

**LAPORAN PENELITIAN HIBAH BERSAING
(Laporan Akhir)**



**KAJIAN MANFAAT SOSIAL EKONOMI PENAMBANGAN TIMAH
INKONVENSIONAL DAN KERUSAKAN LINGKUNGAN DAN
KEANEKARAGAMAN HAYATI
YANG DITIMBULKANNYA DI PULAU BANGKA**

Oleh:

**Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.
Fournita Agustina, SP., M.Si.
Aldino Akbar, S.Pi.**

**UNIVERSITAS BANGKA BELITUNG
Januari 2009**

HALAMAN PENGESAHAN LAPORAN AKHIR

1. Judul Penelitian : Kajian Manfaat Sosial Ekonomi Penambangan Timah Inkonvensional dan Kerusakan Lingkungan dan Keanekaragaman Hayati yang Ditimbulkannya di Pulau Bangka
2. Ketua Peneliti
 - a. Nama Lengkap : Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.
 - b. Jenis Kelamin : L
 - c. NIP : -
 - d. Jabatan Fungsional : Asisten Ahli
 - e. Jabatan struktural : ---
 - f. Bidang Keahlian : Reklamasi lahan pasca tambang
 - g. Fakultas / Jurusan : Pertanian, Perikanan dan Biologi
 - h. Perguruan Tinggi : Universitas Bangka Belitung (dh. STIPER Bangka)
 - i. Tim Peneliti :

No	Nama	Bidang Keahlian	Fakultas / Jurusan	Perguruan Tinggi
1	Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.	Reklamasi lahan pasca tambang	Prodi Biologi, Fak. Pertanian Perikanan Biologi	Universitas Bangka Belitung
2	Fourmita Agustina, SP., M.Si.	Komunikasi pembangunan	Prodi Agribisnis Fak. Pertanian Perikanan Biologi	Universitas Bangka Belitung
3	Aldino Akbar, SPI.	Pemantauan terumbu karang	Prodi Perikanan, Fak. Pertanian Perikanan Biologi	Universitas Bangka Belitung

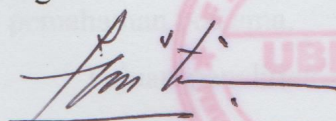
3. Pendanaan dan jangka waktu penelitian
 - a. Jangka waktu penelitian yang diusulkan : 2 tahun
 - b. Biaya total yang diusulkan : Rp. 67,819,000,-
 - c. Biaya total yang disetujui : Rp. 77.440.000,-

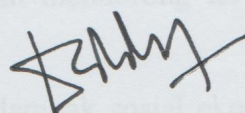
Pangkalpinang, Januari 2009

Mengetahui:

Ketua Peneliti,

Dekan Fakultas Pertanian, Perikanan Biologi


Iwan Setiawan, SP., M.Si.



Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.

Menyetujui,
Kepala Lembaga Penelitian dan Pengabdian pada Masyarakat


Nyayu Siti Khodijah, SP., M.Si.

RINGKASAN

Di samping menyebabkan terbentuknya lahan terganggu dan menurunkan keanekaragaman hayati, penambangan timah menyerap tenaga kerja dan memberi kontribusi berarti pada total ekspor Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

Pemahaman yang tidak sama akan pengelolaan sumber daya alam secara berkelanjutan dan tata niaga pertimahan di antara *stake holder* sering memunculkan konflik dan karenanya disarankan perlunya membangun *political will* di antara ketiga level pemerintahan pusat, provinsi dan kabupaten / kota, dan kerjasama antara pemegang kuasa penambangan dan pemerintah. Kajian tentang pengalihan lahan di ekosistem pantai dan perairan pantai menjadi lahan tahan tambang timah oleh pihak independen diharapkan mendorong terwujudnya *political will* para *stake holder*. Kajian ini belum pernah dilaporkan sebelumnya.

Data primer sosial ekonomi diperoleh dari wawancara langsung secara terpilih (*purposive sampling*) terutama dengan pemilik tambang inkonvensional (TI) di Lubuk Kelik, petani lada di Desa Silip, petani karet di Desa Bencah, pemilik dan karyawan TI apung. Digali faktor-faktor yang mempengaruhi masyarakat memilih TI darat dan TI apung sebagai mata pencaharian, perubahan status sosial, dan akses lainnya. Data lingkungan meliputi sifat fisika dan kimia tanah, vegetasi, mikrob dan mesofauna tanah, kualitas perairan, dan komunitas terumbu karang.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan pertanian dan perairan pantai menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet dan ikan, persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani dan cepat diperoleh, biaya sarana produksi pertanian tinggi, kesulitan memperoleh bahan bakar minyak (BBM), and tidak adanya sanksi tegas dari Pemda.

Pendapatan dari penambangan timah memberi kontribusi signifikan terhadap pendapatan keluarga per bulan, yakni 93.4% atau senilai Rp.21.166.667,- di Lubuk Kelik atau 95.1% atau senilai Rp.76.537.500,- di Desa Silip, dan 89.1% atau senilai Rp.4.684.286,- di Desa Bencah. Penghasilan bersih nelayan senilai Rp. 2.285.333,-/orang/bulan atau 36,5% dan 78,8% lebih rendah masing-masing dari penghasilan bersih pencuci timah dan penyelam timah dengan asumsi harga timah rata-rata Rp.35.000,-/kg. Penghasilan TI dipergunakan untuk perbaikan rumah atau pembangunan rumah baru, untuk pendidikan anak, dan barang konsumtif.

Aktivitas penambangan timah secara umum di ekosistem darat meningkatkan komponen pasir lebih dari 30% pasir, menurunnya komponen liat dan debu, kandungan bahan organik C dan N, P dan K total, total kation dapat ditukar berkurang berkisar 50 – 90%, dan kapasitas tukar kation berkurang antara 50 – 80%. Pengalihan fungsi lahan menyebabkan penurunan kelembaban tanah sekitar 10%, kelembaban udara 10 – 20%, peningkatan temperatur tanah 2 – 10°C, serta peningkatan temperatur udara sekitar 6 – 9°C. Pada ekosistem pantai Bubus, penambangan meningkatkan komponen pasir meningkat, hal berbeda tercatat pada Pantai Rebo. Prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan antara lapisan yang belum ditambang dan yang sudah ditambang diduga menyebabkan komponen pasir, jumlah jenis dan jumlah suku tumbuhan di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI meningkat. Intensitas penambangan di Pantai Bubus

yang lebih tinggi dibandingkan di Pantai Rebo menyebabkan pengaruh penambangan terhadap kualitas tanah lebih terlihat jelas.

Pengalihan fungsi lahan menyebabkan penurunan keanekaragaman jenis vegetasi mencapai separuh. Total individu untuk semua stadium pertumbuhan berkurang sampai 75% saat dialihfungsikan. Pengalihan fungsi lahan juga mengakibatkan populasi fungi mikoriza arbuskula dan mikroba pelarut fosfat berkurang. Populasi semut dan *Collembola* menurun 60 – 70%. Penurunan komposisi vegetasi pantai dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus dibandingkan di Pantai Rebo. Perairan pantai yang tidak terganggu memiliki kecerahan dan salinitas lebih tinggi. Intensitas penambangan yang lebih tinggi di perairan Pantai Bubus diduga sebagai penyebab lebih rendahnya jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton, dan prosentase penutupan karang dibandingkan parameter yang sama di perairan Pantai Rebo.

Pengalihan fungsi lahan pertanian dan perairan pantai menjadi lahan tambang timah meningkatkan pendapatan pekerja TI dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu, yakni keuntungan besar yang dipetik sekali atau dalam kurun waktu pendek belum memperhitungkan waktu dan biaya pemulihan lingkungan.

Pendapatan timah dari pengalihan kebun lada setara dengan keuntungan penanaman lada selama 10.8 tahun, dan penanaman karet selama 3.2 tahun. Pendapatan TI di lingkungan pantai dan perairan pantai selama enam bulan setara dengan pendapatan bersih nelayan selama setahun. Pendapatan timah belum memperhitungkan biaya pemulihan terumbu karang antara sekitar 40 juta – 1 milyar rupiah per hektar dan waktu pemulihan yang mencapai 25 tahun. Jika biaya pemulihan lahan pasca tambang dibebankan, penambangan TI akan merugi. Kerugian pengalihan lahan belum mengikutsertakan adalah fungsi lahan secara hidrologi, ekologi, dan jasa lingkungan.

Koordinasi penataan penambangan TI disarankan perlu terus dikembangkan sehingga efisiensi pemanfaatan lahan dan pemulihan lahan pasca tambang dapat diberlakukan. 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 secara berkesinambungan. Pemahaman bersama itu diharapkan dilanjutkan dengan dalam penerbitan produk hukum dan penegakan hukum.

SUMMARY

While causes disturbed lands and decreases biodiversity, tin mining also provides many jobs and significantly contributes to total export of the Province of Bangka Belitung Islands.

The different understanding on sustainable resources management and on tin trading regulation among stake holders often cause conflict and therefore it is expected the need to build political will among three government levels i.e. national, provincial, and regency / municipal ones, and cooperation between companies and local governments. The study on land function alteration on coastal ecosystems to tin mining areas by an independent body is an effort to support political will among all stake holders. This kind of study has not been carried out so far.

Primary socio economic data were gathered from direct interview based on purposive sampling method especially towards the unconventional tin mining owner at Lubuk Kelik, pepper farmer at Silip Village, rubber farmer at Bencah Village, and the employees of floating non conventional tin mining. Factors affected people to choose mining sector as earn of living, social status alteration, and other excess are studied. Environmental data are soil physical and chemical analysis, vegetation analysis, microbe and mesofauna population, water quality, and coral reef condition.

Factors that influenced some farmers and fishermen to alter their profession as tin miners are the low price of pepper, rubber and fish, the perception that the income from tin mining is quicker to get and more beneficial than farming or fishing, high production cost in agriculture and fishing, and there is no firm sanction from the government.

The tin mining income provides significant contribution towards family income per month, i.e. 93.4% equals Rp.21.166.667,- at Lubuk Kelik, 95.1% equals Rp.76.537.500,- at Silip Village, and 89.1% equals Rp.4.684.286,- at Bencah Village. Net income of fishermen is Rp. 2.285.333,-/person/month or 36.5% and 78.8% lower of net income of tin washer and tin divers respectively based on the tin price at Rp. 35,000,-/kg. The tin revenue is used to upgrade old wooden houses or build new ones, spending in education and consumptive goods.

Tin mining activity generally increased sand component more than 30% and reduced its silt and clay, organic C and N, total P and K, the significant reduction of total concentration of exchangeable cations Ca, Mg, K, and Na about 50% – 90%, and the reduction of cation exchange capacity between 50 – 80%. Land function alteration decreases soil humidity around 10%, air humidity 10 – 20%, and increases soil temperature 2 – 10°C, and air temperature around 6 – 9°C. Different mining procedures and mixed unmined and mined soils probably increase sand component, and the number of plant species and families at Rebo Beach. Higher mining intensity on Bubus Beach than Rebo Beach causes the mining impact is clearly recorded. Tin mining decreases organic-C concentration, total K, and cation exchanging capacity.

Land function alteration to tin mining areas reduces vegetation diversity into half. Total individual for all growth stadia decreases up to 75% when land is altered. Land function alteration decreases arbuscular mycorrhizal fungi and phosphate solubilizing microorganism population. Ant and *Collembola* population drop 60 –

70%. Coastal vegetation composition highly decreases at Bubus Beach than Rebo Beach. Undisturbed coastal environment show lower turbidity and higher salinity compared to disturbed one. Higher mining intensity on Bubus Beach is predicted to be the cause of the low number of species and abundance of phytoplankton, and the percentages of live coral coverage are compared to those on disturbed Rebo Beach.

Land function alteration of agriculture and coastal water to mining areas significantly increases miners' income and in short time. The welfare improvement, however, is unreal as the income is collected in one time or in a short period of time, and does not calculate environment recovery.

Tin mining income from pepper land function changing is equivalent to 10.8 years income in pepper plantation, and equivalent to 3.2 years in rubber plantation. The income excludes the budget to recover coral reef which costs 40 million – 1 billion rupiahs per hectare in 25 years. If recovery budget is spent by miners, they will loss. The loss of land function alteration does not include hidrology, ecological values, and environmental services.

Unconventional tin mining coordination is expected to be improved in order to have more efficiency in land use and land recovery. At the same time, the same understanding of all level government levels towards ecological balance on tin mining for sustainable economic and people welfare needs to be enhanced. The same understanding should be followed by the ever improvement coordination in order to produce laws and law enforcement.

PRAKATA

Dengan mengucapkan puji dan syukur kepada Tuhan yang mahakuasa, penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya atas kepercayaan yang diberikan oleh Direktorat Penelitian dan Pengabdian kepada Masyarakat, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Departemen Pendidikan Nasional yang telah membiayai penelitian Hibah Bersaing XV selama dua tahun. Tahun ke pertama ditetapkan dengan nomor kontrak No. SP2H 092/SP2H/PP/DP2M/III/2007 dan tahun ke dua atau terakhir ditetapkan dengan nomor kontrak No. SP2H 086/SP2H/PP/DP2M/III/2008.

Kepercayaan ini memungkinkan tim penulis mengkaji neraca ekologi penambangan timah secara utuh, yakni di ekosistem darat dan ekosistem pantai dan perairan pantai di Pulau Bangka. Dengan penelitian ini pula, tim penulis mendapat kesempatan menggali permasalahan dari berbagai sumber dan bertukar pengalaman dengan peneliti senior yang memiliki minat penelitian serupa.

Penulis juga menyampaikan penghargaan kepada Kepala LPPM Universitas Bangka Belitung dan staf, pimpinan dan staf pengajar di Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi Universitas Bangka Belitung – institusi pendidikan baru dimana STIPER Bangka telah bergabung – atas dukungan semangat dan kemudahan yang diberikan sehingga penelitian ini berjalan lancar.

Penulis tidak lupa mengucapkan terima kasih kepada Bapak Dr. Ir. Yadi Setiadi, M.Sc. beserta staf di Laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, Pusat Penelitian Sumberdaya Hayati dan Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, yang berkenan memberikan pengarahan dan kemudahan dalam penelitian di laboratorium IPB pada penelitian tahun pertama.

Akhirnya, penulis berharap mendapat kritik dan masukan dari pembaca demi perbaikan dan peningkatan penelitian di bidang revegetasi lahan pasca tambang.

Penulis

BAB I. PENDAHULUAN

Pulau Bangka adalah pulau penghasil timah terbesar di Indonesia. Dampak utama penambangan timah adalah terbentuknya lahan terganggu, rusaknya bentang alam, habitat alami dan keanekaragaman hayati, serta timbulnya polusi. Di lain pihak, penambangan timah inkonvensional (TI) menyerap tenaga kerja yang tinggi, berperan penting dalam perputaran *cash flow* yang mencapai 40 milyar rupiah per hari, dan memberi kontribusi berarti pada total ekspor provinsi (Zulkarnain *et al.* 2005). Penambangan semakin menarik karena harga timah mencapai US\$23.400 per metrik ton (Bangka Pos 26 Juni 2008), yang diduga karena tingginya permintaan timah di Cina dan kebutuhan timah dari pabrik tinsplate di India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008). Nilai ekspor timah Indonesia sampai bulan Oktober 2007 mencapai US\$ 1 milyar (Media Indonesia 2007).

Kerusakan lingkungan akibat penambangan timah sudah menarik kepedulian banyak pihak termasuk pemerintah pusat. Berbagai seminar dari berbagai penyelenggara, baik bersifat multi pihak terbatas maupun meliputi segala komponen *stake holders* telah dilaksanakan beberapa tahun terakhir. Provinsi menjadi *pilot project* rehabilitasi lahan tingkat nasional (Bangka Pos Maret 2006). Khususnya di ekosistem pantai dan perairan pantai, dampak penambangan timah diperkirakan semakin meningkat terkait rencana peningkatan produksi timah lepas pantai PT Timah (Persero) Tbk. dari sekitar 10 ribu ton menjadi 20 ribu ton sampai akhir tahun 2009 (<http://www.itri.co.uk> dikunjungi 25 Juni 2008).

Pengelolaan sumber daya alam lebih berorientasi pada tujuan ekonomi jangka pendek dan lemahnya aspek perlindungan lingkungan, berpotensi memunculkan konflik antara perusahaan, masyarakat dan pemerintah (Zulkarnain *et al.* 2005). Kesimpulan beberapa seminar tentang pengelolaan konflik, dan penelitian Zulkarnain *et al.* (2005) terutama menyebut perlunya membangun *political will* ketiga level pemerintahan, dan kerjasama antara pemegang kuasa penambangan dan pemerintah kabupaten / kota.

Salah satu cara mendorong terwujudnya *political will* adalah menyajikan kajian ilmiah di hadapan para *stake holder*, terutama kepada ketiga level pemerintahan,

akan perbandingan dampak sosial ekonomi tambang TI dengan kerusakan lingkungan dan keanekaragaman hayati yang ditimbulkannya. Pengalihan lahan budidaya lada dan kebun karet rakyat menjadi lahan tambang timah di ekosistem darat, dan pengalihan sebagian ekosistem pantai dan lepas pantai menjadi lahan tambang timah di ekosistem pantai dan lepas pantai diharapkan menjadi salah satu gambaran terutama perlunya ketepatan peruntukan lahan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Kajian ilmiah menampilkan neraca ekologi ini sejauh ini belum pernah dilakukan.

Pemahaman bersama yang dibangun dan rekomendasi akhir yang muncul di setiap seminar dan diskusi tampaknya kurang efektif menata penambangan timah. Kegiatan penambangan timah benar-benar melibatkan berbagai lapisan masyarakat apalagi lada tidak lagi menjadi andalan karena harga jualnya yang rendah, sekitar Rp. 20.000,- /kg sejak beberapa tahun terakhir ini, yang pada kuartal terakhir 2007 mengalami peningkatan mencapai sekitar Rp. 41.000,- /kg (Metro Bangka Belitung Agustus 2007a). Kegiatan penambangan TI ini memberikan dampak ekonomi yang luar biasa dan meningkatkan daya beli masyarakat. Hasil penelitian terakhir (Zulkarnain *et al.* 2005) menyebutkan bahwa *cash flow* kegiatan TI saja mencapai lebih dari 40 milyar rupiah per hari. Sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi terbesar bagi produk domestik regional bruto (PDRB) 24,82% (Metro Bangka Belitung Agustus 2007b).

Pentingnya komitmen para *stake holder* terutama Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten dan Kota bagi keberhasilan penataan kegiatan penambangan timah secara berkelanjutan dan lingkungan sebenarnya sudah sejak lama dipahami. Permasalahan penting dan krusial yang muncul adalah bagaimana membangun *political will* di antara ketiga level pemerintahan sehingga mau bersama-sama duduk dan berbicara membahas penataan dan pengelolaan penambangan timah secara berkelanjutan. Dipercaya bahwa kajian ilmiah oleh pihak independen akan perbandingan dampak sosial dan dampak ekonomi pengalihan lahan di ekosistem darat dan ekosistem pantai dan lepas pantai menjadi lahan TI akan mendorong terwujudnya pemahaman bersama dan munculnya aksi nyata. Kajian ini belum pernah dilakukan.

BAB II. TINJAUAN PUSTAKA

Bangka yang memiliki luas 1.16 juta ha (PPTA 1996), terutama terdiri atas dataran rendah dengan beberapa bukit dengan perbedaan iklim yang kecil (Faber 1956) dan memiliki tipe iklim Af (PT Timah Tbk 1997). Bangka terletak pada 2° 20' – 3° 20' LU and 107° 15' – 108° 45' BT (Widagdo *et al.* 1990), sebelah Timur dari pulau Sumatera bagian Selatan. Curah hujan rata-rata per tahun dalam sembilan tahun terakhir adalah 2,408 mm dengan jumlah hari hujan per tahun 200 mm, dengan musim kemarau antara Mei – Oktober (Stasiun Meteorologi Pangkalpinang 2006). Rata-rata temperatur udara dalam sembilan tahun terakhir adalah 26.8°C (23.8 °C – 31.5°C). Rata-rata intensitas penyinaran matahari pada tahun 2007 antara 30,0 – 70,4% dan tekanan udara antara 1008,1 – 1010,8 mb (Bangka Dalam Angka 2007).

Kebutuhan masyarakat menyebabkan pengambilan keputusan terkait pemanfaatan sumber daya alam menjadi sulit (Christie *et al.* 2006). Berbagai teknik penilaian lingkungan memberikan bukti yang bermanfaat untuk mendukung beberapa kebijakan dengan perhitungan nilai ekonomi yang dikaitkan dengan perlindungan sumber daya alam. Secara umum, peran metode penilaian lingkungan dalam penyusunan kebijakan berangsur-angsur diakui oleh pengambil kebijakan (Christie *et al.* 2006).

Dampak lingkungan

Jumlah lahan marjinal di Pulau Bangka semakin bertambah terutama akibat kegiatan penambangan timah. Penambangan timah ilegal dilaporkan mencapai 20% di Pulau Bangka dan mendapat publikasi negatif karena merusak lingkungan (Anonim 2002a, 2002b, 2002c, Suara Pembaruan 2004), termasuk di area yang telah direklamasi dan menyebabkan banjir (Anonim 2001). Kegiatan penambangan timah menyebabkan menyebabkan terjadinya perubahan dan kerusakan bentang alam (Gambar 1), dan menurunnya daya dukung lingkungan dan keanekaragaman hayati. Penelitian tahun 1999 (PT Timah & Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya 2000) menunjukkan bahwa penambangan timah meninggalkan 544 *kolong* atau seluas 1.035 ha di Pulau Bangka. Angka ini tentunya berlipatganda mengingat semakin

meningkatnya penambangan ilegal sejak tahun 1999. Pengalihan fungsi lahan semakin meningkat karena harga timah yang tinggi, yang mencapai US\$ 16.000 / ton pada kuartal terakhir 2007. Luas areal penanaman lada yang tahun 1998 seluas 40.000 ha, saat ini hanya sekitar 18.000 ha dengan produktivitas yang lebih kecil (Metro Bangka Belitung Agustus 2007a). Demikian juga pengalihan areal karet menjadi lokasi penambangan timah.



Gambar 1. Penambangan rakyat (atas kiri: TI Darat; atas kanan: perahu TI Apung di perairan pantai); *Kolong* (tengah kiri); komunitas nipah terkena limbah tambang (tengah kanan); rumah penambang di area reklamasi (bawah kiri); penambangan di dekat kuburan (bawah kanan) (Sumber: Nurtjahya *et al.* 2007a; Tim 2008)

Dampak utama penambangan timah adalah terbentuknya lahan terganggu, rusaknya bentang alam, habitat alami dan 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) (Tabel 1). Menurunnya populasi bakteri pelarut fosfat di lahan pasca tambang timah di Singkep telah dilaporkan (Suciatmih 1998).

Tabel 1. Beberapa sifat fisika dan kimia tanah di Desa Sempan, Bangka

Tipe lahan	Kedalaman (cm)	Tekstur			Bahan organik			Nilai tukar kation (NH ₄ -Acetat 1N, pH7)				
		Pasir	Debu %	Liat	C	N %	C/N	Ca	Mg	K	Na	KTK cmolc/kg
Hutan	0 – 20	78	13	10	1,60	0,16	10	0,15	0,12	0,09	0,06	5,83
	20 -40	66	18	16	1,23	0,09	14	0,10	0,11	0,09	0,06	5,16
Tailing	0 – 20	94	4	3	0,29	0,02	15	0,09	0,05	0,01	0,06	0,86
	20 -40	95	3	2	0,29	0,02	15	0,19	0,06	0,01	0,01	0,87

Sumber: Nurtjahya *et al.* (2007a)

Menggantungkan pada suksesi alami untuk merestorasi tailing pasir timah tanpa campur tangan manusia membutuhkan waktu yang lama (Ang 1994), seperti diprediksi pemulihan lahan pasca penambangan timah di Pulau Singkep membutuhkan waktu 150 tahun (Elfis 1998). Penelitian serupa di Pulau Bangka menyimpulkan bahwa sekurang-kurangnya sampai dengan kelompok umur 25 - 50 tahun pasca tambang, regenerasi alami yang terjadi berjalan lambat dan masih jauh dari hutan dataran rendah yang semula ada (Nurtjahya *et al.* 2007a).

