50 cm × 50 cm untuk menyediakan tanah dengan struktur yang baik, sifat

kimia yang baik, termasuk menyediakan cadangan bahan organik yang cukup sehingga mampu menyediakan habitat bagi flora dan fauna tanah, yang secara keseluruhan mampu mendukung pertumbuhan tanaman di atasnya lebih lama. Ukuran lubang yang lebih kecil, 30 cm × 30 cm × 30 cm sedang diteliti dalam rangka mendapatkan modul revegetasi di lahan pascatambang timah yang murah (Nurtjahya *et al.*, 2007d). Jumlah lubang tanam per hektar akan tergantung pada jenis tanaman yang akan ditanam. Untuk tanaman keras dengan jarak tanam standar 4 m × 4 m atau 625 batang/ha, biaya reklamasi per hektar *tailing* timah berbentuk pasir diperkirakan sebesar Rp40.995.000,- (Tabel 6). Biaya itu untuk biaya pemulihan lahan seluas 156,3 m² atau hanya 1,6% untuk luas lahan 1 ha.

Pendapatan lingkungan dari pengalihan fungsi lahan hutan lindung di Lubuk Kelik adalah negatif sebesar Rp19.828.333,-/ha karena pendapatan bersih dari penerimaan timah sebesar Rp21.166.667,-/ha dan dikurangi dengan pemulihan lahan Rp. 40.995.000,-/ha (Tabel 7).

Tabel 6. Perkiraan biaya reklamasi tailing timah dominan pasir per hektar lahan

No.	Jenis pekerjaan	Dosis	Volume		Harga/ satuan (Rp)	Nilai (Rp)
				satuan		
1	Leveling lahan dengan bulldozer		15	jam	500.000	7.500.000
2	Pembuatan lubang tanam 50 cm × 50 cm × 50 cm, jarak tanam 4 × 4 m		625	lubang	5.000	3.125.000
3	Tanah mineral	0.125 m ³ /lubang	78	m ³	115.000	8.970.000
4	Pupuk kandang	10 kg /lubang	6.250	kg	1.000	6.250.000
5	Legum penutup tanah	35 kg/ha	35	kg	60.000	2.100.000
6	Pupuk NPK bagi legum penutup tanah	200 kg/ha	200	kg	6.000	1.200.000
7	Kompos bagi legum penutup tanah	5 ton/ha	5.000	kg	1.250	6.250.000
8	Sabut kelapa	5–8 potong/lubang	2	truk	300.000	600.000
9	Upah kerja pengisian lubang tanam, pemupukan, penanaman legum, dan pemasangan sabut kelapa		50	orang hari	100.000	5.000.000
Jumlah						40,995,000

Keterangan:

Biaya leveling lahan dapat lebih tinggi tergantung jarak lokasi dengan pemilik bulldozer. Terdapat minimal jumlah jam pakai bulldozer dan masih dikenakan biaya pemindahan bulldozer dengan tronton yang dihitung setiap km pemindahan. Demikian juga harga tanah mineral yang umumnya 3 m³/truk akan tergantung dengan jarak lokasi dengan sumber tanah mineral, dan sabut kelapa. Perkiraan ini disusun berdasarkan pengalaman penulis pertama pada pelaksanaan penelitian revegetasi di lahan pasca tambang timah di Bangka sebelumnya.

Tabel 7. Pendapatan dari penambangan timah, biaya pemulihan lahan, dan penerimaan lingkungan per hektar lahan yang dialihfungsikan dari hutan lindung, kebun lada, dan kebun karet

No.	Uraian	Nilai pengalihan fungsi lahan (Rp.)/ha lahan		
		Hutan lindung	Kebun Lada	Kebun Karet
1	Pendapatan dari timah	21.166.667	76.537.500	4.684.286
2	Pemulihan lahan	40.995.000	40.995.000	40.995.000
3	Penerimaan lingkungan	-19.828.333	35.542.500	-36.310.714

Sumber: diolah dari data primer

Demikian juga pengalihan fungsi lahan kebun karet di Desa Bencah negatif Rp36.310.714,-/ha, sementara pendapatan lingkungan positif hanya pada pengalihan lahan kebun lada di Desa Silip, yakni sebesar Rp35.542.500,-/ha. Besarnya nilai negatif pendapatan lingkungan akibat pengalihan lahan hutan lindung dan kebun karet besar kemungkinan dapat lebih besar lagi, atau kemungkinan berkurangnya pendapatan lingkungan positif pada pengalihan lahan kebun lada, karena beberapa hal: tingkat kerusakan, jarak antara sumber alat berat terhadap lokasi, jarak antara bahan yang digunakan bagi pemulihan lahan dengan lokasi, luas lahan yang hendak dipulihkan, dan ketersediaan tenaga kerja. Kerugian akibat pengalihan lahan hutan lindung yang belum terilai adalah fungsi lahan dalam hidrologi, habitat flora dan fauna, fungsi hutan sebagai penyerap CO₂, jasa lingkungan seperti keindahan bukit bagi penduduk setempat dan wisatawan lokal, dan produk hutan yang dapat dimanfaatkan penduduk lokal untuk jangka waktu yang lama seperti: kayu bakar, kayu untuk bangunan, burung dan binatang yang dapat dipelihara dan diburu, dan tanaman obat dan rempah. Demikian juga pendapatan yang positif dari pengalihan fungsi lahan di kebun lada dapat berkurang karena beberapa hal, seperti: kerugian penambangan karena salah memperkirakan cadangan timah, dan lebih besarnya biaya pemulihan lahan.

Pembahasan pendapatan lingkungan ini tidak akan memberi arti banyak selama dana pemulihan lahan tidak mencukupi, atau jauh tidak mencukupi, atau tidak ada. Dana pemulihan lahan, yang dikenal dengan nama dana reklamasi, ditetapkan bagi perusahaan tambang pemegang kuasa penambangan (KP) saat ini yakni sebesar Rp7.500.000,-/ha. Dana sebesar itu, yang terus mengalami kenaikan sejak revegetasi dilakukan 1992 (PT Tambang Timah 2001), meliputi dana perataan lahan, penggalian lubang tanam, pemberian tanah pucuk (*top soil*), pengadaan bibit dan pupuk, penanaman pohon keras dengan jarak tanam standar 4 m × 4 m atau 625 batang/ha, dan perawatan pohon selama 1 tahun sejak ditanam.

Besarnya pemulihan lahan dan tidak menentunya penerimaan dari penambangan timah, menyebabkan penambangan timah berpotensi menampilkan kerugian pada neraca ekologi. Koordinasi penambangan tampaknya akan lebih memperkecil kerugian dan meningkatkan efisiensi penggunaan dana terutama biaya produksi penambangan, dimulai dari pemilihan lokasi dan pengeboran untuk menduga cadangan yang ada. Bagi pemodal kecil, *trial and error* dan pengeboran yang sederhana berpeluang besar bagi peningkatan luas dan wilayah lahan terganggu

yang ditinggalkan begitu saja karena tidak memiliki cadangan timah yang berarti atau hasil penggalian tidak menguntungkan. Pemanfaatan lahan yang lebih efisien memperkecil peluang ditinggalkannya sebidang lahan yang akan ditambang ulang di kemudian hari sehingga mengganggu reklamasi dan revegetasi. Adalah dihindari penambangan ulang di lahan yang telah direvegetasi seperti telah terjadi sampai sekarang (Bangka Pos, 2004; 2002c). Himbuan ini tentunya tidak mudah manakala menyangkut besarnya cadangan timah dan terutama harga timah dunia. Cadangan yang dinilai tidak ekonomis di suatu waktu, akan menjadi ekonomis di waktu lain manakala harga timah meningkat dan menguntungkan untuk ditambang. Penataan penambangan adalah sebuah tantangan mengingat ketidaksamaan pemahaman akan berbagai peraturan pemerintah akan kedudukan pasir timah dalam golongan bahan tambang, pemahaman dan perbaikan pembagian hasil tambang antara pusat, provinsi dan kabupaten/kota, terkait dengan kontribusi bagi pembangunan daerah terkait otonomi daerah, dan pemahaman pemanfaatan sumber daya alam bagi semua rakyat, serta penegakan peraturan yang telah ada.

Pengalihan fungsi lahan hutan lindung, kebun lada, dan kebun karet menjadi lahan tambang timah meningkatkan pendapatan pelaku tambang inkonvensional dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun kontribusi penerimaan timah 89–95% dari total pendapatan per bulan, peningkatan kesejahteraan itu adalah semu. Keuntungan yang diperoleh dalam waktu singkat hanya dipetik sekali saja dan mengabaikan biaya pemulihan lahan. Keuntungan yang sama per hektar per bulan dapat dipenuhi dengan keuntungan bertani masing-masing selama 10,8 tahun dari berkebun lada, dan 3,2 tahun dari berkebun karet. Jika biaya pemulihan lahan pascatambang dibebankan kepada penambang, hanya pengalihan lahan di kebun lada yang menguntungkan.

Penataan penambangan TI disarankan perlu terus disempurnakan demi peningkatan efisiensi pemanfaatan lahan, sejak dari survei, pengeboran, pelaksanaan, dan pemulihan lahan pascatambang. Sementara itu pula terus ditingkatkan pemahaman bersama di antara pejabat pemerintah pusat, provinsi dan kabupaten/kota akan neraca ekologi penambangan timah bagi pembangunan ekonomi dan kesejahteraan masyarakat yang lebih luas untuk jangka waktu yang berkesinambungan. Pemahaman bersama itu diharapkan bermuara pada peningkatan koordinasi, penerbitan produk hukum, dan penegakan hukum.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional dari Proyek Hibah Bersaing XV Tahun Ke-1 dengan nomor kontrak SP2H 092/SP2H/PP/DP2M/III/2007. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Bangka Belitung yang memfasilitasi penelitian ini. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Kessy, Robika, Roni, Kusmah, Wistaria, Wistria, Bapak Yudi Sapta Pranoto, S.P., Bapak Indra Ambalika, S.Pi., dan Bapak Sugeng Siswanto, S.P. yang membantu di lapangan.