Masalah lingkungan sempat terhambat karena perusahaan pemegang kuasa penambangan (KP), yakni PT Timah Tbk. dan PT Koba Tin menghentikan program reklamasi sekitar tahun 2001 karena kegiatan TI merambah area revegetasi. Dilaporkan sekitar 65 persen area yang telah direklamasi oleh PT Tambang Timah menjadi rusak akibat penambangan ilegal (Bangka Pos 19 Maret 2004).

Dampak sosial ekonomi kegiatan TI

Sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi terbesar bagi produk domestik regional bruto (PDRB) 24,82% (Metro Bangka Belitung Agustus 2007b). PDRB tahun 2005 mencapai Rp. 12,77 trilyun yang meningkat dari tahun sebelumnya sebesar Rp. 10,58 trilyun. Jika dihitung atas dasar harga berlaku PDRB

per kapita tahun 2005 mencapai Rp. 12.233.857,- atau satu keluarga dengan dua orang anak rata-rata memiliki penghasilan sebesar Rp. 48,9 juta (Metro Bangka Belitung Agustus 2007b).

Persoalan-persoalan yang muncul akibat kegiatan TI adalah persoalan tenaga kerja dan ekonomi, di samping persoalan lingkungan. Kegiatan TI melibatkan banyak orang. Jumlah TI yang terdaftar di ASTIRA (Asosiasi Tambang Timah Rakyat) sekitar 14.450 unit, namun diperkirakan mencapai 18.000 unit. Berdasarkan perhitungan, penambangan TI menyerap sekitar 72.000 orang di lokasi penambangan, karyawan peleburan swasta, dan penambang skala kecil (TSK) yang merupakan mitra binaan perusahaan tambang pemegang kuasa penambangan (KP) yakni PT Timah (Persero) Tbk. dan PT Koba Tin. Jumlah orang akan berlipat sepuluh kali lebih besar lagi jika memperhitungkan penyedia BBM, logistik, peralatan dan suku cadang, alat berat, transportasi, dan keamanan) (Zulkarnain *et al.* 2005). Peredaran uang sangat likuid dan perputaran *cash flow* oleh kegiatan TI mencapai lebih dari 40 milyar rupiah sehari (Zulkarnain *et al.* 2005).

Tata niaga pertimahan yang belum dipahami bersama seperti Peraturan Menperdag No. 04/2007 tentang Pengaturan Ekspor Timah Batangan (Kompas 24 Januari 2007), dan Peraturan Menperdag No. 19/2007 tentang perdagangan bijih timah antar pulau (Metro Bangka Belitung Agustus 2007c) sering memunculkan berbagai konflik. Konflik yang terjadi pada akhirnya memberi dampak negatif bagi rakyat dan pelaku timah yakni lesunya perekonomian provinsi, seperti peristiwa yang dikenal dengan Oktober Kelabu (Metro Bangka Belitung Agustus 2007d).

Penyelesaian alternatif yang ditawarkan (Zulkarnain *et al.* 2005) untuk mengelola konflik timah di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung ini antara lain membangun *political will* dari ketiga level pemerintahan (Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten / Kota), membangun *political will* perusahaan pemegang KP dari Pemerintah Pusat untuk bekerjasama dengan Pemerintah Kabupaten / Kota, dan penataan ulang konsep dan mekanisme penambangan TI oleh perusahaan, Pemerintah Kabupaten / Kota, dan pihak independen. *Political will* dibangun dengan pemahaman terhadap kajian ilmiah akan perbandingan antara dampak sosial ekonomi kegiatan TI dan dampaknya terhadap kerusakan lingkungan termasuk keragaman hayati (Zulkarnain *et al.* 2005).

BAB III. TUJUAN DAN MANFAAT PENELITIAN

Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian tahun pertama adalah untuk membandingkan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari kegiatan tambang inkonvensional (TI) di ekosistem darat dengan studi kasus pengalihan kebun lada, kebun karet, dan hutan lindung menjadi lahan penambangan timah. Penelitian tahun ke dua membandingkan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari kegiatan TI di ekosistem pantai dan perairan pantai.

Manfaat Penelitian

Kajian independen ini diharapkan menjadi salah satu tekanan untuk membangkitkan *political will* para *stake holder* penambangan timah khususnya di antara Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten / Kota, dan di antara Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten / Kota, perusahaan tambang, perusahaan smelter, penambang TI, dan pelaku timah lainnya untuk mengelola penambangan timah secara berkelanjutan di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.

BAB IV. METODE PENELITIAN

Fokus penelitian tahun pertama adalah ekosistem darat yakni sebidang kebun lada di Desa Silip ($01^{\circ} 42' 48,1''$ LS dan $105^{\circ} 52' 26,7''$ BT), Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka; sekitar 37 m dpl., sebidang kebun karet di Desa Bencah ($02^{\circ} 44' 25,0''$ LS dan $106^{\circ} 25' 27,6''$ BT), Kecamatan Air Gegas, Kabupaten Bangka Selatan; sekitar 41 m dpl., dan hutan lindung Lubuk Kelik ($01^{\circ} 54' 09,4''$ LS dan $106^{\circ} 05' 46,9''$ BT), Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka; sekitar 54 m dpl. (Gambar 2). Fokus penelitian tahun kedua adalah ekosistem pantai dan perairan pantai di Pantai Bubus ($01^{\circ} 31' 36,8''$ LS dan $105^{\circ} 46' 27,8''$ BT), Kecamatan Belinyu, Kabupaten Bangka, dan Pantai Rebo ($01^{\circ} 55' 57,4''$ LS dan $106^{\circ} 12' 58,6''$ BT), Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka. Kedua lokasi penelitian adalah lokasi operasi kapal keruk milik PT Timah (Persero) Tbk., dan ratusan perahu dan rakit TI apung.

Lingkungan sosial, ekonomi dan budaya

Hutan lindung Lubuk Kelik termasuk lingkungan Lubuk Kelik dengan luas 43 km^2 dan didiami oleh 19.674 jiwa. Desa Silip dengan luas 59 km^2 didiami oleh 2.700 jiwa (Bangka Dalam Angka 2005). Desa Bencah dengan luas 80 km^2 didiami oleh 5.601 jiwa (Kecamatan Air Gegas Dalam Angka 2006). Prasarana perhubungan di wilayah studi adalah prasarana darat dan air, dengan transportasi darat merupakan moda yang paling banyak digunakan.

Penduduk kelurahan Parit Padang, Desa Silip, dan Desa Bencah adalah heterogen dan karena letak geografisnya pula, mata pencaharian penduduk bervariasi. Wilayah studi didiami oleh berbagai etnis: Melayu, Tionghoa, Madura, Flores, dan Jawa dengan mayoritas pemeluk agama Islam. Tiga jenis mata pencaharian terbesar di Lingkungan Lubuk Kelik adalah buruh/swasta (300 orang), pedagang (100 orang), dan PNS/TNI/Polri (58 orang); di Desa Silip adalah buruh tani (1.000 orang), petani/pekebun (300), dan buruh/swasta (200 orang); dan di Kecamatan Air Gegas adalah buruh/swasta (2.500 orang), petani/pekebun (245 orang), dan buruh tani (157 orang) (Bangka Dalam Angka 2005).



Gambar 2. Lokasi penelitian: lahan pasca penambangan timah di hutan lindung di Lubuk Kelik (atas kiri), kebun lada yang ditinggalkan dan lokasi tambang timah di latar belakang di Desa Silip (atas kanan), tailing timah dengan latar belakang kebun karet di Desa Bencah (tengah kiri), wawancara dengan penambang timah inkonvensional (tengah kanan), TI (Tambang Inkonvensional) apung di perairan Pantai Rebo (bawah kiri), sisa kerangka TI di Pantai Bubus (bawah kanan) (sumber: Tim 2007, 2008)

Pranata sosial di wilayah studi terdiri dari lembaga formal (LMD, PKK) dan lembaga non formal yang terbatas pada kegiatan adat dan keagamaan dengan kegiatan yang paling umum dilakukan adalah gotong royong untuk memelihara

kebersihan, usaha tani, dan sosial kemasyarakatan seperti membangun rumah, perkawinan, khitanan, melahirkan anak, dan kematian.

Prasarana pendidikan di tiga wilayah studi berbeda dengan Kelurahan Parit Padang, yang dekat dengan ibu kota Kabupaten, memiliki gedung TK (4), SD (12), SMP (2), SMA (5), dan PT (2); Desa Silip memiliki gedung SD (1), dan Desa Bencah memiliki gedung TK (1), dan SD (1) (Bangka Dalam Angka 2005). Rumah ibadah di Lingkungan Lubuk Kelik adalah mesjid (1), langgar (1), dan kelenteng (2); di Desa Silip adalah mesjid (3), dan langgar (2); dan Di Desa Bencah adalah mesjid (1), dan langgar (3) (Bangka Dalam Angka 2005, dan Data Primer).

Sarana dan prasarana kesehatan lebih memadai di Kelurahan Parit Padang dengan adanya rumah sakit jiwa (RSJ), Puskesmas pembantu, dan dokter yang praktek di Kelurahan tersebut, sementara sarana dan prasarana kesehatan di Desa Silip dan Desa Bencah sangat terbatas.

Pantai Rebo termasuk Kecamatan Sungailiat. Jumlah penduduk Kecamatan Sungailiat sebesar 67.779 jiwa, sedangkan Pantai Bubus termasuk Kecamatan Belinyu dengan jumlah penduduk 40.629 jiwa (Bangka Dalam Angka 2007). Wilayah studi didiami oleh berbagai etnis: Melayu, Tionghoa, Madura, Flores, dan Jawa dengan mayoritas pemeluk agama Islam (Bangka Dalam Angka 2007). Penduduk didominasi kaum muda, berturut-turut yang terbanyak adalah kelompok umur 15 – 19 tahun sebanyak 31.050 jiwa (11,68%), kelompok umur 10 – 14 tahun sebanyak 27.336 jiwa (10,28%), dan kelompok umur 20-24 tahun sebanyak 26.035 jiwa (9,82%). Identitas contoh adalah sebagian besar penambang dan sebagian kecil nelayan yang beralih usaha menjadi penambang. Sebagian besar penambang di Pantai Bubus adalah pendatang dari luar provinsi.

Pranata sosial di wilayah studi terdiri dari lembaga formal (LMD, PKK) dan lembaga non formal yang terbatas pada kegiatan adat dan keagamaan dengan kegiatan yang paling umum dilakukan adalah gotong royong.

Prasarana pendidikan di kabupaten Bangka adalah SD (174 unit), SDLB (1), SMP (33), SMA (15), SMK (10) dan PT (4) (Bangka Dalam Angka 2007). Sarana dan prasarana kesehatan dilayani oleh keberadaan RSUD Sungailiat, rumah sakit jiwa (RSJ), Puskesmas sebanyak 11 unit, dan Puskesmas pembantu (Pustu) sebanyak 37 unit.

Dampak sosial ekonomi

Pengumpulan data dengan metode pengambilan contoh dengan menyelidiki sebagian obyek dan gejala. Data primer diperoleh dari wawancara langsung kepada responden berdasarkan pada daftar pertanyaan yang telah dipersiapkan. Responden di ekosistem darat adalah pemilik dan karyawan tambang inkonvensional (TI), petani lada, petani karet, dan pengguna jasa lingkungan hutan lindung, sedangkan responden di ekosistem pantai dan perairan pantai adalah pemilik dan pekerja tambang TI apung.

Mengingat bagian penelitian ini bersifat deskriptif analisis, maka pengumpulan data diambil dari berbagai *stake holder* agar mewakili. Pengambilan contoh dilakukan secara terpilih (*purposive sampling*). Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik di Kabupaten Bangka, media cetak terutama lokal, dan laporan penelitian terkait.

Data primer diperoleh dari wawancara langsung kepada responden yang ditentukan secara terpilih (*purposive sampling*). Responden mewakili pemangku kepentingan di bidang pertambangan timah terutama pemilik dan karyawan TI, masyarakat sekitar, perusahaan pemegang kuasa penambangan, dan pengguna jasa lingkungan ekosistem pantai dan perairan pantai. Khusus untuk pengusaha TI akan digali faktor-faktor yang mempengaruhi masyarakat memilih membuka TI sebagai mata pencaharian dan akan dihitung kontribusi pendapatan usaha TI terhadap pendapatan keluarga.

Dampak sosial akan mengamati perubahan status sosial, strata sosial di dalam masyarakat; tingkat kejahatan; angka putus sekolah; dan kebutuhan tenaga kerja. Dampak ekonomi akan mengamati besar pendapatan dan kontribusi TI terhadap pendapatan keluarga. Data lapang diolah secara tabulasi untuk memudahkan deskripsi dan menghitung pendapatan usaha secara matematis (Hernanto 1998) dengan rumus:

$$Pd = Pn - Bp$$

dimana Pd = pendapatan (Rp); Pn = Penerimaan (Rp), Bp = biaya produksi (Rp).

Besarnya kontribusi pendapatan usaha TI terhadap pendapatan keluarga digunakan prosentase:

$$\% \text{ UPT} = \text{P.UTTI} / \text{P.TOT} \times 100\%$$

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

Identitas responden

Responden di Lingkungan Lubuk Kelik adalah penambang timah di sekitar hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik. Petani contoh di Desa Bencah adalah petani yang pernah/masih mengusahakan tanaman karet yang juga bekerja sebagai penambang timah. Petani di Desa Silip adalah petani lada yang juga bekerja sebagai penambang timah. Usia responden tergolong produktif (41-50 tahun) dengan tingkat pendidikan bervariasi dengan dominasi SD sampai dengan SMA.

Responden di Pantai Rebo adalah sebagian nelayan yang beralih profesi sebagai pekerja TI apung, dan sebagian dari pulau Jawa. Responden di Pantai Bubus adalah penambang yang sebagian besar berasal dari luar Bangka yakni Palembang, Pulau Jawa, dan Lampung. Mereka beserta keluarga menetap di pondok/tenda di sekitar pantai. Usia responden tergolong produktif (25 – 45 tahun).

Dampak lingkungan

Pengumpulan data dilakukan dengan studi pustaka, observasi dan wawancara, dan penelitian lapang. Observasi di lapang, studi pustaka, dan wawancara langsung kepada masyarakat untuk menggali rona awal lokasi tambang terutama jika tidak ada dokumen AMDAL. Penelitian lapang mendata keragaman hayati lokasi sejenis yang belum ditambang dan lahan yang ditambang. Konfirmasi umur tambang dicek silang dengan peta, data penggalan, GPS Garmin 60s, informasi aparat desa, dan masyarakat sekitar.

Sifat fisika dan kimia tanah

Analisa sifat fisika dan kimia tanah (analisa tanah rutin) dilakukan pada dua lahan yang berbeda, yakni lahan tidak tertambang (lahan tidak terganggu) dan lahan tertambang (lahan terganggu). Satu contoh tanah komposit sekitar 1 kg kering dianalisa di Balai Penelitian Tanah, Bogor.

Vegetasi

Luas petak contoh minimum di setiap tipe penggunaan lahan ditentukan dengan penentuan kurva species area (Cain 1938 dalam Kusmana 1997) dengan empat tingkat pertumbuhan (Soerianegara dan Indrawan 1998). Analisa vegetasi dilakukan dengan metode kuadrat dengan ukuran petak 1 x 1 m² untuk tingkat semai, 5 x 5 m² untuk tingkat sapihan, dan 10 x 10 m² untuk tingkat tiang dan tingkat pohon. Untuk melihat perubahan keadaan vegetasi menurut kondisi tanah, topografi dan elevasi digunakan metode jalur (Kusmana 1997). Jenis-jenis tumbuhan yang tidak diketahui nama ilmiahnya diidentifikasi di Herbarium Bogoriense, Bogor.

Mikrob dan mesofauna tanah

Contoh tanah diambil di bawah *rhizosphere* vegetasi dominan dengan auger diameter 8 cm pada kedalaman 0-10 cm dan 10-20 cm. Untuk pengamatan mikrob pelarut fosfat (MPF) yang sering disebut sebagai 'plant growth promoting rhizobacteria' (PGPR) (Rodriguez & Fraga 1999), sejumlah 1 g tanah kering udara diencerkan bertingkat 10⁰ – 10⁵ dengan larutan garam fisiologis dan 0.02 ml konsentrasi 10⁵ dituangkan di atas media *Pikovskaya* pada suhu ruang dan diinkubasikan selama 2-3 hari. Dihitung jumlah koloni MPF yang membentuk zona bening. Koloni diisolasi dan dipelihara di nutrient agar (NA).

Contoh tanah fungi mikoriza arbuskula (FMA) diambil mengacu modifikasi CSM-BGBD (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity) Project (Susilo *et al.* 2004) dan ekstraksi spora dilakukan dengan teknik tuang dan saring basah (Gardemann & Nicolson 1963). 50 g tanah dilarutkan dalam 500 ml air dan diaduk dan dicuci berulang kali melalui berbagai saringan (710 µm, 425 µm, and 45 µm). Spora diamati dibawah mikroskop stereo. Identifikasi genera spora fungi mengacu pada Schenck dan Perez (1988) dan INVAM.

Analisa fauna tanah dilakukan untuk membandingkan tingkat kesuburan lahan. Populasi semut (Andersen & Sparling 1997), dan *Collembola* (Hopkin 1997; Suhardjono 2004) merupakan beberapa indikator kesuburan tanah. Analisa fauna tanah mempergunakan metode *pitfall trap* (modifikasi metode Suhardjono 2004). Sebanyak sekitar 40 ml alkohol 70% dimasukkan ke dalam gelas air mineral kemasan 200 ml selama 24 jam. Perangkat dilengkapi dengan peneduh dari daun atau atap alumunium. Identifikasi serangga mempergunakan kunci identifikasi dengan fokus pada indikator kesuburan tanah: *Collembola*, dan semut.

Kualitas perairan

Kecerahan perairan diukur dengan *secchi disc* dan temperatur perairan dengan termometer batang. Kecepatan arus permukaan diukur dengan layang-layang arus. Kandungan oksigen terlarut diukur dengan DO (*dissolved oxygen*) meter. Kedalaman perairan dibaca dari *depth gauge* yang terintegrasi pada peralatan Scuba.

Komunitas terumbu karang

Analisa biota meliputi kondisi terumbu karang dan kelimpahan plankton (Davis 1955). Pemantauan komunitas terumbu karang di Pantai Rebo menggunakan *line intercept transect* (LIT) yakni pengamatan sepanjang 30 m dengan interval 5 m dengan tiga ulangan. Pengamatan kondisi komunitas terumbu karang di Pantai Bubus dilakukan secara kualitatif yakni jenis-jenis karang, penutupan karang hidup, dan jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengannya karena kecepatan arus yang tinggi, visibilitas yang rendah. Indeks mortalitas karang (IMK) dihitung (Gomez & Yap 1988). Contoh fitoplankton diambil dengan van Dorn water sampler kapasitas 3 l sebanyak 25 l dan disaring dengan plankton net dengan ukuran mata jaring 25 μm . Contoh fitoplankton diawetkan dengan 2 tetes formalin 4% dan diamati di bawah mikroskop cahaya dengan metode sapuan di atas gelas obyek Sedgwick Rafter di Laboratorium Perikanan, Universitas Bangka Belitung.

Analisa data

Data diolah dengan Microsoft Excel 2003. Data diolah dengan Microsoft Excel 2003. Kelimpahan fitoplankton dihitung dengan metode sapuan. Indeks

keanekaragaman jenis dihitung dengan indeks Shannon (Shannon & Weaver 1949 dalam Odum 1971), *evenness index* menurut Pielou (Odum 1971), dan *dominance index* (Odum 1971).

Pelaksanaan penelitian

Pada tiap tahun, penelitian ini terbagi atas tiga tahapan, yakni: tahap persiapan, tahap pelaksanaan, dan tahap penyusunan laporan. Tahap persiapan diawali dengan diskusi awal tim peneliti pada pertengahan bulan April dan diikuti dengan seminar proposal di Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung pada awal Mei. Pada akhir Mei hingga awal Juni dilakukan survei oleh tim Sosial Ekonomi dan Tim Biologi baik secara sub kelompok maupun bersama-sama. Pengambilan data dan contoh dilakukan pada bulan Juli – Oktober. Analisa data dan analisa di laboratorium dilakukan hingga minggu pertama Desember. Seminar hasil dilaksanakan pada bulan Desember di Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi, Universitas Bangka Belitung.

BAB V. HASIL DAN PEMBAHASAN

Dampak lingkungan

Sifat fisika dan kimia tanah

Aktivitas penambangan timah menyebabkan terjadinya perubahan sifat fisika dan kimia tanah, dan mikroklimat. Penambangan timah yang mempergunakan metode pencucian tanah meninggalkan tailing timah yang memiliki sifat fisika dan sifat kimia yang berbeda dengan tanah sebelumnya. Tekstur tailing timah adalah pasir dengan kenaikan lebih dari 30% pasir dibandingkan lahan tidak terganggu (hutan, kebun karet, dan kebun lada), dan menurunnya komponen liat dan debu sekurang-kurangnya 50%. Bahan organik tailing timah C hampir tidak tersisa, dan N mendekati nol. Kandungan P dan K total berkurang nyata pada pengalihan kebun karet dan kebun lada menjadi tailing timah. Demikian juga kandungan kation dapat ditukar Ca, Mg, K, dan Na dengan penurunan 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% (Tabel 2).

Pengalihan fungsi lahan menyebabkan kelembaban tanah lahan pasca tambang dan kelembaban udara di sekitar lahan pasca tambang menjadi lebih rendah, temperatur tanah lahan pasca tambang dan temperatur udara di sekitar lahan pasca tambang menjadi lebih tinggi. Penurunan kelembaban dan meningkatnya temperatur baik tanah maupun udara di lahan pasca tambang disebabkan oleh penggundulan vegetasi di atasnya dan pembalikan tanah, dan pencucian lapisan tanah yang mengandung timah, yang merupakan sebagian prosedur penambangan timah. Penurunan kelembaban tanah sekitar 10%, dan kelembaban udara 10 – 20%, dan peningkatan temperatur tanah 2 – 10°C, serta peningkatan temperatur udara sekitar 6 – 9°C di lahan pasca tambang menyebabkan mikroklimat menjadi tidak mendukung bagi pertumbuhan vegetasi dan mikroba tanah, serta fauna.

Komponen pasir meningkat dan disertai dengan penurunan komponen liat pada tanah di Pantai Bubus antara yang tidak terganggu dan yang terganggu oleh TI

(Tabel 2). Hal berbeda terlihat pada Pantai Rebo, komponen pasir menurun dan disertai dengan peningkatan komponen liat (Tabel 3). Hal ini diduga karena prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan antara lapisan yang belum ditambang dan yang sudah ditambang. Intensitas penambangan di Pantai Bubus yang lebih tinggi dibandingkan di Pantai Rebo menyebabkan pengaruh penambangan terhadap kualitas tanah lebih nyata.

Penurunan konsentrasi hara akibat penambangan jelas terlihat pada C organik baik di Pantai Rebo (dari 0.07 menjadi 0.01%) maupun di Pantai Bubus (dari 0.13 menjadi 0.03%). Dugaan keteradukan lokasi pengambilan contoh tercermin dari peningkatan konsentrasi P total di kedua lokasi pengambilan contoh. Peningkatan konsentrasi kation Ca yang dapat ditukar di lahan pasca tambang di dua lokasi menyebabkan total kation dapat ditukar di lahan pasca tambang di dua lokasi lebih tinggi dibandingkan dengan total kation dapat ditukar di lahan yang tidak terganggu di dua lokasi, Pantai Rebo dan Pantai Bubus. Sekalipun demikian nilai KTK di Pantai Bubus yang terganggu lebih rendah (1.09 dibandingkan 0,68), sedangkan nilai KTK di Pantai Rebo antara lahan yang tidak terganggu dan yang terganggu adalah sama (1.07).

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/ 100g		cmol(+)/kg			
Hutan	63	12	25	5.0	1.6	0.1	14	3	4	0.53	0.41	0.08	0.00	1.02	6.53
TI Hutan	83	6	11	5.0	0.2	0.0	9	4	6	0.36	0.08	0.03	0.00	0.47	3.77
Karet	70	6	24	4.7	2.0	0.2	14	17	3	0.15	0.03	0.06	0.00	0.24	9.09
TI Karet	96	0	4	5.1	0.1	0.0	12	1	2	0.15	0.11	0.03	0.00	0.29	2.24
Lada	53	15	32	5.1	2.2	0.2	13	66	11	2.42	0.61	0.21	0.00	3.24	9.10
TI Lada	87	3	10	5.0	0.1	0.0	11	1	2	0.16	0.03	0.03	0.00	0.22	2.39

Sumber: Nurtjahya *et al.* (2007a)

Tabel 3. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm dari Pantai Bubus tidak terganggu, Pantai Bubus terkena tambang inkonvensional (TI), Pantai Rebo tidak terganggu, dan Pantai Rebo terkena TI

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Kation dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/100g		cmol(+)/kg			
Pantai Bubus	95	1	4	8.1	0.13	0.01	13	6	5	8.97	0.51	0.10	0.33	9.91	1.09
TI Pantai Bubus	96	2	2	8.2	0.03	0.01	6	7	5	9.76	0.47	0.10	0.19	10.52	0.68
Pantai Rebo	97	1	2	8.4	0.07	0.01	7	4	5	5.97	0.42	0.09	0.15	6.63	1.07
TI Pantai Rebo	94	1	5	8.2	0.01	0.01	11	5	3	8.87	0.44	0.05	0.86	10.22	1.07

Vegetasi

Pengalihan fungsi lahan baik dari hutan, kebun karet, dan kebun lada masing-masing menjadi lahan pasca tambang timah menurunkan komposisi vegetasi. Jumlah individu semai, sapihan, tihang, dan pohon di lahan tidak terganggu berkurang ketika dialihkan fungsinya menjadi lahan tambang. Penurunan terlihat besar dan menjadi nol pada stadium pertumbuhan sapihan, tihang, dan pohon (Tabel 4). Total individu untuk semua stadium pertumbuhan di hutan lindung 252 dan di lahan pasca tambang 83. Total individu di kebun karet 240 dan di lahan yang dialihkan menjadi tambang timah menjadi 64 atau sekitar seperempatnya, dan demikian juga di kebun karet pengalihan lahan menjadi lahan pasca tambang menurunkan jumlah individu sekitar 75%.

Penurunan jumlah individu dari lahan semula menjadi lahan pasca tambang terlihat juga pada keragaman jenis dan jumlah suku dari masing-masing fungsi lahan. Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan tercermin juga dari penelitian suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007a). Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tertinggi di hutan, kemudian di lahan pasca tambang timah berumur 38 tahun, lahan pasca tambang timah berumur 11 tahun, lahan pasca tambang timah berumur 7 tahun, dan lahan pasca tambang timah berumur 4 tahun yang gundul.

Tabel 4. Jumlah individu pada stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon, jumlah individu, jumlah jenis dan jumlah suku vegetasi di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Individu					Jenis	Suku
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon	Total		
Lingkungan Lubuk Kelik	83	154	15	0	252	38	21
TI Lingkungan Lubuk Kelik	79	4	0	0	83	6	6
Karet	131	56	40	13	240	37	27
TI Karet	59	5	0	0	64	12	9
Lada	126	47	0	0	173	11	9
TI Lada	30	6	0	0	36	9	8

Tabel 5. Indeks diversitas stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

	Indeks diversitas			
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon
Hutan	1.07	1.14	0.60	
TI Hutan	0.55	0.00		
Karet	1.20	0.14	0.10	0.00
TI Karet	0.83	0.41		
Lada	0.50	0.35		
TI Lada	0.69	0.00		

Tabel 6. Indeks similaritas antara stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, dan kebun lada masing-masing dan stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon di lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

	Indeks Similaritas			
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon
Hutan x TI Hutan	32.7	0.0	0.0	
Karet x TI Karet	8.7	3.2	0.0	0.0
Lada x TI Lada	0.0	0.0		

Tabel 7. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku dari semai dan vegetasi bawah di lokasi Pantai Bubus yang tidak terganggu, Pantai Bubus yang terganggu TI, Pantai Rebo yang tidak terganggu, dan Pantai Rebo yang terganggu TI

Lokasi	Jumlah		
	individu	jenis	suku
Pantai Bubus yang tidak terganggu	141	17	14
Pantai Bubus yang terganggu TI	26	14	11
Pantai Rebo yang tidak terganggu	154	16	13
Pantai Rebo yang terganggu TI	128	19	14

Keanekaragaman jenis pada stadium pertumbuhan vegetasi bawah dan semai di lahan pasca tambang hanya separuh dari hutan dan perkebunan karet, kecuali perkebunan lada (Tabel 5). 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). Tingginya perbedaan jenis vegetasi tiap-tiap stadium pertumbuhan antara lahan tidak terganggu dan lahan pasca tambang timah ditunjukkan oleh nilai indeks similaritas yang rendah (Tabel 6). Pengalihan lahan pertanian menjadi lahan pasca tambang menurunkan jumlah individu hingga 75%.

Aktivitas penambangan TI di Pantai Rebo dan Pantai Bubus secara umum menyebabkan penurunan terhadap keanekaragaman vegetasi pantai dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tumbuhan di Pantai Bubus yang terganggu TI lebih rendah dibandingkan dengan Pantai Bubus yang tidak terganggu (Tabel 7). Berbeda dengan di Pantai Rebo, jumlah individu di lahan yang terganggu oleh TI lebih rendah dibandingkan lahan yang tidak terganggu namun jumlah jenis dan jumlah suku di lahan terganggu oleh TI justru lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak terganggu. Perbedaan nyata antara kedua Pantai diduga karena intensitas penambangan yang jauh lebih tinggi di Pantai Bubus dibandingkan dengan Pantai Rebo. Peningkatan jumlah jenis dan jumlah suku di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI diduga karena keragaman prosedur penambangan TI, teraduknya tanah yang tidak terganggu ke bagian lokasi yang tertambang, di samping ada pengaruh ombak yang mungkin dapat

membawa bagian tanah yang tidak terganggu beserta benih di dalamnya ke lahan yang terganggu.

Mikrob dan mesofauna tanah

Pengalihan fungsi lahan pertanian dan hutan lindung menjadi penambangan timah di Bangka mengakibatkan populasi mikrob tanah yakni fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan mikrob pelarut fosfat (MPF) masing-masing berkurang sekitar 25 – 75% (Tabel 8). Menurunnya produksi spora FMA dari lahan tidak terganggu (hutan, kebun karet, dan kebun lada) menjadi lahan pasca tambang disebabkan oleh perubahan mikroklimat 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. Penelitian suksesi lahan pasca tambang timah juga dapat diamati dari dinamika produksi spora FMA dan koloni MPF pada tingkat suksesi yang berbeda (Nurtjahya *et al.* 2007b). Rendahnya populasi bakteri pelarut fosfat di lahan pasca tambang timah dibandingkan lahan tidak terganggu di Singkep juga dilaporkan (Suciatmih 1998). Cekaman kekeringan menurunkan reproduksi fungi dalam hal jumlah spora (Abdel-Fattah *et al.* 2002).

Dominasi marga *Glomus* pada semua lahan tidak terganggu dan lahan pasca penambangan timah pada penelitian ini menunjukkan tingkat persebaran dan adaptasi yang tinggi jenis-jenis *Glomus* pada beberapa tipe lahan dan lahan pasca tambang timah. Hasil ini serupa dengan kesimpulan dari penelitian lain yakni dominasi *Glomus* (44–95%) di dibandingkan *Gigaspora*, *Scutellospora*, dan *Acaulospora* di berbagai tingkat suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007b).

Pengalihan fungsi lahan dan perubahan mikroklimat menyebabkan penurunan populasi semut dan *Collembola*, kelompok mesofauna indikator kesuburan tanah, masing-masing sekitar 40 – 70% di lahan pasca tambang dibandingkan lahan tidak terganggu (Tabel 9). Pengalihan fungsi lahan menyebabkan berkurangnya serasah dan bahan organik yang dibutuhkan sebagai sumber makanan termasuk mangsa semut dan *Collembola*. Perbedaan populasi semut dan *Collembola* pada lahan tidak terganggu yang lebih tinggi dibandingkan pada lahan pasca tambang timah juga

ditunjukkan pada penelitian serupa di Pulau Bangka, serta terdapat kecenderungan populasi *Collembola* yang meningkat sejalan dengan bertambahnya usia revegetasi lahan pasca tambang timah (Nurtjahya *et al.* 2007c; 2007f).

Tabel 8. Rata-rata jumlah spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) per 50g tanah, dan jumlah koloni mikrob pelarut fosfat (MPF) per g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	Spora FMA per 50 g tanah		Koloni MPF 10 ⁵ per g tanah	
Hutan	<i>Cratoxylum formosum</i>	22.0		4.0	
	<i>Syzygium</i> sp.	21.7	60.0	6.3	18.0
	<i>Vitex pinnata</i>	16.3		7.7	
TI Hutan	<i>Trema orientalis</i>	4.7		1.3	
	<i>Unidentified</i>	5.3	12.7	4.3	7.3
	<i>Scleria levis</i>	2.7		1.7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	36.7		7.0	
	<i>Hevea brasiliensis</i>	41.7	106.7	11.3	32.7
	<i>Schima wallichii</i>	28.3		14.3	
TI Karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	46.7		3.0	
	<i>Melastoma malabathricum</i>	11.3	75.7	3.3	8.3
	<i>Mischocarpus sundaicus</i>	17.7		2.0	
Kebun Lada	<i>Hevea brasiliensis</i>	26.0		3.0	
	<i>Cleome aspera</i>	13.3	48.7	2.0	12.7
	<i>Chromolaena odorata</i>	9.3		7.7	
TI Lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	6.7		2.3	
	<i>Trema orientalis</i>	5.0	17.3	9.3	14.0
	<i>Chromolaena odorata</i>	5.7		2.3	

Tabel 9. Rata-rata jumlah semut dan *Collembola* per m² tanah di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

	Jumlah individu per m ²					
	Hutan	TI Hutan	Karet	TI Karet	Lada	TI Lada
Semut	13053.6	5020.6	7129.3	2610.7	753.1	451.9
<i>Collembola</i>	4317.7	903.7	8133.4	2610.7	11898.9	3313.6

Kualitas perairan

Kondisi perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dengan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI memiliki perbedaan pada tingkat kecerahan. Kecerahan perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu sebesar 2,5 m atau 100%, sementara kecerahan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI sebesar 0,9 m atau sekitar 36%. Perbedaan signifikan ini menunjukkan tingkat sedimentasi yang tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu TI. Parameter perairan lain relatif serupa. Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,13 m/detik dengan arah Selatan ke Timur, salinitas 31‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 7,7 mg/l. Pada perairan Pantai Rebo yang terganggu TI, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,18 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 32,5‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 6,2 mg/l.

Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI dengan kedalaman 11 m, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 1,25 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 29‰, temperatur air sebesar 30°C, DO sebesar 5,5 mg/l, dan kecerahan 25 cm.

Keanekaragaman dan kelimpahan fitoplankton

Jumlah jenis fitoplankton yang lebih tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI ditampilkan dengan nilai indeks keanekaragaman yang tinggi 0,9355, dan rendahnya indeks dominasi. Jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 17; 0,9355; 0,7603; dan 0,1971 sedangkan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 10; 0,6676; 0,6676 dan 0,3329 (Sodikin & Iskandar 2009).

Indeks keseragaman relatif tinggi di dua lokasi, Pantai Rebo yang terganggu oleh TI dan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (Tabel 10). Kisaran jumlah jenis fitoplankton di dua lokasi (10 – 17 jenis) dan kisaran nilai indeks keanekaragaman di dua lokasi (0,6676 – 0,9355) sebesar <1,0 adalah tergolong rendah atau dikategorikan kualitas air tercemar berat (Ferianita-Fachrul *et al.* 2005) dan diduga

terkait dengan kualitas perairan yang rendah akibat penambangan timah TI apung di kedua lokasi pengambilan contoh. Jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI (17 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 440.000 individu/l) lebih besar dibandingkan jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (10 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 380.000 individu/l) (Tabel 11 dan 12) (Sodikin & Iskandar 2009) tergolong rendah dibandingkan dengan kelimpahan plankton di perairan tidak terganggu. Kelimpahan plankton di perairan yang kaya nutrien mampu mencapai 2.668.000 individu/l seperti di perairan Sunter di Jakarta, pada bulan Desember (Ferianita-Fachrul *et al.* 2005)

Tabel 10. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Indeks	Pantai Rebo terganggu	Pantai Bubus terganggu
1	Keanekaragaman	0,935527007	0,667624729
2	Keseragaman	0,760313566	0,667624729
3	Dominasi	0,197134986	0,332867499

Tabel 11. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	441,528
2	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	127,106
3	Anonim sp.7	86,968
4	<i>Oscillatoria putrida</i>	73,588
5	Anonim sp.4	73,588
6	Anonim sp.2	60,208
7	<i>Skujaella thibauti</i>	46,829
8	<i>Rivularia</i> sp.	40,139
9	Anonim sp.6	33,449
10	Anonim sp.1	26,759
11	<i>Lemmoniera aquatica</i>	20,069
12	<i>Ophiocytium</i> sp.	20,069
13	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
14	Anonim sp.3	13,380
15	Anonim sp.5	13,380
16	<i>Mallomonas pyroformis</i>	6,690
17	Anonim sp.8	6,690

Tabel 12. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	388,009
2	<i>Oscillatoria</i> sp.	93,657
3	<i>Skujaella</i> sp.	73,588
4	<i>Mallomonas pyroformis</i>	46,829
5	<i>Tabellaria fanestrata</i>	46,829
6	<i>Oscillatoria putrida</i>	33,449
7	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
8	<i>Rivularia mammilata</i>	6,690
9	<i>Lemmoniera aquatica</i>	6,690
10	<i>Ophiocytium</i> sp.	6,690

Sumber Tabel 10 – 12 : Sodikin & Iskandar 2009

Perbedaan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi, serta kelimpahan fitoplankton antara di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI dan di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI diduga terkait dengan kualitas perairan yakni salinitas, kecerahan dan DO. Salinitas, kecerahan, dan DO di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing lebih tinggi dibandingkan dengan parameter yang sama di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI. Perbedaan kualitas perairan dari kedua pantai tersebut diduga disebabkan oleh jumlah penambangan TI apung. Kualitas perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI, yang relatif lebih rendah disebabkan oleh jumlah penambang TI apung yang lebih besar.

Ekosistem terumbu karang

Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, prosentase penutupan karang hidup sebesar 91,62%, rata-rata karang mati 7,49%, dan penutupan substrat dasar oleh makro alga Chlorophyta yakni *Halimeda* sp. dan anemon. Pada perairan ini, indeks mortalitas karang (IMK) sebesar 7,56% (Gambar 3). Berdasarkan kriteria Gomez dan Yap (1988), komunitas terumbu karang di perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dikategorikan baik karena prosentase penutupan karang hidup >75%. Kualitas perairan baik fisika dan kimia tampaknya mendukung pertumbuhan karang di daerah tersebut. Temperatur perairan sebesar 28,5°C termasuk kisaran temperatur optimal 22 – 29 °C (Wells dalam Supriharyono 2000; Dahuri 2003). Kecerahan perairan sebesar 100% sangat sesuai dengan pertumbuhan karang (Veron 1995). Salinitas perairan sebesar 31‰ termasuk pada kriteria salinitas yang mendukung pertumbuhan karang secara optimal yakni antara 30 – 35‰ (Dahuri 2003).

Kecerahan yang maksimal menunjukkan bahwa arus laut sangat sedikit sekali mengangkut sedimen yang akan mengendap di terumbu karang.



Gambar 3. Komunitas karang di Pantai Rebo tidak terganggu (atas kiri dan kanan); karang mati di Pantai Bubus terganggu (bawah kiri), sponge mati di Pantai Bubus terganggu (bawah kanan) (sumber: Tim 2008)

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 10 jenis yakni: *Fungia* sp., *Montipora* sp., *Echinopora* sp., *Acropora* sp., *Pacillopora* sp., *Montastrea* sp., *Acanthastrea* sp., *Goniastrea* sp., *Galaxea* sp., dan *Pavona* sp. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Rebo yang tidak terganggu adalah: *Lutjanus kasmira*, *Abudefduf sexfasciatus*, *Apogon compressus*, *Amphiprion sandaracinos*, *Amphiprion frenatus*, *Amphiprion acellaris*, *Chaetodon xanthurus*, *Coradion melopus*, *Scarus gobhan*, dan *Dascyllus trimaculatus*. Banyaknya jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang hidup yang tinggi.

Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI, prosentase penutupan karang hidup <25% yang berarti komunitas terumbu karang sangat buruk (Gomez & Yap

1988). Hal ini didukung juga dengan substrat dasar perairan yang didominasi oleh pasir dan pecahan karang (*rubble*), dan rendahnya kecerahan perairan sebesar 25 cm. Tingginya kekeruhan menyebabkan jarak pandang (*visibility*) di dalam air <0,5 m. Tingkat kekeruhan yang tinggi menghambat fotosintesis *Zooxanthellae* yang bersimbiosis di dalam jaringan tubuh hewan karang. Fotosintesis adalah suplai energi paling dominan (90 – 95%) bagi pertumbuhan hewan karang, dan hanya 5 – 10% makanan karang berasal dari zooplankton yang ditangkap dengan tentakelnya (Nybakken 1988). Diduga kuat tingginya kekeruhan perairan disebabkan oleh aktivitas TI, dan juga dari akibat aktivitas dua kapal keruk dan satu kapal isap yang berada agak jauh dari lokasi. Salinitas sebesar 29‰, yang berada di bawah kisaran salinitas optimal diduga juga berpengaruh pada pertumbuhan karang. Rendahnya salinitas diduga akibat pengenceran air tawar dari aktivitas TI dan dekatnya lokasi dengan muara sungai.

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 9 jenis *hard coral* yakni: *Favites* sp., *Porites* sp., *Alveopora* sp., *Lobophylla* sp., *Galaxea* sp., *Fungia* sp., *Pachyseris* sp., *Acanthastrea* sp., dan *Pectina* sp. Selain itu ditemukan karang lunak (*soft coral*) yakni : *Sinularia* sp., *Lobophyton* sp., dan beberapa jenis Sponge. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Bubus yang terganggu adalah : *Saurida* sp., *Abudefduf sexfasciatus*, dan *Centropyge bispinosa*. Sedikitnya jumlah jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang yang rendah.

Keluhan akan dampak penambangan timah di laut terhadap menurunnya hasil tangkapan ikan dirasakan oleh nelayan dan area penangkapan ikan semakin menjauh ke laut (Alexey 2006a; 2006b).

Dampak Sosial Ekonomi

Faktor penyebab

Berdasarkan kuesioner yang disebar, faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan kebun Karet di Desa Bencah, dan kebun Lada di Desa Silip menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet, persepsi

bahwa pendapatan bertani karet dan lada relatif lama didapat, mengisi waktu di antara waktu bertani, biaya sarana produksi pertanian tinggi, tidak adanya sanksi tegas dari Pemda terhadap pekerja TI, dan persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani. Faktor penyebab 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 pelaku penambangan. Sebagian aktivitas di hutan lindung sudah menurun karena larangan Pemda. Harga pupuk dan upah tenaga kerja yang tinggi juga menjadi salah satu sebab pengalihan fungsi lahan.

Komoditas karet dan lada tidak menjadi andalan masyarakat Bangka sejak tahun 2001 karena kemerosotan harga lada di pasar internasional yang terus menerus (Zulkarnain *et al.* 2005), harga karet yang rendah dan mencapai sekitar Rp. 3.000,-/kg, dan terbukanya penambangan timah oleh rakyat di Bangka pasca reformasi 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 No. 6 Tahun 2001 yang mengatur keterlibatan masyarakat dalam penambangan pasir timah (Zulkarnain *et al.* 2005). Penafsiran yang salah ini merupakan titik kulminasi keinginan masyarakat mendapatkan akses untuk menambang sendiri (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 26 November 2007), sehingga di tingkat penambang timah harga jual timah TI pernah mencapai Rp. 70.000,- /kg, atau di tingkat timah tailing mencapai Rp. 56.000,-/ kg pada sekitar pertengahan bulan Oktober 2007 – awal November 2007.

Faktor yang mempengaruhi sebagian nelayan Pantai Rebo beralih profesi sebagai pekerja TI Apung adalah harga timah yang tinggi. Persepsi mereka adalah bekerja di TI lebih banyak dan cepat menghasilkan uang. Selain kesulitan mendapatkan ikan dan resiko lebih tinggi pada musim angin kencang, atau tidak melaut pada angin kencang, harga jual ikan rendah karena melalui pengumpul. Alasan lain sebagai pemicu adalah sulitnya memperoleh bahan bakar minyak (BBM) dengan harga terjangkau serta biaya operasional di laut yang meningkat (Suban

2004), serta sebagian penambang TI beralih dari darat ke laut karena hasil timah berkurang (Alexey 2006a).

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi lahan darat

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 menyekolahkan anak ke jenjang pendidikan lebih tinggi. Sebagian pendapatan yang diperoleh diperuntukkan untuk membeli motor baru, belanja pakaian dan perabot rumah tangga.

Rata-rata pendapatan/ha/bulan petani lada di Desa Silip adalah Rp.592.536,- dan rata-rata pendapatan petani karet di Desa Bencah adalah Rp.122.111,- yang diperoleh dari penyadapan tanaman karet yang berumur 10 – 15 tahun maksimal 4 kali/minggu dengan hasil getah 15 – 40 kg/ha/hari. Rata-rata produksi, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan lada dan karet per bulan disajikan pada Tabel 12 dan data semua responden untuk produksi, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan lada dan karet masing-masing disajikan pada lampiran.

Biaya produksi yang dikeluarkan oleh pelaku penambangan timah inkonvensional adalah biaya yang dikeluarkan dalam sebulan untuk mesin semprot dan selang, BBM, rokok, dan konsumsi. Penerimaan pelaku penambangan timah adalah hasil produksi dikalikan dengan harga jual dan pendapatan adalah selisih penerimaan dan biaya produksi yang dikeluarkan.

Tabel 13. Produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, pendapatan petani lada, dan petani karet per bulan per orang

No.	Uraian	Satuan	Petani Lada (Desa Silip)	Petani Karet (Desa Bencah)
1	Produksi	kg / masa panen / orang	1,627	5,692
2	Harga	Rp. / kg	27,900	6,000
3	Penerimaan	Rp. / masa panen / orang	47,057,600	34,152,000
4	Biaya produksi	Rp. / masa panen / orang	21,460,050	20,964,000
5	Pendapatan	Rp. / masa panen / orang	25,597,550	13,188,000
7	Masa perawatan sampai panen	tahun	3	9
8	Luas lahan	ha	1.2	1
9	Pendapatan	Rp. / bulan / orang	592,536	122,111

Sumber: data primer

Di samping berkebun inti karet, sebagian petani di Desa Bencah juga berkebun lada dengan total luas lahan 4 ha. Rata-rata hasil kebun lada per orang / bulan di Desa Bencah mencapai Rp. 451.320,-, nilai yang lebih besar dibandingkan hasil karet.

Pendapatan dari penambangan timah memberi kontribusi signifikan terhadap total pendapatan keluarga per bulan di tiga wilayah studi: Lingkungan Lubuk Kelik, Desa Silip, dan Desa Bencah. Kontribusi timah di Lubuk Kelik senilai Rp. 21.166.667,- /bulan atau 93.4%, di Desa Silip senilai Rp. 76.537.500,- atau 95.1% sementara kontribusi lada tidak lebih dari 1%, dan di Desa Bencah senilai Rp.4.684.286,- atau 89.1% sementara kontribusi tanaman inti karet sebesar 2.3% (Tabel 13). Sumber pendapatan selain kebun inti bagi petani di Desa Silip dan Desa Bencah, dan timah, juga kebun tambahan yakni kebun lada bagi sebagian petani karet di Desa Bencah. Usaha dagang pasir timah bagi sebagian petani lada di Desa Silip juga memberi kontribusi bagi total pendapatan per bulan.

Tabel 14. Rata-rata pendapatan per bulan dan kontribusi pendapatan pekerja tambang inkonvensional di Lingkungan Lubuk Kelik – Kelurahan Parit Padang, petani lada di Desa Silip, dan petani karet di Desa Bencah

No.	Sumber pendapatan	Penambang TI di Lingkungan Lubuk Kelik Kel. Parit Padang		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

Tingginya kontribusi penambangan timah telah memberi dampak positif nyata bagi peningkatan penghasilan dan kesejahteraan petani. Beberapa faktor penyebab pengalihan fungsi lahan kebun lada dan kebun karet seperti diungkapkan pada kuesioner terbukti. Tingginya penghasilan penambangan timah menarik sebagian masyarakat di sekitar hutan lindung untuk menambangnya.