KEPUSTAKAAN

- Abdel-Fattah GM, Fatma F, Migahed, dan Ibrahim AH, 2002. Interactive Effects on Endomycorrhizal Fungus *Glomus etunicatum* and Phosphorous Fertilization on Growth and Metabolic Activities of Broad Bean Plants under Drought Stress Conditions. *Pakistan Journal of Biological Sciences* 5(8): 835–41.
- Andersen AN, Sparling GP, 1997. Ants as Indicators of Restoration Success: Relationship with Soil Microbial Biomass in the Australian Seasonal Tropics. *Rest. Ecol.* 5: 109–114.
- Bangka Dalam Angka, 2005. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos Online, 2007. Dikunjungi 10 November 2007
- Bangka Pos, 2004. 65 Persen Reklamasi PT Timah Rusak Berat. *Bangka Pos* 19 Maret 2004.
- Bangka Pos, 14 Desember 2002a. PT Timah Tbk. Desak Pemprov Bikin Perda TI. <http://www.bangkapos.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=6806>. *Bangka Pos* [visited April 12, 2003].
- Bangka Pos 31, Desember 2002b. Tindak Lanjut Temuan BPD Kelabat, Tripika Turun ke Lokasi. <http://www.bangkapos.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=7211>. *Bangka Pos* [visited April 12, 2003].
- Bangka Pos, 3 April 2002c. TI Porakporandakan Areal Reklamasi Pantai Rebo. <http://www.bangkapos.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1561>. *Bangka Pos* [visited April 12, 2003].
- Gadermann JW dan Nicolson TH, 1963. Spores of *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46: 235–244.
- Gali-Gali, 2001. Awasi! Bangka Terancam Petaka Lingkungan. <http://www.jatam.org/indonesia/newsletter/uploaded/gg20.html#gb>. GALI-GALI [visited April 12, 2003].
- Hernanto F, 1998. Ilmu Usaha Tani. Bogor: Jurusan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian, IPB.
- Hopkin SP, 1997. Biology of the Springtails (Insecta: Collembola). Oxford: Oxford University Press.
- Kecamatan Air Gegas Dalam Angka, 2006. Pemerintah Kabupaten Bangka Selatan.
- Kompas, 2007. Permendag No 02/2007 Ekspor pasir dan tanah dilarang. 24 Januari 2007 hal. 3.
- Kusmana C, 1997. Metode survey vegetasi. PT Penerbit IPB, Bogor.
- Metro Bangka Belitung, 2007a. Pertambangan Kontribusi Terbesar PDRB. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung, 2007b. Pemberlakuan Permendag No. 19/2007 Daerah lain yang makan nangka Babel kena getahnya. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/Agustus 2007 hal. 3.
- Mueller-Dumbois D dan Ellenberg H, 1974. Aims and methods of vegetation ecology. John Wiley & Sons, New York.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, dan Setiadi Y, 2007a. Succession on Tin-mined Land in Bangka Island in *The Seventh International Flora Malesiana Symposium*, 17–22 June 2007, Leiden, the Netherlands.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y, dan Mardatin NF, 2007b. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Suksepsi Lahan Pascatambang Timah di Bangka pada *Kongres Mikoriza Indonesia II "Percepatan Sosialisasi Teknologi Mikoriza untuk Mendukung Revitalisasi Kehutanan, Pertanian dan Perkebunan"*, Bogor, 17–21 Juli 2007.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, dan Setiadi Y, 2007c. Potensi *Collembola* sebagai Indikator Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia* 9(2): 113–123.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, dan Setiadi Y, 2007d. Revegetasi Tailing Timah dengan Beragam Jenis Pohon Lokal di Pulau Bangka (unpublished).
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, dan Setiadi Y, 2007e. Sabut Kelapa sebagai Mulsa pada Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Eugenia* 13(4): 366–82.
- Odum EP, 1971. Fundamentals of Ecology. 3rd ed. Philadelphia, WB Saunders Co.
- PT Tambang Timah, 2001. Daftar lokasi reklamasi/revegetasi paket tahun 1992 s/d tahun 2000. Lingkungan Hidup – K3LH PT Tambang Timah.
- Rodriguez H dan Fraga R, 1999. Phosphate Solubilizing Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion. *Biotechnology Advances* 17: 319–39.
- Schenck NC dan Perez Y, 1988. *Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi*, 2nd ed. Gainesville: International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi.
- Soerianegara I dan Indrawan A, 1998. Ekologi Hutan Indonesia. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.

- Suhardjono YS, 2004. Materi Pelatihan Identifikasi dan Penanganan Spesimen Collembola. Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Puslit Biologi – LIPI (*unpublished*).
- Susilo FX, Gafur A, Utomo M, Evizal R, Murwani S, dan Swibawa IG. (eds.) 2004. Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity. Universitas Lampung.
- Zulkarnain I, Erman E, Pudjiastuti TN, dan Mulyaningsih Y, 2005. Konflik di Kawasan Pertambangan Timah Bangka Belitung: Persoalan dan Alternatif Solusi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Reviewer: **Prof. Jusuf Subagjo**