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 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 berlangsung satu kali untuk selamanya, dan menyisakan kebutuhan dana pemulihan lahan seandainya lahan tersebut akan diusahakan untuk lahan pertanian, atau direvegetasi, apalagi diusahakan untuk menjadi sedia kala. 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.

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi ekosistem pantai dan perairan pantai

Pendapatan penambang timah baik di Pantai Rebo dan Pantai Bubus sangat membantu perekonomian keluarga. Sebagian pendapatan dimanfaatkan untuk memperbaiki rumah, biaya pendidikan anak-anak, dan membeli perahu untuk disewakan ke orang lain. Di sisi lain, aktivitas TI rawan dampak sosial seperti : kecemburuan sosial akibat perbedaan pendapatan dan terkait etnis, pemakaian minuman keras, prostitusi terselubung, termasuk kemungkinan penyelundupan timah (Bangka Pos 28 Juni 2008). Dengan sebagian besar penambang yang berasal bukan

dari Bangka dan Belitung tercatat adanya konflik horizontal dengan masyarakat lokal di Pantai Bubus (Kompas 27 Mei 2006). Kekhawatiran nelayan dan sebagian masyarakat sepanjang pantai di Kabupaten Bangka akan menurunnya tangkapan ikan dan air laut berlumpur telah memunculkan protes terhadap penambang TI apung (Kompas 8 Agustus 2005).

Pengeluaran bagi nelayan jaring di Pantai Rebo untuk setiap kali melaut adalah 1 ton es dengan harga Rp. 100.000,-/100 kg atau senilai Rp. 1.000.000,-, 4 jerigen solar (72 l) dengan harga Rp. 5.000,- /l atau senilai Rp. 360.000,- dan konsumsi dan kebutuhan lain selama 3 – 4 hari senilai Rp. 640.000,- atau total pengeluaran senilai Rp. 2.000.000,-. Hasil ikan untuk sekali melaut atau 3 – 4 hari sebesar 100 – 250 kg dengan rata-rata 167 kg per sekali jalan. Dengan harga jual di pengumpul ikan Rp. 22.000,-/kg, pendapatan kotor adalah Rp. 3.674.000,- per sekali melaut. Penghasilan bersih untuk tiga orang nelayan untuk setiap melaut sekitar Rp. 1.674.000,- /3 orang atau senilai Rp. 571.333,- /orang/hari atau senilai Rp. 2.285.333,-/orang/bulan (Tabel 14). Hasil melaut dirasakan hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo adalah Rp. 58.784.000,-.

Sebagai pekerja TI apung yang berkerja pada tauke timah di Pantai Rebo, pekerja hanya mempersiapkan bekal masing-masing seperti makan, kopi dan rokok, sementara peralatan TI dan BBM untuk operasional harian sekitar 1 jerigen disediakan oleh tauke. Timah dijual ke tauke timah dengan harga Rp. 60.000,- - Rp. 80.000,- untuk beberapa bulan lalu, dan pada bulan Desember 2008 menjadi Rp. 35.000,-.

Tiap kelompok TI apung terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 12.500,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari untuk masa kerja setengah hari, penghasilan bersih yang diterima senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 375.000,-/penyelam/hari pada akhir tahun 2008. Jika bekerja hingga malam hari, hasil timah yang diperoleh

mencapai 50 kg/hari. Penghasilan bersih lebih tinggi diterima oleh pekerja TI untuk kurun waktu penambangan semester pertama tahun 2008.

Tiap kelompok TI apung di Pantai Bubus terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 15.000,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari, sedangkan pada pertengahan tahun 2008 berkisar 85 – 240 kg/hari dengan harga saat itu Rp.60.000,- – Rp.70.000,-/kg. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari, penghasilan bersih yang diterima senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 450.000,-/penyelam/ hari (Tabel 15).

Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Bubus adalah Rp. 58.784.000,-.

Penghasilan bersih nelayan Rp.2.285.333,-/orang/bulan, sementara penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp.5.400.000,-/orang/bulan Rp.6.000.000,-/orang/bulan. Penghasilan bersih pekerja tambang lebih tinggi 36,5% (pencuci timah) – 78,8% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Bubus atau antara 36,5% (pencuci timah) – 74,6% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Rebo dengan asumsi harga timah pada semester ke dua tahun 2008 yakni rata-rata Rp.35.000,-. Perbedaan penghasilan akan semakin tajam jika mempergunakan asumsi harga jual timah pada semester pertama tahun 2008 yang hampir empat kali lipat lebih besar. Sebuah rekor harga jual pasir timah di tingkat penambang tahun 2008 yakni Rp.100.000,-/kg timah mengacu pada harga timah dunia yang mencapai US\$23.400 per metrik ton (Bangka Pos 26 Juni 2008), yang diduga karena tingginya permintaan timah Cina dan India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008).

Penghasilan per bulan antara nelayan dan pekerja tambang akan memiliki nilai yang berbeda jika faktor lama operasi pada lokasi yang sama diperhitungkan. Pada lokasi penangkapan ikan yang sama, nelayan dapat menangkap ikan setiap saat dengan hasil yang relatif sama, sementara pada lokasi penambangan timah yang sama, pekerja tambang diperkirakan maksimal mampu menambang selama enam bulan, saat pasir timah habis.

Tabel 15. Pengeluaran, pendapatan kotor, dan pendapatan bersih per nelayan per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan	Nilai
1	Pengeluaran				
	Es	kg	1,000	1,000	1,000,000
	Bensin	jerigen	4	80,000	320,000
	Konsumsi dll.	paket	1	640,000	640,000
	Sub Total				1,960,000
2	Pendapatan kotor				
	Rata-rata hasil tangkapan ikan	kg	167	22,000	3,674,000
	Sub Total				3,674,000
3	Pendapatan bersih per kelompok				1,714,000
	Pendapatan bersih per orang per melaut				571,333
	Rata-rata jumlah melaut 4 kali per bulan				
	Pendapatan bersih per orang per bulan				2,285,333

Sumber: data primer

Tabel 16. Upah, hasil penambangan, dan pendapatan bersih per penyelam dan per pencuci timah per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Upah				
	Upah penyelam per kg timah			12,500	15,000
	Upah pencuci timah per kg timah			5,000	5,000
2	Hasil penambangan	kg	30		
3	Pendapatan				
	Pendapatan bersih penyelam per hari			375,000	450,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per hari			150,000	150,000
	Rata-rata jumlah hari kerja sebulan 24 hari				
	Pendapatan bersih penyelam per bulan			9,000,000	10,800,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per bulan			3,600,000	3,600,000

Sumber: data primer

Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo adalah Rp. 32.400.000,-/bulan, sedangkan dengan penghasilan bersih Rp. 2.285.333,-/bulan, nelayan dapat mengumpulkan sejumlah uang yang sama dalam waktu yang lebih panjang yakni 14 bulan. Sementara nelayan harus mencari lokasi baru pada bulan ke tujuh, nelayan relatif tetap dapat memperoleh penghasilan yang tetap untuk waktu yang relatif panjang.

Neraca ekologi

Ekosistem darat

Pemulihan lahan pasca tambang timah menjadi lahan yang produktif membutuhkan waktu dan biaya. Suksesi tailing timah pasir sampai dengan tingkat semak sekurang-kurangnya 38 tahun (Nurtjahya *et al.* 2007a), atau menjadi hutan kerangas diperkirakan membutuhkan jauh lebih lama (Eflfis 1998). Pemulihan lahan pasca tambang timah dapat dipercepat dengan bantuan manusia. Pemulihan lahan diawali dengan perataan tanah dan penimbunan lubang (*kolong*). Pembinaan tanah dilakukan dengan pemberian tanah mineral, bahan organik dengan pupuk kandang, pupuk anorganik, dan penanaman mulsa hidup penambat nitrogen *Calopogonium mucunoides* (Nurtjahya *et al.* 2008), dan mulsa potongan sabut kelapa untuk meningkatkan mikroklimat di sekitar tanaman (Nurtjahya *et al.* 2007d).

Tabel 17. Perkiraan biaya reklamasi tailing timah berbentuk pasir per hektar

No.	Jenis pekerjaan	Dosis	Volume satuan	Harga / satuan (Rp.)	Nilai (Rp.)
1	Leveling lahan dengan bulldozer		15 jam	500,000	7,500,000
2	Pembuatan lubang tanam 50 cm x 50 cm x 50 cm, jarak tanam 4 x 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 3m³/truk akan tergantung dengan jarak lokasi dengan sumber tanah mineral, dan sabut kelapa.

Anggaran pemulihan lahan pasca tambang khususnya tailing timah disarankan adalah 50 cm x 50 cm x 50 cm untuk menyediakan tanah yang baik, termasuk bahan organik yang cukup sehingga mampu menyediakan habitat yang baik bagi flora dan fauna tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Jumlah lubang tanam per hektar akan tergantung dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Untuk tanaman keras dengan jarak tanam standar 4 m x 4 m atau 625 batang/ha, biaya reklamasi per hektar tailing timah berbentuk pasir diperkirakan sebesar Rp. 40.995.000,- (Tabel 16). Biaya itu memulihkan lahan seluas 156,3 m² atau 1.6% untuk luas lahan 1 ha.

Pendapatan lingkungan dari pengalihan fungsi hutan lindung di Lubuk Kelik adalah negatif sebesar Rp. 19.828.333,-/ha karena pendapatan bersih dari penerimaan timah sebesar Rp. 21.166.667,-/ha dan dikurangi dengan pemulihan lahan Rp. 40.995.000,-/ha (Tabel 17). Pengalihan fungsi lahan kebun karet di Desa Bencah negatif Rp. 36.310.714,-/ha, sementara pendapatan lingkungan positif hanya pada pengalihan lahan kebun lada di Desa Silip, yakni sebesar Rp. 35.542.500,-/ha.

Tabel 18. Penerimaan timah, biaya pemulihan lahan, dan penerimaan lingkungan per hektar lahan yang dialihkan 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	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

Pendapatan lingkungan negatif akibat pengalihan lahan hutan lindung dan kebun karet besar kemungkinan dapat lebih besar lagi 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 ternilai 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 yang memiliki kuasa penambangan (KP) yakni sebesar Rp.7.500.000,-/ha. Sejauh ini aturan sedemikian sekurang-kurangnya belum disosialisasikan dan diterapkan bagi penambangan rakyat atau perusahaan pemilik KP. Pemandangan yang umum terjadi adalah setelah penambangan, lokasi pasca penambangan ditinggalkan. Bagi sebagian penambang, alasan yang diberikan adalah kerugian penambangan. Sekalipun tidak pernah didata secara statistik, banyak penambang baik skala dan modal kecil maupun skala dan modal besar yang merugi.

Ekosistem pantai dan perairan pantai

Pemulihan kerusakan terumbu karang, yang diperkirakan mencapai 20% di dunia (www.projectaware.org dikunjungi Desember 2008) tanpa campur tangan manusia membutuhkan waktu yang lama. Restorasi dilakukan dengan transplantasi (Edwards & Clark 1999), yakni bibit terumbu karang hidup dipotong cabang karang dan ditempelkan atau dilekatkan atau diikat pada struktur buatan yang sengaja diletakkan di sekitar karang yang mati. Umumnya jenis adaptif terhadap gangguan dan memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan mudah patah adalah *Acropora* sp. (www.projectaware.org), atau *Pacillopora*, *Porites*, *Favia* dan *Favites* (Edwards & Clark 1995).

Biaya restorasi karang bervariasi antara US\$ 13.000 per ha hingga ratusan juta dolar Amerika atau sekitar 130 juta – 1 milyar rupiah per ha (Spurgeon & Lindahl 2000). Perhitungan biaya yang lain adalah sekitar US\$ 7.000 per ha atau sekitar 70 juta rupiah dengan asumsi untuk transplantasi setiap 2.5 kg karang per m² dengan jarak 3 km dari sumber terumbu karang hidup dan 5 km dari pulau yang didiami yang terdekat (Spurgeon & Lindahl 2000). Rehabilitasi karang berbasis masyarakat di Bali diperkirakan membutuhkan biaya US\$ 200 untuk pembuatan, pemasangan dan pemantauan setiap hexadome – struktur menyerupai kubah enam sisi yang

dikembangkan oleh Organisasi Penyelam Ilmiah dari Association Diving School di Bali (Hartono 2008); atau jika tiap ha dipasang 20 unit hexadome maka biaya rehabilitasi terumbu karang US\$ 4.000/ha. Sedimentasi terhadap terumbu karang Indonesia oleh penambangan belum dilaporkan, namun terumbu karang yang sehat rata-rata dapat menghasilkan US\$ 15.000/km²/tahun (Cesar 1997 dalam Indrawadi 2009).

Terumbu karang dikenal luas sebagai pusat aktivitas biologis, perikanan dan pariwisata, proteksi pantai, proses-proses geologis, dan estetika (Jaap 2000). Memperhatikan profil pantai Rebo dan Pantai Bubus yang landai, jasa lingkungan proteksi pantai dan proses-proses geologis tampaknya tidak terlalu besar. Jasa lingkungan yang patut diperhatikan adalah pariwisata dan estetika. Jika Pantai Bubus lebih berfungsi sebagai pantai pendaratan perahu nelayan (Aan 2009, komunikasi pribadi), Pantai Rebo lebih dikenal sebagai salah satu tujuan wisata di tahun 1990-an (Ambalika 2008). Berbeda dengan beberapa daerah lain di Provinsi Bangka Belitung, karang baik yang mati maupun yang hidup hampir tidak dimanfaatkan masing-masing sebagai bahan bangunan ataupun sebagai pengisi akuarium (Aan 2009, komunikasi pribadi).

Dengan asumsi jumlah hari kunjungan ke Pantai adalah empat kali dalam sebulan yakni setiap hari Minggu, dan jumlah pengunjung untuk setiap kali datang adalah 100 orang per ha maka jumlah pengunjung Pantai dengan asumsi luas pantai yang dapat adalah 3 ha, maka pengunjung setiap bulan adalah 1.200 orang. Jika setiap orang membelanjakan Rp. 10.000,- maka nilai uang yang dibelanjakan pengunjung adalah Rp. 4.000.000,-/ha/bulan. Jika nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 58.784.000,-, maka nilai total jasa lingkungan perairan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,- (Tabel 18).

Dengan asumsi lama penambangan maksimum yang mampu merusak satu hektar lokasi terumbu karang yang sama di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing enam bulan, oleh lima unit TI, maka nilai penjualan kotor timah per hektar per bulan di kedua Pantai masing-masing senilai Rp. 25.200.000,-, atau senilai Rp. 756.000.000,- untuk masing-masing pantai untuk enam bulan operasi. Asumsi masa penambangan enam bulan berarti setelah enam bulan lokasi penambangan harus

dipindahkan karena cadangan timah habis, dan juga berarti bahwa telah terjadi kerusakan terumbu karang. Lama pemulihan terumbu karang untuk kembali seperti sedia kala dengan teknik transplantasi diasumsikan membutuhkan sekitar 25 tahun.

Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, nilai penjualan kotor timah per hektar selama 6 bulan dengan asumsi harga timah seperti semester kedua 2008 sebesar Rp. 756.000.000,-. Dengan asumsi biaya rehabilitasi terumbu karang per hektar Rp. 130.000.000,-, maka nilai lahan bagi penambangan timah adalah Rp. 626.000.000,-. Pendapatan ini mengesampingkan kerusakan darmaga untuk nelayan dan pondok-pondok di sepanjang Pantai Rebo untuk wisata akibat aktivitas penambangan dalam kurun beberapa tahun terakhir (Ambalika 2008).

Jika nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan untuk Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,-, nilai lahan penambangan timah sebesar Rp. 626.000.000,- dapat diperoleh selama sepuluh bulan. Perbedaan waktu dengan penambangan timah lebih cepat empat bulan tidak memperhitungkan kerusakan lingkungan yang akan pulih sekitar 25 tahun. Sementara pemanfaatan lingkungan oleh penangkapan ikan dan jasa lingkungan lain, relatif tidak memiliki batas waktu.

Besarnya pemulihan lahan dan tidak menentunya penerimaan dari penambangan timah, penambangan timah berpotensi menunjukkan kerugian pada neraca ekologi. Koordinasi penambangan tampaknya akan lebih memperkecil kerugian dan meningkatkan efisiensi penggunaan dana terutama biaya produksi penambangan. Efisiensi akan dimulai dari biaya 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 karena tidak menghasilkan. Efisiensi dilanjutkan pada operasional penambangan sehingga pemanfaatan lahan lebih efisien dan tidak meninggalkan sebidang kecil lahan yang akan ditambang di kemudian hari dan mengganggu reklamasi dan revegetasi yang dilakukan. Himbauan ini tentunya tidak mudah manakala menyangkut besarnya cadangan 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.

Tabel 19. Nilai wisata per hektar per bulan, nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan, rata-rata pendapatan bersih pekerja timah per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, rata-rata penjualan timah kotor per hektar per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, dan rata-rata nilai timah hasil penjualan kotor per hektar per bulan dengan memperhitungkan lama pemulihan terumbu karang 25 tahun

No.	Uraian	Nilai			
		Pantai Rebo	Pantai Bubus	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Asumsi nilai kunjungan wisatawan (ha)			4,000,000	0
	Asumsi nilai penjualan karang hidup dan karang mati (/ha/bulan)			0	0
2	Asumsi rata-rata bobot tangkapan ikan (kg/kapal/melaut)	167	167		
	Asumsi harga jual ikan ke pengumpul (/kg)	22,000	22,000		
	Asumsi jumlah kapal (/ha laut)	4	4		
	Jumlah kali melaut (/kapal/bulan)	4	4		
	Nilai tangkapan ikan (ha/bulan)			58,784,000	58,784,000
	Nilai total jasa lingkungan (ha/bulan)			62,784,000	58,784,000
3	Asumsi lama penambangan yang menyebabkan kerusakan terumbu karang (/ha/bulan)	6	6		
	Asumsi jumlah unit TI/ha	5	5		
	Jumlah anggota tim/TI	3	3		
	Rata-rata pendapatan bersih pekerja timah (orang/ha/bulan)*)	5,400,000	6,000,000		
	Nilai penjualan kotor timah (/ha/bulan)*)	25,200,000	25,200,000		
	Nilai penjualan kotor timah dalam kurun 6 bulan (/ha)*)			756,000,000	756,000,000
4	Asumsi lama pemulihan terumbu karang (tahun)	25	25		
	Rata-rata nilai timah dalam kurun 25 tahun (/ha/bulan)			2,520,000	2,520,000

Biaya transplantasi 2,5 kg karang/m² (/ha/25 tahun) 70 - 130 juta

*) dengan mengacu pada rata-rata harga timah pada semester kedua 2008 yakni Rp. 35.000,-

Penataan penambangan adalah tidak mudah juga karena ketidaksamaan pemahaman akan berbagai peraturan pemerintah, pemahaman pembagian hasil tambang antara pusat, provinsi dan kabupaten / kota, terkait dengan kontribusi bagi pembangunan daerah, dan pemahaman pemanfaatan sumber daya alam bagi semua rakyat, serta penegakan peraturan yang telah ada.

BAB VI. KESIMPULAN DAN SARAN

Pengalihan fungsi hutan lindung, lahan pertanian, pantai dan perairan pantai menjadi lahan tambang timah meningkatkan pendapatan pelaku tambang inkonvensional (TI) dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu karena keuntungan diperoleh dalam waktu singkat itu hanya dipetik sekali atau kurun waktu yang pendek. Dari studi kasus pengalihan lahan kebun lada dan kebun karet menjadi lahan tambang, keuntungan per hektar per bulan yang sama dapat dipenuhi dengan keuntungan bertani masing-masing 10.8 tahun dari berkebun lada, dan 3.2 tahun dari berkebun karet. Demikian juga nilai lahan penambangan timah selama enam bulan di pantai dan perairan pantai dapat dicapai oleh nelayan dalam setahun, di luar biaya pemulihan sekitar 25 tahun. Jika biaya pemulihan lahan pasca tambang dibebankan pada penambang, hanya pengalihan lahan di kebun lada yang menguntungkan, sedangkan pengalihan lahan di kebun karet, hutan lindung, dan pantai dan perairan pantai merugi.

Koordinasi penataan penambangan TI disarankan terus dikembangkan sehingga efisiensi pemanfaatan lahan, sejak dari survei, pengeboran, dan pelaksanaan ditingkatkan, dan pemulihan lahan pasca tambang dapat diberlakukan. 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 secara berkesinambungan. Pemahaman bersama itu diharapkan dilanjutkan dengan dalam penerbitan produk hukum dan penegakan hukum.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdel-Fattah GM, Fatma, F. Migahed, and A.H. Ibrahim. 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):835-841.
- Alexey EC. 2006a. TI apung marak, terumbu karang rusak. *Kompas* 15 September 2006.
- Alexey EC. 2006b. Ratusan tambang timah apung bermunculan. *Kompas* 20 Juli 2006.
- Ambalika I. 2008. Terumbu karang (coral reef) di Pantai Rebo Sungailiat Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. www.ubb.ac.id – Desember 2008.
- 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.
- Ang LH. 1994. Problems and Prospects of Afforestation on Sand Tin Tailings in Peninsular Malaysia. *J. of Tropical Forest Science* 7(1):87-105.
- Anonim 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].
- Anonim 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].
- Anonim 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].
- Anonim 2001. Awas! Bangka Terancam Petaka Lingkungan. <http://www.jatam.org/indonesia/newsletter/uploaded/gg20.html#gb>. GALI-GALI [visited April 12, 2003].
- Bangka Dalam Angka 2007. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos Online 2007. Dikunjungi 10 November 2007
- Bangka Pos 2006. Provinsi Bangka Belitung menjadi *pilot project* rehabilitasi lahan tingkat nasional.
- Bangka Dalam Angka 2005. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos 2004. 65 Persen Reklamasi PT Timah Rusak Berat. *Bangka Pos* 19 Maret 2004.
- Cesar H. 1996. Economic analysis on Indonesia coral reefs. The World Bank, Indonesia.

- Christie M, Hanley N, Warren J, Murphy K, Wright R, Hyde T. 2006. Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological Economics* 58:304-317.
- Dahuri R. 2003. Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Davis CC. 1955. The marine and fresh water plankton. Michigan: Michigan State University Press.
- Edwards AJ, Clark S. 1999. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):474-487.
- Edwards AJ, Clark S. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Islands. *Coral Reefs* 14:201-213.
- Elfis 1998. Vegetasi kerangas pada daerah bekas penambangan timah di Pulau Singkep Kepulauan Riau [tesis]. Padang: Universitas Andalas, Program Pascasarjana.
- Faber DA. 1956. Rapport van de Bodemkundige Kaartering van Bangka (Report of the Soil Mapping of Bangka) in Chin A Tam SM. 1993. Bibliography of Soil Science in Indonesia 1890 - 1993. Haren: DLO – Institute for Soil Fertility Research (IB-DLO).
- Ferianita-Fachrul M, Haeruman H, Sitepu LC. 2005. Komunitas fitoplankton sebagai bio-indikator kualitas perairan Teluk Jakarta. Seminar Nasional MIPA 2005, FMIPA Universitas Indonesia, 24-26 November 2005.
- Gadermann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. *Trans. Br. Mycol. Soc.* 46:235-244.
- Gomez ED, Yap HT. 1988. Monitoring reef condition in Kenchington RA, Hudson BET (eds.). *Coral reef management hand book*. UNESCO regional office for science and technology for South East Asia, Jakarta, p. 187-195.
- Hartono I. 2008. Rehabilitasi karang berbasis masyarakat. <http://harerablog.blogspot.com/2008/12/rehabilitasi-karang-berbasis-masyarakat.html> [Januari 2009]
- 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.
- <http://www.itri.co.uk>. 25 Jun 2008 PT Timah looks offshore. [dikunjungi 25 Juni 2008]
- Indrawadi 2009. Ukuran dan kerugian akibat kerusakan terumbu karang. http://www.geocities.com/minangbahari/artikel/ukuran_kerugian.html [dikunjungi Januari 2009]
- Jaap WC, 2000. Coraf reef restoration. *Ecological Engineering* 15(3-4): 345-364.
- 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.
- Kompas. 2006. Warga bentrok dengan penambang, 6 orang luka. Kompas 27 Mei 2006.
- Kompas. 2005. Nelayan dan masyarakat protes adanya aktivitas baru. Kompas 8 Agustus 2005.
- Kusmana C. 1997. Metode survey vegetasi. Bogor: PT Penerbit IPB.
- Media Indonesia. 2007. Nilai ekspor timah Indonesia lampau US\$ 1 milyar. 6 November 2007.
- Metro Bangka Belitung. 2007a. Pembatasan kuota lada siapa diuntungkan? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 14.
- Metro Bangka Belitung. 2007b. Pertambangan Kontribusi Terbesar PDRB. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007c. Pemberlakuan Permendag No 19/2007 Daerah lain yang makan nangka Babel kena getahnya. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007d. Pasca 5 Oktober 2006 Apa kabar pertimahan Babel? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Mueller-Dumbois D, Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2008. Revegetation of tin-mined land using various local tree species in Bangka Island, Indonesia. Di dalam: Barnhisel RI, editor 2008. *2008 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Richmond VA, New Opportunities to Apply Our Science on June 14-19, 2008*. Lexington: ASMR, pp. 739-755.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007a. Succession On Tin-mined Land in Bangka Island di The Seventh International Flora Malesiana Symposium, 17 – 22 Juni 2007 di Leiden, Belanda.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y, Mardatin NF. 2007b. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Suksesi Lahan Pasca Tambang 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, 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, Setiadi Y. 2007d. Sabut Kelapa sebagai Mulsa pada Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Eugenia* 13(4): 366-382.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007f. Populasi *Collembola* di Lahan Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Biodiversitas* 8(4): 309-313

- Nybakken JW. 1988. Biologi laut: suatu pengantar ekologi (terjemahan). Eidman HM, Bangen DE, Malikusworo H, Sukristyono (penterjemah). Jakarta: Gramedia.
- Odum EP. 1971. *Fundamentals of Ecology* (3rd Edition). Philadelphia: WB Saunders Company.
- [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 Timah Tbk. – Lembaga Penelitian Universitas Sriwijaya 2000. Identifikasi Kolong Pasca Penambangan Timah di Wilayah Bangka-Belitung. Laporan Akhir.
- PT Timah Tbk. 1997. ANDAL, RKL, dan RPL. Kegiatan Penambangan Timah dan Pasir Laut di Perairan P. Bangka Kabupaten Bangka, Propinsi Sumatera Selatan.
- Rodriguez H, Fraga R. 1999. Phosphate Solubilizing Bacteria and Their Role in Plant Growth Promotion. *Biotechnology Advances* 17:319-339.
- Schenk NC, Perez Y. 1988. *Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi*. Second Edition. Gainesville: International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi.
- Soerianegara I, Indrawan A. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Spurgeon JPG, Lindahl U. 2000. *Economics of Coral Reef Restoration*. <http://iodeweb1.vliz.be/odin/handle/1834/564?language=fr>.
- Stasiun Meteorologi Pangkalpinang. 2006. Data Iklim Bangka 1996 – 2005.
- Suara Pembaruan 2004. Gubernur Babel : 30 persen hutan di Bangka rusak berat akibat aktivitas penambangan. Suara Pembaruan 29 Desember 2004.
- Suciatmih. 1998. Populasi Mikroba Penyubur Tanah pada Lahan Terdegradasi Di Wilayah Singkep, Riau *in* Siregar M, Sunaryo, Sambas EN, Rahmansyah M, Hidayati N (eds.). 1998. *Proyek Penelitian Pengembangan dan Pendayagunaan Potensi Wilayah TA 1997/1998*. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI.
- Suhardjono YS. 2004. Materi Pelatihan Identifikasi dan Penanganan Spesimen Collembola. Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Puslit Biologi – LIPI (*unpublished*).
- Supriharyono 2000. *Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang*. Jakarta: Djambatan.
- Susilo FX, Gafur A, Utomo M, Evizal R, Murwani S, Swibawa IG. (eds.) 2004. *Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity*. Universitas Lampung.
- Veron J. 1995. *Corals in space and time: biogeography and evolution of the Sclerectinia*. Sidney: UNSW Press.
- Widagdo V, Suwandi, Miskad S, Dedin K, Suratman, Hapid H, Dai J, Hidayat A, Buurman P, Balsem T. 1990. *Buku Keterangan Peta Satuan Lahan dan Tanah*

Pulau Bangka dan Sebagian Sumatera Daratan (lembar 1113, 1114, 1212, dan 1213). Bogor: Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat.

Zulkarnain I, Erman E, Pudjiastuti TN, Mulyaningsih Y. 2005. Konflik di Kawasan Pertambangan Timah Bangka Belitung: Persoalan dan Alternatif Solusi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Lampiran

Lampiran 1. Semai di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Scleria levis</i> Retz.	Cyperaceae	52.2
2	Unidentified 1		27.0
3	<i>Cyrtococcum patens</i> A. Camus	Poaceae	13.5
4	<i>Syzygium</i> sp.1	Myrtaceae	12.3
5	<i>Dianella nemorosa</i> Lam.	Liliaceae	10.2
6	<i>Syzygium</i> sp.2	Myrtaceae	10.2
7	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Poaceae	9.9
8	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	7.8
9	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	6.6
10	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Aiton) Hassk.	Myrtaceae	6.6
11	<i>Mischocarpus sundaicus</i> Bl.	Sapindaceae	6.6
12	<i>Calophyllum pulcherrimum</i> Wall.	Clusiaceae	4.5
13	<i>Tylophora cissoides</i> Blume	Asclepiadaceae	3.3
14	<i>Elephantopus scaber</i> L.	Asteraceae	3.3
15	<i>Cratogeomys formosum</i> (Jack) Dyer	Hypericaceae	3.3
16	<i>Eulalia</i> cf. <i>amaura</i> Ohwi	Poaceae	3.3
17	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Poaceae	3.3
18	<i>Themeda</i> cf. <i>villosa</i> Dur. Et Jacks.	Poaceae	3.3
19	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	Poaceae	3.3
20	<i>Guioa</i> sp. 2	Sapindaceae	3.3
21	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae	3.3
22	<i>Vitex pinnata</i> L.	Verbenaceae	3.3

Lampiran 2. Sapihan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Cratogeomys formosum</i> (Jack) Dyer	Hypericaceae	31.5
2	<i>Vitex pinnata</i> L.	Verbenaceae	26.8
3	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	26.7
4	<i>Syzygium</i> sp.2	Myrtaceae	15.9
5	<i>Lantana camara</i> L.	Verbenaceae	10.8
6	<i>Antidesma montanum</i> Blume	Euphorbiaceae	10.2
7	<i>Garcinia</i> sp.	Clusiaceae	9.5
8	<i>Brackenridgea palustris</i> Bartell.	Ochnaceae	8.9
9	<i>Rhodomyrtus tomentosa</i> (Aiton) Hassk.	Myrtaceae	7.0
10	<i>Rhodamnia cinerea</i> Jack	Myrtaceae	7.0
11	<i>Ediandra</i> sp.	Lauraceae	6.3
12	<i>Diospyros hermaphroditica</i> (Zoll.) Bakh.	Ebenaceae	4.4
13	<i>Leea indica</i> (Burm.f.) Merr.	Leeaceae	4.4
14	<i>Arthropodium javanicum</i> Blume	Araliaceae	3.8
15	<i>Syzygium</i> sp.1	Myrtaceae	3.8
16	<i>Mischocarpus sundaicus</i> Bl.	Sapindaceae	3.8
17	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae	3.8
18	<i>Diospyros</i> sp.	Ebenaceae	1.9
19	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	1.9
20	<i>Maesa ramentacea</i> Wall.	Myrsinaceae	1.9
21	<i>Syzygium</i> sp.3	Myrtaceae	1.9
22	<i>Cyrtococcum patens</i> A. Camus	Poaceae	1.9
23	<i>Plectronia</i> sp.	Rubiaceae	1.9
24	<i>Guioa</i> sp. 1	Sapindaceae	1.9
25	<i>Symplocos adenophylla</i> Wall. ex G.Don	Symplocaceae	1.9

Lampiran 3. Tihang di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Syzygium</i> sp.2	Myrtaceae	149.5
2	<i>Vitex pinnata</i> L.	Verbenaceae	66.1
3	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	25.8
4	<i>Mallotus paniculatus</i> (Geisel.)Muell.Arg.	Euphorbiaceae	22.5
5	<i>Ediandra</i> sp.	Lauraceae	20.0
6	<i>Mapania</i> sp.	Cyperaceae	16.0

Lampiran 4. Semai di lahan bekas (TI) hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Scleria levis</i> Retz.	Cyperaceae	67.8
2	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	Poaceae	65.6
3	<i>Elephantopus scaber</i> L.	Asteraceae	40.3
4	<i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC.	Rubiaceae	18.8
5	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	7.5

Lampiran 5. Sapihan di lahan bekas (TI) hutan Lingkungan Lubuk Kelik

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	200.0

Lampiran 6. Semai di kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Lygodium circinnatum</i> Sw.	Schizaeaceae	29.9
2	<i>Calophyllum pulcherrimum</i> Wall.	Clusiaceae	19.2
3	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	16.9
4	<i>Tetracera indica</i> (Houtt.ex Christ.&Pauz.) Merr.	Dilleniaceae	14.9
5	<i>Centotheca lappacea</i> (L.) Desv.	Poaceae	13.9
6	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	11.6
7	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	9.8
8	<i>Combretum latifolium</i> Blume	Combretaceae	9.1
9	<i>Ormosia cf.bancana</i> Merr.	Fabaceae	8.1
10	<i>Clerodendrum</i> sp.	Verbenaceae	7.9
11	<i>Scleria levis</i> Retz.	Cyperaceae	7.6
12	<i>Jasminum</i> sp.	Oleaceae	6.6
13	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Poaceae	6.6
14	<i>Nephrolepis biserrata</i> (Sw.) Schott.	Nephrolepidaceae	5.8
15	<i>Gleichenia linearis</i> Clark.	Gleicheniaceae	4.8
16	<i>Rolandra fructifera</i> (L.) O.Kuntze	Asteraceae	3.3
17	<i>Dillenia cf. suffruticosa</i> (Griff.) Mart.	Dilleniaceae	3.3
18	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Tiliaceae	3.3
19	<i>Chromolaena odorata</i> (L.)R.M.King & H. Rob.	Asteraceae	2.5
20	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.) Bedd.	Blechnaceae	2.5
21	<i>Mapania</i> sp.	Cyperaceae	2.5
22	<i>Desmodium gyroides</i> DC.	Fabaceae	2.5
23	<i>Saccharum</i> sp.	Poaceae	2.5
24	<i>Cyrtococcum patens</i> A. Camus	Poaceae	2.5
25	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae	2.5

Lampiran 7. Sapihan di kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Schima wallichii</i> (DC.) Korth.	Theaceae	42.5
2	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	36.3
3	<i>Microcos tomentosa</i> Sm.	Tiliaceae	18.3
4	<i>Maesa ramentacea</i> Wall.	Myrsinaceae	15.5
5	<i>Ormosia cf. bancana</i> Merr.	Fabaceae	10.9
6	<i>Helicia robusta</i> (Roxb.) R.Br. ex Wall	Proteaceae	10.9
7	<i>Guioa</i> sp. 3	Sapindaceae	9.1
8	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	6.3
9	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H. Rob.	Asteraceae	4.6
10	<i>Calophyllum pulcherrimum</i> Wall.	Clusiaceae	4.6
11	<i>Dillenia cf. suffruticosa</i> (Griff.) Mart.	Dilleniaceae	4.6
12	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	4.6
13	<i>Leea indica</i> (Burm.f.) Merr.	Leeaceae	4.6
14	<i>Artocarpus rigidus</i> Blume	Moraceae	4.6
15	<i>Psidium guajava</i> Linn.	Myrtaceae	4.6
16	<i>Jasminum</i> sp.	Oleaceae	4.6
17	<i>Prismatomeris</i> sp.	Rubiaceae	4.6
18	<i>Nephelium</i> sp.	Sapindaceae	4.6
19	<i>Symplocos adenophylla</i> Wall.ex G.Don	Symplocaceae	4.6

Lampiran 8. Tihang di kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	178.3
2	Unidentified 2	Arecaceae	10.8
3	<i>Erythrina</i> sp.	Fabaceae	10.8

Lampiran 9. Pohon di kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Hevea brasiliensis</i> Muell.Arg.	Euphorbiaceae	200.0

Lampiran 10. Semai di lahan bekas (TI) kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	55.3
2	<i>Pennisetum polystachyon</i> (L.) J.A.Schultes	Poaceae	29.2
3	<i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC.	Rubiaceae	22.8
4	<i>Scleria levis</i> Retz.	Cyperaceae	21.1
5	<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	15.6
6	<i>Clidemia hirta</i> (L.) Don	Melastomataceae	15.6
7	<i>Paspalum conjugatum</i> Berg.	Poaceae	13.9
8	<i>Merremia</i> sp.	Convolvulaceae	8.8
9	<i>Dianella nemorosa</i> Lam.	Liliaceae	8.8
10	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	8.8

Lampiran 11. Sapihan di lahan bekas (TI) kebun karet

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Commersonia bartramia</i> (L.) Merr.	Sterculiaceae	110.0
2	<i>Ormosia bancana</i> Merr.	Fabaceae	45.0
3	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	45.0

Lampiran 12. Semai di kebun lada

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H. Rob.	Asteraceae	88.1
2	<i>Cleome aspera</i> Koen.	Capparidaceae	63.9
3	<i>Lygodium circinnatum</i> Sw.	Schizaeaceae	10.0
4	<i>Scleria levis</i> Retz.	Cyperaceae	6.9
5	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Poaceae	6.9
6	<i>Stenochlaena palustris</i> (Burm.) Bedd.	Blechnaceae	6.1
7	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	6.1
8	<i>Clidemia hirta</i> (L.) Don	Melastomataceae	6.1
9	<i>Centotheca lappacea</i> (L.) Desv.	Poaceae	6.1

Lampiran 13. Sapihan di kebun lada

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Piper nigrum</i> L.	Piperaceae	123.2
2	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H. Rob.	Asteraceae	64.8
3	<i>Aporosa aurita</i> (Tul.) Miq.	Euphorbiaceae	11.9

Lampiran 14. Semai di lahan bekas (TI) kebun lada

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Ageratum conyzoides</i> L.	Asteraceae	65.4
2	<i>Cyperus</i> sp.	Cyperaceae	36.4
3	<i>Chromolaena odorata</i> (L.) R.M.King & H. Rob.	Asteraceae	32.1
4	<i>Cleome aspera</i> Koen.	Capparidaceae	11.0
5	<i>Mallotus paniculatus</i> (Geisel.) Muell. Arg.	Euphorbiaceae	11.0
6	<i>Melastoma malabatricum</i> L.	Melastomataceae	11.0
7	<i>Centotheca lappacea</i> (L.) Desv.	Poaceae	11.0
8	<i>Borreria alata</i> (Aubl.) DC.	Rubiaceae	11.0
9	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	11.0

Lampiran 15. Sapihan di lahan (TI) bekas kebun lada

No.	Spesies	Suku	INP
1	<i>Trema orientalis</i> (L.) Blume	Ulmaceae	200.0

Lampiran 16. Semai dan vegetasi bawah di Pantai Bubus yang tidak terganggu

No.	Jenis	Nama daerah	Suku	INP
1	<i>Cyperus killingia</i> Endl.		Cyperaceae	48.1
2	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Ekor tupai	Poaceae	27.9
3	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. Ex J.R. & G. Forts	Ru / cemara laut	Casuarinaceae	27.5
4	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Andong-andong	Goodeniaceae	21.1
5	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.		Asteraceae	14.8
6	Poaceae sp.1	Ranggi	Poaceae	9.9
7	<i>Pemphis acidula</i> J.R. & G. Frost.		Combretaceae	8.1
8	<i>Derris trifolia</i> Bth.		Fabaceae	7.4
9	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.). R.Br.		Convolvulaceae	7.4
10	<i>Rhizophora</i> sp.	Bakau	Rhizophoraceae	5.6
11	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Waru	Malvaceae	4.9
12	<i>Synostemon bacciformis</i> (L.) Webster		Euphorbiaceae	4.9
13	<i>Centrosema pubesbens</i> Bth.		Fabaceae	2.5
14	Anonim		Acanthaceae	2.5
15	<i>Pandanus odoratissimus</i> L.f. (<i>P. Tectorius</i> Soland. Ex Park.)	Pandan laut	Pandanaceae	2.5
16	<i>Terminalia catappa</i> L.	Ketapang	Combretaceae	2.5
17	<i>Nypa fruticans</i> Wurm.	Nipah	Arecaceae	2.5

Lampiran 17. Semai dan vegetasi bawah di Pantai Bubus yang terganggu

No.	Jenis	Nama daerah	Suku	INP
1	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Andong-andong	Goodeniaceae	34.2
2	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.). R.Br.		Convolvulaceae	28.2
3	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Waru	Malvaceae	22.6
4	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.		Asteraceae	17.1
5	<i>Terminalia catappa</i> L.	Ketapang	Combretaceae	13.2
6	Poaceae sp.1	Ranggi	Poaceae	9.4
7	<i>Cyperus killingia</i> Endl.		Cyperaceae	9.4
8	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. ex J.R. & G. Forts	Ru / cemara laut	Casuarinaceae	9.4
9	<i>Rhizophora</i> sp.	Bakau	Rhizophoraceae	9.4
10	<i>Synostemon bacciformis</i> (L.) Webster		Euphorbiaceae	9.4
11	<i>Ipomoea triloba</i> L.		Convolvulaceae	9.4
12	<i>Indigofera</i> sp.1		Fabaceae	9.4
13	<i>Phaseolus radiatus</i> L.		Fabaceae	9.4
14	<i>Urochloa mutica</i> (Forssk.) Stapf.		Poaceae	9.4

Lampiran 18. Semai dan vegetasi bawah di Pantai Rebo yang tidak terganggu

No.	Jenis	Nama daerah	Suku	INP
1	<i>Polygala javana</i> DC.		Polygalaceae	43.8
2	Poaceae sp.1	Ranggi	Poaceae	27.1
3	<i>Heritiera littoralis</i> Drand. ex W.Ait.		Sterculiaceae	23.4
4	<i>Euphorbia atoto</i> Forst.f.		Euphorbiaceae	21.1
5	<i>Cyperus killingia</i> Endl.		Cyperaceae	19.6
6	<i>Cuscuta australis</i> R.Br.		Lauraceae	18.0
7	<i>Desmodium umbellatum</i> (L.) DC.		Fabaceae	11.7
8	<i>Imperata cylindrica</i> (L.) Beauv.	Alang-alang	Poaceae	8.3
9	<i>Ipomoea pes-caprae</i> (L.). R.Br.		Convolvulaceae	6.2
10	<i>Derris trifolia</i> Bth.		Fabaceae	5.5
11	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.		Asteraceae	3.1
12	<i>Terminalia catappa</i> L.	Ketapang	Combretaceae	2.4
13	<i>Rhizophora</i> sp.	Bakau	Rhizophoraceae	2.4
14	<i>Canavalia ensiformis</i> (L.) DC.		Fabaceae	2.4
15	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Andong-andong	Goodeniaceae	2.4
16	<i>Hibiscus tiliaceus</i> L.	Waru	Malvaceae	2.4

Lampiran 19. Semai dan vegetasi bawah di Pantai Rebo yang terganggu

No.	Jenis	Nama daerah	Suku	INP
1	Poaceae sp.1	Ranggi	Poaceae	66.4
2	<i>Euphorbia atoto</i> Forst.f.		Euphorbiaceae	12.2
3	<i>Cuscuta australis</i> R.Br.		Lauraceae	12.2
4	<i>Desmodium umbellatum</i> (L.) DC.		Fabaceae	11.4
5	<i>Scaevola taccada</i> (Gaertn.) Roxb.	Andong-andong	Goodeniaceae	11.3
6	<i>Phaseolus radiatus</i> L.		Fabaceae	11.3
7	<i>Pandanus odoratissimus</i> L.f. (<i>P. tectorius</i> Soland. Ex Park.)	Pandan laut	Pandanaceae	8.9
8	<i>Sesuvium portulacastrum</i> (L.) L.		Portulacaceae	8.9
9	<i>Heritiera littoralis</i> Drand. ex W.Ait.		Sterculiaceae	6.6
10	<i>Ipomoea triloba</i> L.		Convolvulaceae	6.4
11	<i>Synostemon bacciformis</i> (L.) Webster		Euphorbiaceae	6.4
12	<i>Porophyllum ruderale</i> (Jacq.) Cass.		Asteraceae	5.6
13	<i>Cyperus killingia</i> Endl.		Cyperaceae	4.8
14	<i>Polygala javana</i> DC.		Polygalaceae	9.7
15	<i>Pennisetum purpureum</i> Schum.	Ekor tupai	Poaceae	4.1
16	<i>Casuarina equisetifolia</i> L. ex J.R. & G. Forts	Ru / cemara laut	Casuarinaceae	4.1
17	<i>Wedelia biflora</i> (L.) DC.		Asteraceae	3.3
18	<i>Indigofera</i> sp.1		Fabaceae	3.3
19	<i>Rhizophora</i> sp.	Bakau	Rhizophoraceae	3.3

Lampiran 20. Jumlah spora tiap-tiap marga fungi mikoriza arbuskula (FMA) per 50g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	<i>Glomus</i>			<i>Giga spora</i>	<i>Scutello spora</i>	<i>Acaulospora</i>		Total spora	
		sp1	sp2	sp3			sp1	sp2		
Hutan	<i>Cratogeomys formosum</i>	1.3	7.3	10.0	0.7	0.0	1.7	1.0	22.0	60.0
	<i>Syzygium</i> sp.	5.7	1.7	13.7	0.7	0.0	0.0	0.0	21.7	
	<i>Vitex pinnata</i>	0.0	6.7	8.3	0.0	1.3	0.0	0.0	16.3	
TI Hutan	<i>Trema orientalis</i>	1.0	0.3	1.7	1.7	0.0	0.0	0.0	4.7	12.7
	<i>Unidentified</i>	1.3	0.0	2.7	0.0	0.0	0.0	1.3	5.3	
	<i>Scleria levis</i>	0.3	0.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.0	2.7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	8.3	14.0	12.3	0.0	0.0	0.7	1.3	36.7	106.7
	<i>Hevea brasiliensis</i>	6.0	20.0	13.7	0.0	0.3	1.7	0.0	41.7	
	<i>Schima wallichii</i>	5.7	6.7	12.3	1.3	0.0	2.3	0.0	28.3	
TI Karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	1.0	20.7	22.0	2.3	0.3	0.3	0.0	46.7	75.7
	<i>Melastoma malabathricum</i>	2.0	3.7	1.0	0.7	0.0	1.7	2.3	11.3	
	<i>Mischocarpus sundaicus</i>	4.7	5.7	5.0	1.7	0.7	0.0	0.0	17.7	
Kebun Lada	<i>Hevea brasiliensis</i>	8.3	6.7	0.7	0.0	1.0	2.3	7.0	26.0	48.7
	<i>Cleome aspera</i>	6.0	1.7	4.3	0.0	0.0	0.7	0.7	13.3	
	<i>Chromolaena odorata</i>	5.3	0.0	4.0	0.0	0.0	0.0	0.0	9.3	
TI Lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	2.0	0.7	3.7	0.3	0.0	0.0	0.0	6.7	17.3
	<i>Trema orientalis</i>	2.3	0.0	2.0	0.7	0.0	0.0	0.0	5.0	
	<i>Chromolaena odorata</i>	0.7	2.0	2.3	0.0	0.0	0.0	0.7	5.7	

Lampiran 21. Jumlah koloni mikroba pelarut fosfat (MPF) per g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	Jumlah koloni 10 ⁵	Total koloni 10 ⁵
Hutan	<i>Cratoxylum formosum</i>	4.0	18.0
	<i>Syzygium</i> sp.	6.3	
	<i>Vitex pinnata</i>	7.7	
TI Hutan	<i>Trema orientalis</i>	1.3	7.3
	<i>Unidentified</i>	4.3	
	<i>Scleria levis</i>	1.7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	7.0	32.7
	<i>Hevea brasiliensis</i>	11.3	
	<i>Schima wallichii</i>	14.3	
TI Karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	3.0	8.3
	<i>Melastoma malabathricum</i>	3.3	
	<i>Mischocarpus sundaicus</i>	2.0	
Kebun lada	<i>Piper nigrum</i>	3.0	12.7
	<i>Cleome aspera</i>	2.0	
	<i>Chromolaena odorata</i>	7.7	
TI Lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	2.3	14.0
	<i>Trema orientalis</i>	9.3	
	<i>Serunai</i>	2.3	

Lampiran 22. Transek terumbu karang di Pantai Rebo tidak terganggu

Ulangan 1			Ulangan 2			Ulangan 3		
Transisi	<i>Life form</i>	Keterangan	Transisi	<i>Life form</i>	Keterangan	Transisi	<i>Life form</i>	Keterangan
20	ACB		3500			7000		
53	CF	Montipora	3697	ACB		7009	DC	
132	ACB		3722	CE	Montipora	7512	CF	Montipora
147	CE	Echinopora	4084	ACB		7530	CF	Pavona
218	CF	Montipora	4021	CF	Montipora	7660	ACT	
228	ACB		4043	DC		7691	CF	Montipora
289	CF	Montipora	4067	CF	Montipora	7734	ACT	
323	ACB		4198	CM	Montastrea	7749	DC	
347	CF	Montipora	4219	CM	Acanthastrea	7818	CF	Montipora
363	CMR	Fungia	4586	ACB		7853	ACB	
385	CF	Montipora	4617	DC		7867	CF	Montipora
440	ACB		4636	CF	Montipora	8105	DC	
496	ACT		4748	ACB		8028	CE	Galaxea
842	ACB		4781	CF	Montipora	8091	CF	Montipora
956	CF	Montipora	4847	ACB		8128	ACT	
998	ACB		4865	DC		8378	CF	Montipora
1061	HA	Halimeda	4882	OT	Anemon	8609	ACB	
1178	ACB		4997	ACB		8742	CF	Montipora
1252	CF	Montipora	5115	ACT		8780	DC	
1335	ACB		5133	DC		8897	ACT	
1362	CF	Montipora	5185	ACT		9020	DC	
1437	ACB		5224	ACB		9038	CF	Montipora
1585	CF	Montipora	5248	CF	Montipora	9085	ACB	
1717	ACB		5300	ACB		9133	DC	
1733	CF	Montipora	5324	CF	Montipora	9184	CF	Montipora
1773	ACB		5370	CS	Montipora	9209	CM	Goniastrea
1809	CF	Montipora	5375	CS	Pocillopora	9730	CF	Montipora
1887	ACB		5418	ACB		9795	ACB	
1978	CF	Montipora	5441	DC		9900	ACB	
2017	ACT		5483	CF	Montipora	10000	CF	Montipora
2065	CF	Montipora	5584	ACB				
2087	CF	Pavona	5603	CE	Echinopora			
2135	CF	Montipora	5615	CF	Montipora			
2206	ACB		5641	ACB				
2231	CF	Montipora	5690	CF	Montipora			
2327	CF	Montipora	5722	ACB				
2387	ACB		5741	CF	Montipora			
2520	CF	Montipora	5801	ACB				
2586	ACB		5852	CF	Montipora			
2703	CF	Montipora	5896	DC				
2739	ACT		5955	CF	Montipora			
2785	CF	Montipora	6057	ACB				
2847	CF	Montipora	6088	DC				
2928	ACB		6179	CF	Montipora			
2951	CF	Montipora	6251	DC				
3000	ACB		6265	CE	Galaxea			
			6309	DC				
			6455	CF	Montipora			
			6500	ACB				

Lampiran 23. *Life form*, karang, dan prosentase penutupan karang hidup di Pantai Rebo yang tidak terganggu

<i>Life form</i>	Keterangan	Cover (%) pada transek		
		1	2	3
HA	Halimeda	63		
CMR	Fungia sp.	16		
CF	Montipora	1,315		
CF	Pavona	22		
CE	Echinopora	15		
ACT	Acropora	131		
ACB	Acropora	1,438		
DC			303	
OT	Anemon		17	
CS	Montipora		46	
CS	Pocillopora		5	
CM	Montastrea		31	
CM	Acanthastrea		21	
CE	Montipora		655	
CE	Echinopora		19	
CE	Galaxea		14	
ACT	Acropora		170	
ACB	Acropora		1,719	
DC				371
CM	Gontastrea			25
CF	Montipora			1,753
CE	Galaxea			23
CF	Pavona			18
ACT	Acropora			327
ACB	Acropora			483
	Karang	2,937	2,697	2,629
	Jumlah	3,000	3,000	3,000
	Penutupan karang (%)	98	90	88

Lampiran 24. Luas lahan, produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan setiap petani lada dalam masa produksi tiga tahun

Petani lada	Luas (ha)	Produksi (kg)	Harga (Rp.)	Penerimaan (Rp.)	Biaya Produksi (Rp.)	Pendapatan (Rp.)
1	2	2,500	28,000	70,000,000	45,525,000	24,475,000
2	1	220	28,000	6,160,000	1,535,000	4,625,000
3	1	204	27,000	5,508,000	1,635,000	3,873,000
4	1	700	28,000	19,600,000	9,855,000	9,745,000
5	1	1,500	25,000	37,500,000	10,365,500	27,134,500
6	4	8,000	30,000	240,000,000	96,490,000	143,510,000
7	1	750	28,000	21,000,000	8,570,000	12,430,000
8	1	250	28,000	7,000,000	1,870,000	5,130,000
9	1	1,200	29,000	34,800,000	11,705,000	23,095,000
10	1	1,036	28,000	29,008,000	27,050,000	1,958,000
Jumlah	10	12	16,360	470,576,000	214,600,500	255,975,500
Rata-rata pendapatan Rp./ ha / bulan / orang						592,536

Lampiran 25. Luas lahan, produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan setiap petani karet dalam masa produksi sembilan tahun

Petani karet	Luas (ha)	Produksi (kg)	Harga (Rp.)	Penerimaan (Rp.)	Biaya Produksi (Rp.)	Pendapatan (Rp.)
1	1	7,680	6,000	46,080,000	8,180,000	37,900,000
2	1	2,880	6,000	17,280,000	12,020,000	5,260,000
3	1	4,800	6,000	28,800,000	19,700,000	9,100,000
4	1	4,800	6,000	28,800,000	19,700,000	9,100,000
5	1	7,680	6,000	46,080,000	31,220,000	14,860,000
6	1	7,200	6,000	43,200,000	29,300,000	13,900,000
7	1	4,600	6,000	27,600,000	18,900,000	8,700,000
8	1	7,680	6,000	46,080,000	31,220,000	14,860,000
9	1	4,800	6,000	28,800,000	19,700,000	9,100,000
10	1	4,800	6,000	28,800,000	19,700,000	9,100,000
Jumlah	10	10	56,920	341,520,000	209,640,000	131,880,000
Rata-rata pendapatan Rp./ ha / bulan / orang						122,111

Lampiran 26. Luas lahan, produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan penambang timah inkonvensional di hutan lindung, di Lingkungan Lubuk Kelik, Kelurahan Parit Padang per bulan

Penambang TI di hutan lindung	Luas (ha)	Produksi (kg)	Harga (Rp.)	Penerimaan (Rp.)	Biaya Produksi (Rp.)	Pendapatan (Rp.)
1	1.0	700	40,000	28,000,000	12,000,000	16,000,000
2	1.0	800	38,000	30,400,000	14,000,000	16,400,000
3	1.0	600	35,000	21,000,000	1,200,000	19,800,000
4	1.0	1,000	38,000	38,000,000	20,000,000	18,000,000
5	1.0	600	38,000	22,800,000	10,000,000	12,800,000
6	1.0	1,500	40,000	60,000,000	16,000,000	44,000,000
Jumlah	6	6	5,200	200,200,000	73,200,000	127,000,000
Rata-rata pendapatan Rp./ ha / bulan / orang						21,166,667

Lampiran 27. Luas lahan, produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan penambang timah inkonvensional di lahan bekas kebun lada di Desa Silip per bulan

Penambang TI di Kebun Lada	Luas (ha)	Produksi (kg)	Harga (Rp.)	Penerimaan (Rp.)	Biaya Produksi (Rp.)	Pendapatan (Rp.)
1	1.0	3,000	38,000	114,000,000	20,000,000	94,000,000
2	0.5	250	36,000	9,000,000	9,000,000	0
3	0.5	300	37,000	11,100,000	8,600,000	2,500,000
4	1.0	1,300	38,000	49,400,000	14,000,000	35,400,000
5	0.5	600	35,000	21,000,000	10,000,000	11,000,000
6	1.0	5,000	40,000	200,000,000	46,000,000	154,000,000
7	1.0	800	38,000	30,400,000	16,000,000	14,400,000
8	0.5	600	35,000	21,000,000	8,000,000	13,000,000
9	1.0	4,000	38,000	152,000,000	40,000,000	112,000,000
10	1.0	5,000	38,000	190,000,000	14,000,000	176,000,000
Jumlah	10	8	20,850	797,900,000	185,600,000	612,300,000
Rata-rata pendapatan Rp./ ha / bulan / orang						76,537,500

Lampiran 28. Luas lahan, produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan penambang timah inkonvensional di lahan bekas kebun karet di Desa Bencah per bulan

Penambang TI di Kebun Karet	Luas (ha)	Produksi (kg)	Harga (Rp.)	Penerimaan (Rp.)	Biaya Produksi (Rp.)	Pendapatan (Rp.)
1	1.0	720	34,000	24,480,000	14,000,000	10,480,000
2	0.5	700	32,000	22,400,000	14,000,000	8,400,000
3	0.5	700	32,000	22,400,000	20,000,000	2,400,000
4	0.5	200	30,000	6,000,000	4,800,000	1,200,000
5	1.0	360	30,000	10,800,000	5,060,000	5,740,000
6	1.0	800	30,000	24,000,000	20,000,000	4,000,000
7	2.0	800	32,000	25,600,000	14,000,000	11,600,000
8	4.0	380	32,000	12,160,000	7,600,000	4,560,000
9	2.0	600	32,000	19,200,000	12,000,000	7,200,000
10	1.0	800	30,000	24,000,000	14,000,000	10,000,000
Jumlah	10	14	6,060	191,040,000	125,460,000	65,580,000
Rata-rata pendapatan Rp./ ha / bulan / orang						4,684,286

Lampiran 29. Kuesioner untuk penambang timah inkonvensional di hutan lindung Lubuk Kelik, Kelurahan Parit Padang, Kebun Lada di Desa Silip, dan Kebun Karet di Desa Bencah

Daftar Pertanyaan

Kajian Manfaat Sosial Ekonomi Penambangan Timah Inkonvensional dan Kerusakan Lingkungan dan Keanekaragaman Hayati yang Ditimbulkannya di Pulau Bangka

Lokasi Penelitian :

Nomor Responden :

I. Identitas Responden

Nama Responden :

Umur :

Pendidikan :

Jumlah Anggota Keluarga: Laki-laki orang

Perempuan orang

Pekerjaan Selain Usahatani Lada/Karet:

Susunan Keluarga Berdasarkan Umur dan Jenis Kelamin

No.	Susunan Keluarga	Jenis Kelamin	Umur (tahun)	Keterangan
1	Ayah			
2	Ibu			
3	Anak ke - 1			
4	Anak ke - 2			
5	Anak ke - 3			
6	Anak ke - 4			
7	Anak ke - 5			
8			

II. Keadaan Usahatani Lada / Karet

1. Luas lahan usaha tani lada / karet : ha

2. Status penggunaan lahan :

- a. Milik sendiri
- b. Menyewa
- c. Menyakap

3. Jika menyewa, berapa sewanya
jika menyakap bagaimana sistem bagi hasilnya
4. Tenaga kerja yang digunakan :
 - a. Dalam keluarga: laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
 - b. Luar Keluarga : laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
5. Upah tenaga kerja / hari : Rp.
6. Jumlah bibit / ha :
7. Harga jual lada / karet : Rp.

a. Penggunaan Tenaga Kerja

No.	Uraian	Laki-laki			Perempuan			Anak-anak			Total		
		OK1	OK2	UK	OK1	OK2	UK	OK1	OK2	UK	OK1	OK2	UK
1	Pengolahan tanah												
2	Pemasangan mulsa												
3	Penanaman												
4	Pemupukan												
5	Pengendalian HPT												
6	Panen												

Keterangan.:

OK = orang kerja; UK = upah kerja; 1 = tenaga kerja keluarga; 2 = tenaga kerja luar keluarga

b. Biaya Produksi Usaha tani Lada / Karet

No	Jenis	Jumlah (kg/ liter / buah)	Harga (Rp.)	Total Nilai (Rp)
a.	Bibit unggul			
	lokal			
b.	Pupuk urea			
	TSP			
	KCl			
	NPK			
	SP-36			
	Pupuk kandang			
c.	Obat-obatan			
d.	Alat-alat			
			
e.	Mesin			
			

c. Produksi Lada / Karet

Luas lahan (ha)	Produksi (kg / m ²)	Harga jual (kg / Rp)
-----------------	---------------------------------	----------------------

d. Penerimaan Luar Usaha Tani Lada / Karet

No.	Jenis Usaha	Upah / hari (Rp.)	Pendapatan / bulan (Rp.)	Taksiran Pendapatan / tahun (Rp.)
1	Perdagangan			
2	Industri kecil			
3	Peternakan			
4	Pegawai			
5	Buruh non tani			
6	Jasa			
7			
8			

III. Keadaan Tambang Inkonvensional (TI)

1. Luas lahan Ti : ha
2. Status penggunaan lahan :
 - a. Milik sendiri
 - b. Menyewa
 - c.
3. Jika menyewa, berapa sewanya, jika menyakap bagaimana sistem bagi hasilnya
4. Tenaga kerja yang digunakan :
 - d. Dalam keluarga: laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
 - e. Luar Keluarga : laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
5. Upah tenaga kerja / hari : Rp.

a. Biaya Produksi Usaha TI

No.	Jenis	Jumlah	Harga (Rp)	Total Nilai (Rp)
1				
2				
3				
4				
Jumlah				

b. Produktivitas TI

Luas lahan TI (ha)	Produksi (kg)	Harga jual / kg (Rp.)
--------------------	---------------	-----------------------

IV. Faktor Yang Mempengaruhi Peralihan Kerja dari Petani Lada / Karet ke Pekerja TI

1. Menurut Bapak, apakah persepsi bahwa pendapatan lada / karet relatif lebih lama diperoleh?
A : ya
B : lainnya
2. Berapa pendapatan ketika menjadi petani lada / karet
A : 1 – 15 juta
B : 16 – 30 juta
3. Berapa jumlah anggota keluarga yang ditanggung?
A : 2 – 4
B: 5 – 8
4. Apakah Bapak bekerja TI atas kemauan sendiri?
A : Ya
B : lainnya
5. Menurut Bapak, adakah keinginan memperoleh penghasilan secara cepat dengan bekerja TI?
A : Ya
B : lainnya
6. Menurut Bapak, benarkah persepsi bahwa sarana produksi pertanian tinggi?
A : Ya
B : lainnya
7. Menurut Bapak, adakah sanksi tegas dari Pemda terhadap pekerja TI?
A : Ya
B : lainnya
8. Menurut Bapak, benarkah persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan dibandingkan bekerja sebagai petani?
A : Ya
B : lainnya
9. Apa yang akan Bapak lakukan setelah pasca timah?
A : usaha pertanian
B : lainnya
10. Menurut Bapak, benarkah usaha TI untuk mengisi waktu kosong selama tidak bekerja sebagai petani?
A : Ya
B : lainnya
11. Apakah Bapak memahami bahwa pembukaan lahan usaha TI mempunyai dampak lingkungan?
A : Ya
B : lainnya

IV. Kondisi Masyarakat Sebelum dan Sesudah Mengusahakan TI

1. Sudah berapa lama Bapak berpindah kerja sebagai penambang timah?
.....
2. Untuk apa saja hasil kerja TI digunakan?
.....
3. Adakah perubahan kondisi perumahan Bapak?
A : Ya
B : Tidak
4. Adakah kontribusi hasil TI milik Bapak untuk pembangunan desa / fasilitas umum?
A : Ada, yaitu
B : Tidak
5. Menurut Bapak, bagaimana kondisi lingkungan khususnya keamanan di sini sebelum / sesudah adanya TI?
A : Baik
B : Tidak
6. Bagaimana status sosial Bapak sebelum dan sesudah usaha TI?
A : Naik
B : Turun
7. Menurut Bapak, bagaimana pola konsumsi masyarakat sebelum / sesudah TI?
.....
.....
8. Setelah Bapak mengusahakan TI, adakah keluarga / anak putus sekolah?
A : Ya, kenapa
B : Tidak
9. Bagaimana kondisi ekonomi masyarakat sebelum bekerja TI?
.....
dan setelah bekerja TI?
.....

V. Manfaat Hutan Lindung

1. Apakah di daerah ini terdapat hutan lindung?
A : Ya
B : Tidak
2. Apakah hutan lindung dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar sini?
A : Ya
B : Tidak
3. Jika dimanfaatkan untuk apa saja?
.....
4. Apakah di hutan lindung ini terdapat tanaman obat?
A : Ada, yaitu
B : Tidak

Lampiran 30. Kuesioner untuk penambang timah inkonvensional (TI) di Pantai Rebo dan Pantai Bubus, Kabupaten Bangka

Daftar Pertanyaan

Kajian Manfaat Sosial Ekonomi Penambangan Timah Inkonvensional dan Kerusakan Lingkungan dan Keanekaragaman Hayati yang Ditimbulkannya di Pulau Bangka

Lokasi Penelitian :

Nomor Responden :

I. Identitas Responden

Nama :

Umur :

Pendidikan :

Jumlah Anggota Keluarga : Laki-laki orang

Perempuan orang

Susunan Keluarga Berdasarkan Umur dan Jenis Kelamin

No.	Susunan Keluarga	Jenis Kelamin	Umur (tahun)	Keterangan
1	Ayah			
2	Ibu			
3	Anak ke - 1			
4	Anak ke - 2			
5	Anak ke - 3			
6	Anak ke - 4			
7	Anak ke - 5			
8			

Pekerjaan Utama

No.	Jenis Usaha	Upah / hari (Rp.)	Pendapatan / bulan (Rp.)	Taksiran Pendapatan / tahun (Rp.)
1	Perdagangan			
2	Industri kecil			
3	Peternakan			
4	Pegawai			
5	Buruh non tani			
6	Jasa			
7			
8			

II. Keadaan Tambang Inkonvensional (TI)

6. Luas lahan TI : ha
7. Status penggunaan lahan :
 - f. Milik sendiri
 - g. Menyewa
 - h.
8. Jika menyewa, berapa sewanya,
jika menyakap bagaimana sistem bagi hasilnya
9. Tenaga kerja yang digunakan :
 - i. Dalam keluarga: laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
 - j. Luar Keluarga : laki2 orang, perempuan orang, anak-anak orang
10. Upah tenaga kerja / hari : Rp.

a. Biaya Produksi Usaha TI

No.	Jenis	Jumlah	Harga (Rp)	Total Nilai (Rp)
1				
2				
3				
4				
Jumlah				

b. Produktivitas TI

Luas lahan TI (ha)	Produksi (kg)	Harga jual / kg (Rp.)
--------------------	---------------	-----------------------

III. Faktor Yang Mempengaruhi Peralihan Kerja dari Nelayan ke Pekerja TI

.....
.....

IV. Kondisi Masyarakat Sebelum dan Sesudah Mengusahakan TI

1. Sudah berapa lama Bapak berpindah kerja sebagai penambang timah?
.....
2. Untuk apa saja hasil kerja TI digunakan?
.....
3. Adakah perubahan kondisi perumahan Bapak?
A : Ya
B : Tidak
4. Adakah kontribusi hasil TI milik Bapak untuk pembangunan desa / fasilitas umum?
A : Ada, yaitu
B : Tidak
5. Menurut Bapak, bagaimana kondisi lingkungan khususnya keamanan di sini sebelum / sesudah adanya TI?
A : Baik
B : Tidak
6. Bagaimana status sosial Bapak sebelum dan sesudah usaha TI?
A : Naik
B : Turun
7. Menurut Bapak, bagaimana pola konsumsi masyarakat sebelum / sesudah TI?
.....
8. Setelah Bapak mengusahakan TI, adakah keluarga / anak putus sekolah?
A : Ya, kenapa
B : Tidak
9. Bagaimana kondisi ekonomi masyarakat sebelum bekerja TI?
.....
dan setelah bekerja TI?
.....

V. Manfaat Terumbu Karang

1. Apakah di daerah ini terdapat terumbu karang?
A : Ya
B : Tidak
2. Apakah terumbu karang dimanfaatkan oleh masyarakat di sekitar sini?
A : Ya
B : Tidak
3. Jika Ya dimanfaatkan untuk apa saja?
.....

Lampiran 31. Biodata Ketua Peneliti

1. Nama Lengkap : Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Magelang, 3 Oktober 1959
3. NIP / Golongan : - / 3c
4. Fakultas / Jurusan : Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi / Program Studi Biologi
5. Perguruan Tinggi : Universitas Bangka Belitung (dahulu STIPER Bangka)
6. Jabatan Struktural : ----
7. Alamat Kantor : Jl. Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung
- Telpon / Faks : 0717 – 95434 / Fax. 0717 – 93744
- E-mail : eddy_nurtjahya@yahoo.com
- Alamat Rumah : Jl. Rawasari No. 100, Sungailiat 33211, Bangka Belitung
- Telpon /Faks. Rumah / HP : 0717 – 93653 / HP: 0815 814 2418
8. Pendidikan : Dr. Biologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor
M.Sc. A. Pathobiology, Univ. of Stirling, UK tahun 1995
Drs. Biologi (Biologi Lingkungan) dari Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga tahun 1986

9. Pengalaman Penelitian :

No.	Judul	Tahun / Sumber Dana
a.	Nurtjahya E , Agustina F, Putri WAE. 2007. Kajian Manfaat Sosial Ekonomi Penambangan Timah Inkonvensional Dan Kerusakan Lingkungan Dan Keanekaragaman Hayati Yang Ditimbulkannya Di Pulau Bangka – Studi Kasus Penambangan Darat.	2007 / DP2M Dikti No. SP2H 092/SP2H/PP/D P2M/III/2007
b.	Nurtjahya E. 2007. Revegetasi Lahan Pasca Tambang Timah dengan Beragam Jenis Pohon Lokal di Pulau Bangka.	ITTO (Ref. 039/03A)

- c. **Nurtjahya E. 2006.** Struktur Anatomi dan Karakter Fisiologi Tanaman Pionir di Lahan Pasca Penambangan Timah di Desa Riding Panjang Bangka 2006 / DP2M Dikti No. 0082/SP3/PP/DP2M/II/2006
- d. **Nurtjahya E. 2005.** Suksesi Lahan Pasca Tambang Timah di Pulau Bangka 2005 / DP3M Dikti No. SPPP 092/SPP/PP/DP3M/IV/2005
- e. Juairiah L, **Nurtjahya E**, Prawitasari T, Dorly. 2005. Konduktivitas Xilem Akar dan Batang Tumbuhan Pionir di Lahan Pasca Penambangan Timah di Desa Sempan, Bangka. 2005 / LPPM, ITTO (Ref. 039/03A)
- f. Novikusianti W, **Nurtjahya E**, Khodijah NS, Setiadi Y. 2005. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) di Lahan Pasca Penambangan Timah di Desa Sempan, Bangka. 2005 / LPPM, ITTO (Ref. 039/03A)

Publikasi

- a. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2008. Establishment of four local tree species for potential revegetating of tin-mined land in Bangka Island, Indonesia. Di dalam: Fourie A, Tibbett M, Weiersbye I, Dye P., editors 2008. Proceedings of The Third International Seminar on Mine Closure, 14 – 17 October, Johannesburg, South Africa. Johannesburg: pp. 751-758.
- b. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2008. Revegetation of tin-mined land using various local tree species in Bangka Island, Indonesia. Di dalam: Barnhisel RI, editor 2008. 2008 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Richmond VA, New Opportunities to Apply Our Science on June 14-19, 2008. Lexington: ASMR, pp. 739-755.
- c. **Nurtjahya E** (editor) 2008. Aneka Tanaman Hias Bangka Belitung yang Menarik. UBB Press, Pangkalpinang ISBN 9789791373074.
- d. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007. Potensi Collembola sebagai Indikator Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia 9(2): 113-123.
- e. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007. Populasi Collembola di Lahan Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. Biodiversitas 8(4): 309-313.
- f. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007. Sabut Kelapa sebagai Mulsa pada Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. Eugenia 13(4): 366-382.

- g. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y, Mardatin NF. 2007. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Sukseksi Lahan Pasca Tambang Timah Di Bangka pada Kongres Mikoriza Indonesia II “Percepatan Sosialisasi Teknologi Mikoriza untuk Mendukung Revitalisasi Kehutanan, Pertanian dan Perkebunan”, Bogor, 17 – 21 Juli 2007.
- h. **Nurtjahya E**, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007. Succession On Tin-mined Land in Bangka Island di The Seventh International Flora Malesiana Symposium, 17 – 22 Juni 2007 di Leiden, Belanda.
- i. **Nurtjahya E**. 2005. Pembinaan Tailing Pasir Pasca Penambangan Timah untuk Lahan Pertanian. Seminar Nasional Dukungan Teknologi Pertanian dalam Upaya Peningkatan Produksi dan Pendapatan Usahatani, Pangkalpinang 21 Desember 2005.
- j. Erlita, Dirgahayu D, **Nurtjahya E**, Khodijah NS. 2005. Analisis Spasial Kesesuaian Lahan untuk Penentuan Zonasi Potensi Budidaya Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jack.) di Kabupaten Bangka Barat. Seminar Nasional Dukungan Teknologi Pertanian dalam Upaya Peningkatan Produksi dan Pendapatan Usahatani, Pangkalpinang 21 Desember 2005.
- k. Juairiah L, **Nurtjahya E**, Prawitasari T, Dorly. 2005. Konduktivitas Xilem Akar dan Batang Tumbuhan Pionir di Lahan Pasca Penambangan Timah di Desa Sempan, Bangka. Seminar MIPA Nasional 2005, Universitas Indonesia, 25-26 November 2005.
- l. Novikusianti W, **Nurtjahya E**, Khodijah NS, Setiadi Y. 2005. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) di Lahan Pasca Penambangan Timah di Desa Sempan, Bangka. Seminar Nasional dan Workshop Pemanfaatan Cendawan Mikoriza untuk Meningkatkan Produksi Tanaman pada Lahan Marjinal. 9 - 10 Mei 2005 di Universitas Jambi.
- m. **Nurtjahya E**. 2001. Revegetation of Tin Post Mining Area in Bangka Island (Bibliographical Review). Indonesian Mining Journal 7(3):32-37.

Sungailiat, 1 Desember 2008

Dr. Eddy Nurtjahya, M.Sc.

Lampiran 32. Biodata Anggota Peneliti 1

1. Nama Lengkap : Fournita Agustina, SP., M.Si.
2. Tempat dan Tanggal Lahir : Palembang, 15 Agustus 1974
3. NIP / Golongan : - / 3d
4. Fakultas / Jurusan : Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi / Program Studi Pertanian
5. Perguruan Tinggi : Universitas Bangka Belitung (dahulu STIPER Bangka)
6. Jabatan Struktural : Wakil Dekan
7. Alamat Kantor : Jl. Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung
- Telpon / Faks : 0717 – 95434 / Fax. 0717 – 93744
- E-mail : fournita@ubb.ac.id
- Alamat Rumah : RSS Pemda, Jl. Asoka No. 05, Blok IIIC, Sungailiat 33215, Bangka Belitung
- Telpon /Faks. Rumah / HP : - / HP: 08127888792
8. Pendidikan : M.Si. Komunikasi Pembangunan Pertanian dan Pedesaan, IPB tahun 2000
Sarjana Pertanian Jurusan Sosial Ekonomi Pertanian, Universitas Muhammadiyah Palembang tahun 1989
9. Pengalaman Penelitian / Pekerjaan :

No.	Judul	Tahun / Sumber Dana
a.	Reniaty, Agustina F , Hidayaty, Zuhry N, Nizaruddy A. 2008. Penelitian dasar potensi ekonomi daerah / Baseline economic survey (BES) dalam rangka pengembangan komoditas unggulan usaha mikro, kecil dan menengah (UMKM) di Provinsi Kepulauan Bangka Belitung.	2008 / BI Palembang
b.	Agustina F . 2005. Studi Kelayakan Pembuatan Kebun Kelapa Sawit di Kecamatan Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan	2005 / PT Sinar Semesta Perkasa

- c. **Agustina F.** 2005. Studi Kelayakan Pembuatan Kebun Kelapa Sawit di Kecamatan Simpang Rimba, Kabupaten Bangka Selatan 2005 / PT Sinar Semesta Perkasa
- d. **Agustina F.** 2003. Analisis Pemasaran Lada Melalui Pasar Lelang 2003 / Dinas Pertanian dan Kehutanan Kabupaten Bangka
- e. Enumerator Penelitian Dasar Potensi Ekonomi dan Penelitian 15 komoditas Agroindustri Berorientasi Ekspor, Provinsi Kepulauan Bangka Belitung Tahun 2002 Dinas Pertanian Provinsi Kep. Bangka Belitung
- f. Anggota Tim Survei Perikanan, Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Bangka Tahun 2001 2001 / Dinas Perikanan dan Kelautan Kabupaten Bangka
- g. **Agustina F.** 1998. Manfaat Dana IDT untuk Kesejahteraan Masyarakat 1998 / Swadaya

Publikasi:

- a. **Agustina F.** 2007. Faktor-faktor yang mempengaruhi keputusan petani menjadi peserta petani plasma perkebunan kelapa sawit di Desa Sempan, Kecamatan Pemali. Enviagro 1(1) 1 April 2007
- b. **Agustina F.** 2007. Tingkat Alokasi dan efisiensi penggunaan input ada pengrajin tempe di Kecamatan Sungailiat dan Kecamatan Pemali Kabupaten Bangka. Jurnal Ilmiah Multi Science Inspirasi, Universitas Muhammadiyah Bengkulu 16(1) Maret 2007

Sungailiat, 1 Desember 2008

Fournita Agustina, SP., M.Si.

Lampiran 33. Biodata Anggota Peneliti 2

1. Nama Lengkap : Aldino Akbar, S.Pi.
 2. Tempat dan Tanggal Lahir : Mengkubang, 5 April 1985
 3. NIP / Golongan : - / 3a
 4. Fakultas / Jurusan : Fakultas Pertanian, Perikanan dan Biologi / Program Studi Perikanan
 5. Perguruan Tinggi : Universitas Bangka Belitung (dahulu STIPER Bangka)
 6. Jabatan Struktural : Sekretaris Program Studi Perikanan
 7. Alamat Kantor : Jl. Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung
 - Telpon / Faks : 0717 – 95434 / Fax. 0717 – 93744
 - E-mail : aldino.akbar@ubb.ac.id
 - Alamat Rumah : Jalan Mahoni 3 No. 158, Perumahan Bukit Merapin, Pengkalpinang
 - Telpon /Faks. Rumah / HP : - / HP: 081316462212
 8. Pendidikan : Sarjana Perikanan, Jurusan Manajemen Sumberdaya Perairan, Institut Pertanian Bogor tahun 2007
 9. Pengalaman Penelitian / Pekerjaan :
- | No. | Judul | Tahun / Sumber Dana |
|-----|---|---------------------|
| a. | Pemetaan kondisis ekosistem terumbu karang di Kepulauan Kangean, Madura. Ekspedisi Zooxanthellae VII, FDC - IPB | 2007 / Tim |
| b. | Pengelolaan wisata pantai Tanjung Pandan berdasarkan dinamika pengunjung | 2007 / Tim |
| c. | Inventarisasi potensi ekosistem terumbu karang di Pulau Kera, Pulau Lutung dan Pulau Butung untuk wisata bahari di Kabupaten Belitung | 2006 / Tim |

Sungailiat, 1Desember 2008

Aldino Akbar, SPi

Neraca ekologi penambangan timah di Pulau Bangka

Eddy Nurtjahya^{1,2}, Fournita Agustina³, Aldino Akbar⁴

¹Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

²Alamat korespondensi E. Nurtjahya, email eddy_nurtjahya@yahoo.com

³ Program Studi Agroteknologi, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

⁴ Program Studi Perikanan, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

Abstrak

Kajian tentang pengalihan lahan menjadi lahan tahan tambang timah diharapkan mendorong terwujudnya *political will* para *stake holder* untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan. Data sosial ekonomi diperoleh dari wawancara langsung secara terpilih terutama dengan petani, pemilik dan karyawan tambang inkonvensional (TI) darat dan TI apung. Data lingkungan meliputi sifat fisika dan kimia tanah, vegetasi, mikrob dan mesofauna tanah, kualitas perairan, dan kondisi terumbu karang. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan pertanian dan perairan pantai menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet dan ikan, persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani dan cepat diperoleh, biaya sarana produksi pertanian tinggi, kesulitan memperoleh bahan bakar minyak (BBM), and tidak adanya sanksi tegas dari Pemda. Akibat penambangan, komponen pasir meningkat dan komponen debu dan liat meningkat. komposisi vegetasi menurun dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus. Penambangan timah menyebabkan penurunan konsentrasi C organik, K total, dan nilai kapasitas tukar kation. Prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan diduga menimbulkan perbedaan hasil pengamatan. Perairan pantai yang tidak terganggu memiliki kecerahan dan salinitas lebih tinggi dibandingkan perairan terganggu. Intensitas penambangan diduga berpengaruh terhadap jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton dan prosentase penutupan karang hidup. TI meningkatkan pendapatan pelaku tambang dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu karena keuntungan besar yang hanya dipetik sekali dan belum memperhitungkan biaya yang tinggi dan waktu yang lama bagi pemulihan kerusakan lingkungan.

Kata kunci: *tambang inkonvensional, timah, nelayan, petani, vegetasi, fitoplankton, terumbu karang*

Pendahuluan

Pulau Bangka adalah pulau penghasil timah terbesar di Indonesia. Dampak utama penambangan timah adalah terbentuknya lahan terganggu termasuk kolam air bekas tambang (*kolong*) (Gambar 1), rusaknya bentang alam, habitat alami dan keanekaragaman hayati, serta timbulnya polusi (Anonim 2002a, 2002b, 2002c, Suara Pembaruan 2004), termasuk di area yang telah direklamasi perusahaan tambang (Bangka Pos 19 Maret 2004) dan menyebabkan banjir (Anonim 2001). 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%, N mendekati nol, P dan K total, dan kation dapat ditukar berkurang nyata, dan kapasitas tukar kation dapat berkurang antara 50 – 80% (Nurtjahya *et al.* 2007a). Pengalihan fungsi lahan mengakibatkan populasi mikrob pelarut fosfat (MPF) berkurang (Suciatmih 1998), dan tercatat penurunan populasi mikrob pelarut fosfat dan fungi mikoriza arbuskula masing-masing berkurang sekitar 25 – 75% (Nurtjahya *et al.* 2007b), dan penurunan populasi semut dan *Collembola* sekitar 40 – 70% (Nurtjahya *et al.* 2007c; 2007e), penurunan komposisi vegetasi, keanekaragaman jenis dengan vegetasi bawah dan semai hanya separuh dari hutan, dan jumlah individu menurun hingga 75% (Nurtjahya *et al.* 2007a). Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan dilaporkan (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. Sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi terbesar bagi produk domestik regional bruto (PDRB) 24,8% (Metro Bangka Belitung Agustus 2007a). Penambangan ini semakin menarik karena harga timah yang tinggi dan menembus US\$ 23.400/ton (Bangka Pos 26 Juni 2008), diduga karena tingginya permintaan timah di Cina dan di India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008). Khususnya di ekosistem pantai dan perairan pantai, dampak penambangan timah diperkirakan semakin meningkat terkait rencana peningkatan produksi timah lepas pantai PT Timah (Persero) Tbk. sampai akhir tahun 2009 (<http://www.itri.co.uk> dikunjungi 25 Juni 2008).

Pengelolaan sumber daya alam yang lebih berorientasi pada tujuan ekonomi jangka pendek dan lemahnya aspek perlindungan lingkungan, berpotensi memunculkan konflik antara perusahaan, masyarakat dan pemerintah (Zulkarnain *et al.* 2005; Metro Bangka Belitung Agustus 2007b). Konflik tambang timah melibatkan pemerintah pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota, perusahaan pemegang kuasa penambangan (KP), perusahaan peleburan lokal / BUMD, pengusaha TI dapat bersumber dari pemahaman yang tidak sama antara lain terhadap tata niaga pertimahan seperti Peraturan Menperdag No. 04/2007 tentang Pengaturan Ekspor Timah Batangan (Kompas 24 Januari 2007), dan Peraturan Menperdag No. 19/2007 tentang perdagangan bijih timah antar pulau (Metro Bangka Belitung Agustus 2007c).

Pentingnya komitmen para *stake holder* terutama Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten dan Kota bagi keberhasilan penataan kegiatan penambangan timah secara berkelanjutan dan lingkungan sudah sejak lama dipahami. Permasalahan penting dan krusial yang muncul adalah bagaimana membangun *political will* di antara ketiga level pemerintahan Zulkarnain *et al.*

(2005) sehingga mau bersama-sama duduk dan berbicara membahas penataan dan pengelolaan penambangan timah secara berkelanjutan.

Kajian ilmiah oleh pihak independen akan perbandingan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari penambangan timah inkonvensional (TI) untuk para *stake holder* terutama tiga level pemerintahan, merupakan salah satu cara untuk mendorong terwujudnya *political will*. Kajian ini diharapkan menjadi salah satu gambaran tentang terutama perlunya ketepatan peruntukan lahan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Penilaian lingkungan memberikan bukti yang bermanfaat untuk mendukung beberapa kebijakan dengan perhitungan nilai ekonomi yang dikaitkan dengan perlindungan sumber daya alam, dan berangsur-angsur diakui oleh pengambil kebijakan dalam penyusunan kebijakan (Christie *et al.* 2006).

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari kegiatan tambang inkonvensional (TI) di Pulau Bangka.



Gambar 1. Penambangan rakyat (atas kiri: TI Darat; atas kanan: perahu TI Apung di perairan pantai); *Kolong* (bawah kiri); penambangan di dekat kuburan (bawah kanan) (Sumber: Nurtjahya *et al.* 2007a; Tim 2008)

Metode Penelitian

Lokasi penelitian adalah sebidang kebun lada di Desa Silip (01° 42' 48,1" LS dan 105° 52' 26,7" BT) di Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka, sebidang kebun karet di Desa Bencah (02° 44' 25,0" LS dan 106° 25' 27,6" BT), Kecamatan Air Gegas, Kabupaten Bangka Selatan, dan hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik (01° 54' 09,4" LS dan 106° 05' 46,9" BT) di Kelurahan Parit Padang, Kabupaten Bangka, Pantai Bubus (01° 31' 36,8" LS dan 105° 46' 27,8" BT), Kecamatan

Belinyu, Kabupaten Bangka, dan Pantai Rebo (01° 55' 57,4" LS dan 106° 12' 58,6" BT), Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka. Lokasi penelitian mewakili ekosistem darat dan ekosistem pantai dan perairan pantai. Pantai Bubus dan Pantai Rebo adalah lokasi operasi kapal keruk, dan ratusan perahu dan rakit tambang inkonvensional (TI) apung.

Wilayah studi didiami oleh berbagai etnis: Melayu, Tionghoa, Madura, Flores, dan Jawa dengan mayoritas pemeluk agama Islam (Bangka Dalam Angka 2007), dengan mata pencaharian terbesar adalah nelayan, buruh/swasta, pedagang. Responden di Lubuk Kelik adalah penambang timah di sekitar hutan lindung, petani di Desa Bencah adalah petani yang pernah/masih mengusahakan tanaman karet disamping penambang timah, petani di Desa Silip adalah petani lada yang juga bekerja sebagai penambang timah. Responden di Pantai Bubus dan Pantai Rebo sebagian besar penambang dan sebagian kecil nelayan yang beralih usaha menjadi penambang. Hampir semua responden adalah penduduk Bangka kecuali sebagian besar penambang di Pantai Bubus. Usia responden tergolong produktif (25-50 tahun) dengan tingkat pendidikan bervariasi dengan dominasi SD sampai dengan SMA.

Pengumpulan data dengan metode pengambilan contoh secara terpilih (*purposive sampling*) menyelidiki sebagian obyek dan gejala. Data primer diperoleh dari wawancara langsung kepada responden berdasarkan pada daftar pertanyaan yang telah dipersiapkan. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik, media cetak terutama lokal, dan laporan penelitian terkait. Digali faktor-faktor yang mempengaruhi masyarakat memilih membuka TI sebagai mata pencaharian, perubahan status sosial, dan akses lainnya.

Dampak sosial mengamati perubahan status sosial, strata sosial; tingkat kejahatan; angka putus sekolah; dan kebutuhan tenaga kerja. Dampak ekonomi mengamati besar pendapatan dan kontribusi TI terhadap pendapatan keluarga yang dihitung (Hernanto 1998). Data lingkungan meliputi sifat fisika dan kimia tanah, vegetasi, mikrob dan mesofauna tanah, kualitas perairan, dan kondisi terumbu karang. Tanah komposit sekitar 1 kg kering dianalisa di Balai Penelitian Tanah di Bogor. Analisa vegetasi dilakukan dengan penentuan luas petak contoh minimum (Cain 1938 diacu dalam Kusmana 1997; Soerianegara dan Indrawan 1998) untuk menghitung INP (Mueller-Dumbois & Ellenberg 1974). Contoh tanah yang diduga mengandung mikrob pelarut fosfat ditumbuhkan di media *Pikovskaya*. Contoh tanah fungi mikoriza arbuskula (FMA) diambil mengacu modifikasi CSM-BGBD (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity) Project (Susilo *et al.* 2004) dan ekstraksi spora menurut teknik tuang dan saring basah (Gardemann & Nicolson 1963) dan identifikasi genera spora mengacu pada Schenck dan Perez (1988) dan INVAM. Pengambilan contoh mesofauna tanah dengan metode *pitfall trap* (modifikasi metode Suhardjono 2004) dengan fokus pada *Collembola* dan semut. Pengukuran kualitas perairan meliputi : kecerahan, temperatur, kecepatan arus permukaan, oksigen terlarut (DO). Pengamatan contoh fitoplankton diamati dengan metode sapuan. Analisa biota meliputi kondisi terumbu karang dengan metode *line intercept transect*, indeks mortalitas karang (IMK) (Gomez & Yap 1988), indeks keanekaragaman jenis dengan indeks Shannon (Shannon & Weaver 1949 dalam Odum 1971), indeks keseragaman (*evenness*) menurut Pielou (Odum 1971) dan *dominance index* menurut Odum (1971).

Hasil dan Pembahasan

Dampak lingkungan

Sifat fisika dan kimia tanah

Aktivitas penambangan timah mengubah sifat fisika dan kimia tanah, dan iklim mikro lingkungan. Tekstur tailing timah adalah pasir dengan kenaikan lebih dari 30% pasir dibandingkan lahan tidak terganggu, dan menurunnya komponen liat dan debu sekurang-kurangnya 50%. Kandungan bahan organik tailing timah C hampir tidak tersisa, dan N mendekati nol. Kandungan P dan K total berkurang nyata pada pengalihan kebun karet dan kebun lada menjadi tailing timah, juga kation dapat ditukar Ca, Mg, K, dan Na. Total kation dapat ditukar pada hutan dan kebun lada berkurang masing-masing 50% dan 90%. Kapasitas tukar kation (KTK) berkurang antara 50 – 80% (Tabel 1). Komponen pasir meningkat dan disertai dengan penurunan komponen liat pada tanah di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (Tabel 2). Hal berbeda terlihat pada Pantai Rebo, komponen pasir menurun dan disertai dengan peningkatan komponen liat. Hal ini diduga karena prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan antara lapisan yang belum ditambang dan yang sudah ditambang. Intensitas penambangan di Pantai Bubus yang lebih tinggi dibandingkan di Pantai Rebo menyebabkan pengaruh penambangan terhadap kualitas tanah lebih nyata. Penurunan konsentrasi hara akibat penambangan jelas terlihat pada C organik baik di Pantai Rebo (dari 0.07 menjadi 0.01%) maupun di Pantai Bubus (dari 0.13 menjadi 0.03%). Dugaan keteradukan lokasi pengambilan contoh tercermin dari peningkatan konsentrasi P total di kedua lokasi pengambilan contoh.

Pengalihan fungsi lahan menurunkan kelembaban tanah lahan pasca tambang 10% dan kelembaban udara di sekitar lahan pasca tambang 10 – 20%, meningkatkan temperatur tanah lahan pasca tambang 2 – 10°C dan temperatur udara di sekitar lahan pasca tambang sekitar 6 – 9°C sehingga iklim mikro menjadi tidak mendukung bagi pertumbuhan vegetasi dan mikroba tanah, serta fauna.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/ 100g		cmol(+)/kg			
Hutan	63	12	25	5.0	1.6	0.1	14	3	4	0.53	0.41	0.08	0.00	1.02	6.53
TI Hutan	83	6	11	5.0	0.2	0.0	9	4	6	0.36	0.08	0.03	0.00	0.47	3.77
Karet	70	6	24	4.7	2.0	0.2	14	17	3	0.15	0.03	0.06	0.00	0.24	9.09
TI Karet	96	0	4	5.1	0.1	0.0	12	1	2	0.15	0.11	0.03	0.00	0.29	2.24
Lada	53	15	32	5.1	2.2	0.2	13	66	11	2.42	0.61	0.21	0.00	3.24	9.10
TI Lada	87	3	10	5.0	0.1	0.0	11	1	2	0.16	0.03	0.03	0.00	0.22	2.39

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm dari Pantai Bubus tidak terganggu, Pantai Bubus terkena tambang inkonvensional (TI), Pantai Rebo tidak terganggu, dan Pantai Rebo terkena TI

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Kation dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/100g		cmol(+)/kg			
Pantai Bubus	95	1	4	8.1	0.13	0.01	13	6	5	8.97	0.51	0.10	0.33	9.91	1.09
TI Pantai Bubus	96	2	2	8.2	0.03	0.01	6	7	5	9.76	0.47	0.10	0.19	10.52	0.68
Pantai Rebo	97	1	2	8.4	0.07	0.01	7	4	5	5.97	0.42	0.09	0.15	6.63	1.07
TI Pantai Rebo	94	1	5	8.2	0.01	0.01	11	5	3	8.87	0.44	0.05	0.86	10.22	1.07

Vegetasi

Pengalihan fungsi lahan baik dari hutan, kebun karet, dan kebun lada masing-masing menjadi lahan pasca tambang timah menurunkan komposisi vegetasi dengan penurunan terlihat besar dan menjadi nol pada stadium pertumbuhan sapihan, tihang, dan pohon (Tabel 3). Total individu untuk semua stadium pertumbuhan di hutan lindung 252 dan di lahan pasca tambang 83. Total individu di kebun karet 240 dan di lahan yang dialihkan menjadi tambang timah menjadi 64 atau sekitar seperempatnya, dan demikian juga di kebun karet pengalihan lahan menjadi lahan pasca tambang menurunkan jumlah individu sekitar 75%. Penurunan jumlah individu dari lahan semula menjadi lahan pasca tambang terlihat juga pada keragaman jenis dan jumlah suku dari masing-masing fungsi lahan. Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan tercermin juga dari penelitian suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007a). Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tertinggi di hutan, kemudian di lahan pasca tambang timah berumur 38 tahun, dan di umur lahan pasca tambang timah yang semakin muda.

Tabel 3. Jumlah individu pada stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon, jumlah individu, jumlah jenis dan jumlah suku vegetasi di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Individu					Jenis	Suku
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon	Total		
Lingkungan Lubuk Kelik	83	154	15	0	252	38	21
TI Lingkungan Lubuk Kelik	79	4	0	0	83	6	6
Karet	131	56	40	13	240	37	27
TI Karet	59	5	0	0	64	12	9
Lada	126	47	0	0	173	11	9
TI Lada	30	6	0	0	36	9	8

Tabel 4. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku dari semai dan vegetasi bawah di lokasi Pantai Bubus yang tidak terganggu, Pantai Bubus yang terganggu TI, Pantai Rebo yang tidak terganggu, dan Pantai Rebo yang terganggu TI

Lokasi	Jumlah		
	individu	jenis	suku
Pantai Bubus yang tidak terganggu	141	17	14
Pantai Bubus yang terganggu TI	26	14	11
Pantai Rebo yang tidak terganggu	154	16	13
Pantai Rebo yang terganggu TI	128	19	14

Keanekaragaman jenis pada stadium pertumbuhan vegetasi bawah dan semai di lahan pasca tambang hanya separuh dari hutan dan perkebunan karet, kecuali perkebunan lada. 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). Tingginya perbedaan jenis vegetasi tiap-tiap stadium pertumbuhan antara lahan tidak terganggu dan lahan pasca tambang timah ditunjukkan oleh nilai indeks similaritas yang rendah.

Aktivitas penambangan TI di Pantai Rebo dan Pantai Bubus secara umum menyebabkan penurunan terhadap keanekaragaman vegetasi pantai dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tumbuhan di Pantai Bubus yang terganggu TI lebih rendah dibandingkan dengan Pantai Bubus yang tidak terganggu (Tabel 4). Berbeda dengan di Pantai Rebo, jumlah individu di lahan yang terganggu oleh TI lebih rendah dibandingkan lahan yang tidak terganggu namun jumlah jenis dan jumlah suku di lahan terganggu oleh TI justru lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak terganggu. Perbedaan nyata antara kedua Pantai diduga karena intensitas penambangan yang jauh lebih tinggi di Pantai Bubus. Peningkatan jumlah jenis dan jumlah suku di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI diduga karena keragaman prosedur penambangan TI, teraduknya tanah yang tidak terganggu ke bagian lokasi yang tertambang, di samping ada pengaruh ombak yang mungkin dapat membawa bagian tanah yang tidak terganggu beserta benih di dalamnya ke lahan yang terganggu.

Mikrob dan mesofauna tanah

Pengalihan fungsi lahan pertanian dan hutan lindung menjadi penambangan timah di Bangka mengakibatkan populasi mikrob tanah yakni fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan mikrob pelarut fosfat (MPF) masing-masing berkurang sekitar 25 – 75% (Tabel 5). Menurunnya produksi spora FMA dari lahan tidak terganggu menjadi lahan pasca tambang 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. Penelitian suksesi lahan pasca tambang timah juga dapat diamati dari dinamika produksi spora FMA dan koloni MPF pada tingkat suksesi yang berbeda (Nurtjahya *et al.* 2007b). Rendahnya populasi bakteri

pelarut fosfat di lahan pasca tambang timah dibandingkan lahan tidak terganggu di Singkep juga dilaporkan (Suciatmih 1998). Cekaman kekeringan menurunkan reproduksi fungi dalam hal jumlah spora (Abdel-Fattah *et al.* 2002).

Dominasi marga *Glomus* pada semua lahan tidak terganggu dan lahan pasca penambangan timah pada penelitian ini menunjukkan tingkat persebaran dan adaptasi yang tinggi jenis-jenis *Glomus* pada beberapa tipe lahan dan lahan pasca tambang timah. Hasil ini serupa dengan kesimpulan dari penelitian lain akan dominasi *Glomus* (44–95%) di dibandingkan *Gigaspora*, *Scutellospora*, dan *Acaulospora* di berbagai tingkat suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007b).

Pengalihan fungsi lahan dan perubahan iklim mikro menyebabkan penurunan populasi semut dan *Collembola*, kelompok mesofauna indikator kesuburan tanah, masing-masing sekitar 40 – 70% di lahan pasca tambang dibandingkan lahan tidak terganggu (Tabel 6). Pengalihan fungsi lahan menyebabkan berkurangnya serasah dan bahan organik yang dibutuhkan sebagai sumber makanan termasuk mangsa semut dan *Collembola*. Perbedaan populasi semut dan *Collembola* pada lahan tidak terganggu yang lebih tinggi dibandingkan pada lahan pasca tambang timah juga ditunjukkan pada penelitian serupa di Pulau Bangka, serta terdapat kecenderungan populasi *Collembola* yang meningkat sejalan dengan bertambahnya usia revegetasi lahan pasca tambang timah (Nurtjahya *et al.* 2007a).

Tabel 5. Rata-rata jumlah spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) per 50g tanah, dan jumlah koloni mikrob pelarut fosfat (MPF) per g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	Spora FMA per 50 g tanah		Koloni MPF 10 ⁵ per g tanah	
Hutan	<i>Cratoxylum formosum</i>	22.0		4.0	
	<i>Syzygium</i> sp.	21.7	60.0	6.3	18.0
	<i>Vitex pinnata</i>	16.3		7.7	
TI Hutan	<i>Trema orientalis</i>	4.7		1.3	
	<i>Unidentified</i>	5.3	12.7	4.3	7.3
	<i>Scleria levis</i>	2.7		1.7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	36.7		7.0	
	<i>Hevea brasiliensis</i>	41.7	106.7	11.3	32.7
	<i>Schima wallichii</i>	28.3		14.3	
TI Karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	46.7		3.0	
	<i>Melastoma malabathricum</i>	11.3	75.7	3.3	8.3
	<i>Mischocarpus sondaicus</i>	17.7		2.0	
Kebun Lada	<i>Hevea brasiliensis</i>	26.0		3.0	
	<i>Cleome aspera</i>	13.3	48.7	2.0	12.7
	<i>Chromolaena odorata</i>	9.3		7.7	
TI Lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	6.7		2.3	
	<i>Trema orientalis</i>	5.0	17.3	9.3	14.0
	<i>Chromolaena odorata</i>	5.7		2.3	

Tabel 6. Rata-rata jumlah semut dan *Collembola* per m² tanah di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

	Jumlah individu per m ²					
	Hutan	TI Hutan	Karet	TI Karet	Lada	TI Lada
Semut	13053.6	5020.6	7129.3	2610.7	753.1	451.9
<i>Collembola</i>	4317.7	903.7	8133.4	2610.7	11898.9	3313.6

Kualitas perairan

Kondisi perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dengan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI memiliki perbedaan pada tingkat kecerahan. Kecerahan perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu sebesar 2.5 m atau 100%, sementara kecerahan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI sebesar 0,9 m atau sekitar 36%. Perbedaan signifikan ini menunjukkan tingkat sedimentasi yang tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu TI. Parameter perairan lain relatif serupa. Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,13 m/detik dengan arah Selatan ke Timur, salinitas 31‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 7,7 mg/l. Pada perairan Pantai Rebo yang terganggu TI, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,18 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 32,5‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 6,2 mg/l. Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI dengan kedalaman 11 m, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 1,25 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 29‰, temperatur air sebesar 30°C, DO sebesar 5,5 mg/l, dan kecerahan 25 cm.

Ekosistem terumbu karang

Jumlah jenis fitoplankton yang lebih tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI ditampilkan dengan nilai indeks keanekaragaman yang tinggi 0,9355, dan rendahnya indeks dominansi. Jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 17; 0,9355; 0,7603; dan 0,1971 sedangkan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 10; 0,6676; 0,6676 dan 0,3329 (Sodikin & Iskandar 2009).

Indeks keseragaman relatif tinggi di dua lokasi, Pantai Rebo yang terganggu oleh TI dan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (Tabel 7). Kisaran jumlah jenis fitoplankton di dua lokasi (10 – 17 jenis) dan kisaran nilai indeks keanekaragaman di dua lokasi (0,6676 – 0,9355) sebesar <1,0 adalah tergolong rendah atau dikategorikan kualitas air tercemar berat (Feranita-Fachrul *et al.* 2005) dan diduga terkait dengan kualitas perairan yang rendah akibat penambangan timah TI apung di kedua lokasi pengambilan contoh. Jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI (17 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 440.000 individu/l) lebih besar dibandingkan jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (10 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 380.000 individu/l) (Tabel 8 dan 9) (Sodikin & Iskandar 2009) tergolong rendah dibandingkan dengan kelimpahan plankton di perairan tidak terganggu. Kelimpahan

plankton di perairan yang kaya nutrisi mampu mencapai 2.668.000 individu/l seperti di perairan Sunter di Jakarta, pada bulan Desember (Ferianita-Fachrul *et al.* 2005).

Tabel 7. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Indeks	Pantai Rebo terganggu	Pantai Bubus terganggu
1	Keanekaragaman	0,935527007	0,667624729
2	Keseragaman	0,760313566	0,667624729
3	Dominasi	0,197134986	0,332867499

Tabel 8. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	441,528
2	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	127,106
3	Anonim sp.7	86,968
4	<i>Oscillatoria putrida</i>	73,588
5	Anonim sp.4	73,588
6	Anonim sp.2	60,208
7	<i>Skujaella thibauti</i>	46,829
8	<i>Rivularia</i> sp.	40,139
9	Anonim sp.6	33,449
10	Anonim sp.1	26,759
11	<i>Lemmoniera aquatica</i>	20,069
12	<i>Ophiocytium</i> sp.	20,069
13	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
14	Anonim sp.3	13,380
15	Anonim sp.5	13,380
16	<i>Mallomonas pyroformis</i>	6,690
17	Anonim sp.8	6,690

Tabel 9. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	388,009
2	<i>Oscillatoria</i> sp.	93,657
3	<i>Skujaella</i> sp.	73,588
4	<i>Mallomonas pyroformis</i>	46,829
5	<i>Tabellaria fenestrata</i>	46,829
6	<i>Oscillatoria putrida</i>	33,449
7	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
8	<i>Rivularia mammilata</i>	6,690
9	<i>Lemmoniera aquatica</i>	6,690
10	<i>Ophiocytium</i> sp.	6,690

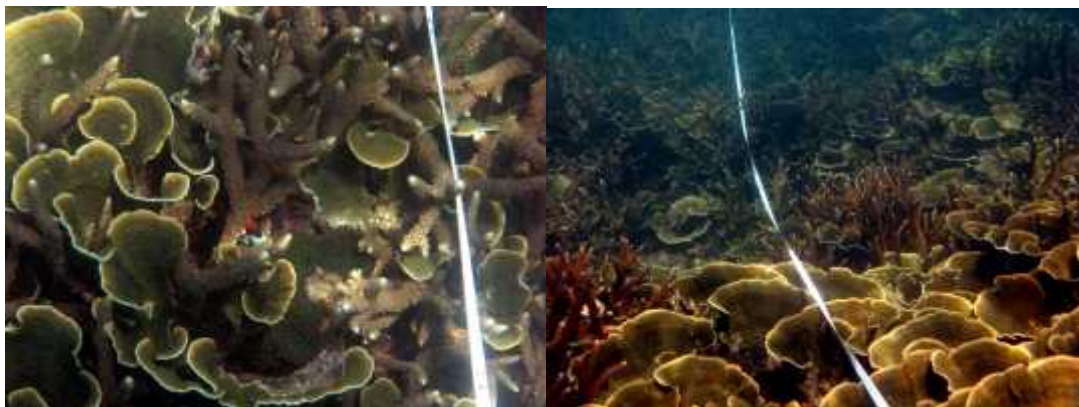
Sumber Tabel 10 – 12 : Sodikin & Iskandar 2009

Perbedaan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi, serta kelimpahan fitoplankton antara di Pantai Rebo yang terganggu

oleh TI dan di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI diduga terkait dengan kualitas perairan yakni salinitas, kecerahan dan DO. Salinitas, kecerahan, dan DO di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing lebih tinggi dibandingkan dengan parameter yang sama di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI. Kualitas perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI, yang relatif lebih rendah disebabkan oleh jumlah penambang TI apung yang lebih besar.

Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, prosentase penutupan karang hidup sebesar 91,62%, rata-rata karang mati 7,49%, dan penutupan substrat dasar oleh makro alga Chlorophyta yakni *Halimeda* sp. dan anemon. Pada perairan ini, indeks mortalitas karang (IMK) sebesar 7,56% (Gambar 2). Berdasarkan kriteria Gomez dan Yap (1988), komunitas terumbu karang di perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dikategorikan baik karena prosentase penutupan karang hidup >75%. Kualitas perairan baik fisika dan kimia tampaknya mendukung pertumbuhan karang di daerah tersebut. Temperatur perairan sebesar 28,5°C termasuk kisaran temperatur optimal 22 – 29 °C (Wells dalam Supriharyono 2000; Dahuri 2003). Kecerahan perairan sebesar 100% sangat sesuai dengan pertumbuhan karang (Veron 1995). Salinitas perairan sebesar 31‰ termasuk pada kriteria salinitas yang mendukung pertumbuhan karang secara optimal yakni antara 30 – 35‰ (Dahuri 2003). Kecerahan yang maksimal menunjukkan bahwa arus laut sangat sedikit sekali mengangkut sedimen yang akan mengendap di terumbu karang.

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 10 jenis yakni: *Fungia* sp., *Montipora* sp., *Echinopora* sp., *Acropora* sp., *Pacillopora* sp., *Montastrea* sp., *Acanthastrea* sp., *Goniastrea* sp., *Galaxea* sp., dan *Pavona* sp. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Rebo yang tidak terganggu adalah: *Lutjanus kasmira*, *Abudefduf sexfasciatus*, *Apogon compressus*, *Amphiprion sandaracinos*, *Amphiprion frenatus*, *Amphiprion acellaris*, *Chaetodon xanthurus*, *Coradion melopus*, *Scarus gobhan*, dan *Dascyllus trimaculatus*. Banyaknya jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang hidup yang tinggi.



Gambar 2. Komunitas karang di Pantai Rebo tidak terganggu (atas kiri dan kanan); (sumber: Tim 2008)

Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI, prosentase penutupan karang hidup <25% yang berarti komunitas terumbu karang sangat buruk (Gomez & Yap 1988). Hal ini didukung juga dengan substrat dasar perairan yang didominasi oleh

pasir dan pecahan karang (*rubble*), dan rendahnya kecerahan perairan sebesar 25 cm. Tingginya kekeruhan menyebabkan jarak pandang (*visibility*) di dalam air <0,5 m. Tingkat kekeruhan yang tinggi menghambat fotosintesis *Zooxanthellae* yang bersimbiosis di dalam jaringan tubuh hewan karang. Fotosintesis adalah suplai energi paling dominan (90 – 95%) bagi pertumbuhan hewan karang, dan hanya 5 – 10% makanan karang berasal dari zooplankton yang ditangkap dengan tentakelnya (Nybakken 1988). Diduga kuat tingginya kekeruhan perairan disebabkan oleh aktivitas TI, dan juga dari akibat aktivitas dua kapal keruk dan satu kapal isap yang berada agak jauh dari lokasi. Salinitas sebesar 29‰, yang berada di bawah kisaran salinitas optimal diduga juga berpengaruh pada pertumbuhan karang. Rendahnya salinitas diduga akibat pengenceran air tawar dari aktivitas TI dan dekatnya lokasi dengan muara sungai.

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 9 jenis *hard coral* yakni: *Favites* sp., *Porites* sp., *Alveopora* sp., *Lobophylla* sp., *Galaxea* sp., *Fungia* sp., *Pachyseris* sp., *Acanthastrea* sp., dan *Pectina* sp. Selain itu ditemukan karang lunak (*soft coral*) yakni : *Sinularia* sp., *Lobophyton* sp., dan beberapa jenis Sponge. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Bubus yang terganggu adalah : *Saurida* sp., *Abudefduf sexfasciatus*, dan *Centropyge bispinosa*. Sedikitnya jumlah jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang yang rendah.

Keluhan akan dampak penambangan timah di laut terhadap menurunnya hasil tangkapan ikan dirasakan oleh nelayan dan area penangkapan ikan semakin menjauh ke laut (Alexey 2006a; 2006b).

Dampak Sosial Ekonomi

Faktor penyebab

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan kebun Karet di Desa Bencah, dan kebun Lada di Desa Silip menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet, persepsi bahwa pendapatan bertani karet dan lada relatif lama didapat, mengisi waktu di antara waktu bertani, biaya sarana produksi pertanian tinggi, tidak adanya sanksi tegas dari Pemda terhadap pekerja TI, dan persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani. Faktor penyebab 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 pelaku penambangan. Sebagian aktivitas di hutan lindung sudah menurun karena larangan Pemda. Harga pupuk dan upah tenaga kerja yang tinggi juga menjadi salah satu sebab pengalihan fungsi lahan.

Komoditas karet dan lada tidak menjadi andalan masyarakat Bangka sejak tahun 2001 karena kemerosotan harga lada di pasar internasional yang terus menerus (Zulkarnain *et al.* 2005; Metro Bangka Belitung 2007d), harga karet yang rendah dan mencapai sekitar Rp. 3.000,-/ kg, dan terbukanya penambangan timah oleh rakyat di Bangka pasca reformasi 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 No. 6 Tahun 2001 yang mengatur keterlibatan masyarakat dalam penambangan pasir timah (Zulkarnain *et al.* 2005). Penafsiran yang salah ini merupakan titik kulminasi keinginan masyarakat mendapatkan akses untuk menambang sendiri (Zulkarnain *et al.* 2005). Faktor pendorong lain adalah harga timah yang berangsur-angsur tinggi (Bangka Pos Online 26 November 2007; Bangka Pos 26 Juni 2008), sehingga di tingkat penambang timah harga jual timah TI pernah mencapai Rp. 70.000,- /kg, atau di tingkat timah tailing mencapai Rp. 56.000,-/ kg pada sekitar pertengahan bulan Oktober 2007 – awal November 2007.

Faktor yang mempengaruhi sebagian nelayan Pantai Rebo beralih profesi sebagai pekerja TI Apung adalah harga timah yang tinggi. Persepsi mereka adalah bekerja di TI lebih banyak dan cepat menghasilkan uang. Selain kesulitan mendapatkan ikan dan resiko lebih tinggi pada musim angin kencang, atau tidak melaut pada angin kencang, harga jual ikan rendah karena melalui pengumpul. Alasan lain sebagai pemicu adalah sulitnya memperoleh bahan bakar minyak (BBM) dengan harga terjangkau serta biaya operasional di laut yang meningkat (Suban 2004), serta sebagian penambang TI beralih dari darat ke laut karena hasil timah berkurang (Alexey 2006a).

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi lahan darat

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 menyekolahkan anak ke jenjang pendidikan lebih tinggi. Sebagian pendapatan yang diperoleh diperuntukkan untuk membeli motor baru, belanja pakaian dan perabot rumah tangga.

Rata-rata pendapatan/ha/bulan petani lada di Desa Silip adalah Rp.592.536,- dan rata-rata pendapatan petani karet di Desa Bencah adalah Rp.122.111,- yang diperoleh dari penyadapan tanaman karet yang berumur 10 – 15 tahun maksimal 4 kali/minggu dengan hasil getah 15 – 40 kg/ha/hari (Tabel 10). Rata-rata produksi, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan lada dan karet per bulan. Di samping berkebun inti karet, sebagian petani di Desa Bencah juga berkebun lada dengan total luas lahan 4 ha. Rata-rata hasil kebun lada per orang / bulan di Desa Bencah mencapai Rp. 451.320,-, nilai yang lebih besar dibandingkan hasil karet.

Tabel 10. Produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, pendapatan petani lada, dan petani karet per bulan per orang

No.	Uraian	Satuan	Petani Lada (Desa Silip)	Petani Karet (Desa Bencah)
1	Produksi	kg / masa panen / orang	1,627	5,692
2	Harga	Rp. / kg	27,900	6,000
3	Penerimaan	Rp. / masa panen / orang	47,057,600	34,152,000
4	Biaya produksi	Rp. / masa panen / orang	21,460,050	20,964,000
5	Pendapatan	Rp. / masa panen / orang	25,597,550	13,188,000
7	Masa perawatan sampai panen	tahun	3	9
8	Luas lahan	ha	1.2	1
9	Pendapatan	Rp. / bulan / orang	592,536	122,111

Sumber: data primer

Pendapatan dari penambangan timah memberi kontribusi signifikan terhadap total pendapatan keluarga per bulan di tiga wilayah studi: Lingkungan Lubuk Kelik, Desa Silip, dan Desa Bencah. Kontribusi timah di Lubuk Kelik senilai Rp. 21.166.667,- /bulan atau 93.4%, di Desa Silip senilai Rp. 76.537.500,- atau 95.1% sementara kontribusi lada tidak lebih dari 1%, dan di Desa Bencah senilai Rp.4.684.286,- atau 89.1% sementara kontribusi tanaman inti karet sebesar 2.3% (Tabel 11). Sumber pendapatan selain kebun inti bagi petani di Desa Silip dan Desa Bencah, dan timah, juga kebun tambahan yakni kebun lada bagi sebagian petani karet di Desa Bencah. Usaha dagang pasir timah bagi sebagian petani lada di Desa Silip juga memberi kontribusi bagi total pendapatan per bulan.

Tabel 11. Rata-rata pendapatan per bulan dan kontribusi pendapatan pekerja tambang inkonvensional di Lingkungan Lubuk Kelik – Kelurahan Parit Padang, petani lada di Desa Silip, dan petani karet di Desa Bencah

No.	Sumber pendapatan	Penambang TI di Lingkungan Lubuk Kelik Kel. Parit Padang		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

Tingginya kontribusi penambangan timah telah memberi dampak positif nyata bagi peningkatan penghasilan dan kesejahteraan petani. Beberapa faktor penyebab pengalihan fungsi lahan kebun lada dan kebun karet seperti diungkapkan pada kuesioner terbukti. Tingginya penghasilan penambangan timah menarik sebagian masyarakat di sekitar hutan lindung untuk menambanginya.

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 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 berlangsung satu kali untuk selamanya, dan menyisakan kebutuhan dana pemulihan lahan seandainya lahan tersebut akan diusahakan untuk lahan pertanian, atau direvegetasi, apalagi diusahakan untuk menjadi sediaan. 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.

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi ekosistem pantai dan perairan pantai

Pendapatan penambang timah baik di Pantai Rebo dan Pantai Bubus sangat membantu perekonomian keluarga. Sebagian pendapatan dimanfaatkan untuk memperbaiki rumah, biaya pendidikan anak-anak, dan membeli perahu untuk disewakan ke orang lain. Di sisi lain, aktivitas TI rawan dampak sosial seperti : kecemburuan sosial akibat perbedaan pendapatan dan terkait etnis, pemakaian minuman keras, prostitusi terselubung, termasuk kemungkinan penyelundupan timah (Bangka Pos 28 Juni 2008). Dengan sebagian besar penambang yang berasal bukan dari Bangka dan Belitung tercatat adanya konflik horizontal dengan masyarakat lokal di Pantai Bubus (Kompas 27 Mei 2006). Kekhawatiran nelayan dan sebagian masyarakat sepanjang pantai di Kabupaten Bangka akan menurunnya tangkapan ikan dan air laut berlumpur telah memunculkan protes terhadap penambang TI apung (Kompas 8 Agustus 2005).

Pengeluaran bagi nelayan jaring di Pantai Rebo untuk setiap kali melaut adalah 1 ton es dengan harga Rp. 100.000,-/100 kg atau senilai Rp. 1.000.000,-, 4 jerigen solar (72 l) dengan harga Rp. 5.000,- /l atau senilai Rp. 360.000,- dan konsumsi dan kebutuhan lain selama 3 – 4 hari senilai Rp. 640.000,- atau total pengeluaran senilai Rp. 2.000.000,-. Hasil ikan untuk sekali melaut atau 3 – 4 hari sebesar 100 – 250 kg dengan rata-rata 167 kg per sekali jalan. Dengan harga jual di pengumpul ikan Rp. 22.000,-/kg, pendapatan kotor adalah Rp. 3.674.000,- per sekali melaut. Penghasilan bersih untuk tiga orang nelayan untuk setiap melaut sekitar Rp. 1.674.000,- /3 orang atau senilai Rp. 571.333,- /orang/hari atau senilai Rp. 2.285.333,-/orang/bulan (Tabel 12). Hasil melaut dirasakan hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo adalah Rp. 58.784.000,-.

Sebagai pekerja TI apung yang berkerja pada tauke timah di Pantai Rebo, pekerja hanya mempersiapkan bekal masing-masing seperti makan, kopi dan rokok, sementara peralatan TI dan BBM untuk operasional harian sekitar 1 jerigen disediakan oleh tauke. Timah dijual ke tauke timah dengan harga Rp. 60.000,- - Rp. 80.000,- untuk beberapa bulan lalu, dan pada bulan Desember 2008 menjadi Rp. 35.000,-.

Tiap kelompok TI apung terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 12.500,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari untuk masa kerja setengah hari, penghasilan bersih yang diterima

senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 375.000,-/penyelam/hari pada akhir tahun 2008. Jika bekerja hingga malam hari, hasil timah yang diperoleh mencapai 50 kg/hari. Penghasilan bersih lebih tinggi diterima oleh pekerja TI untuk kurun waktu penambangan semester pertama tahun 2008.

Tiap kelompok TI apung di Pantai Bubus terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 15.000,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari, sedangkan pada pertengahan tahun 2008 berkisar 85 – 240 kg/hari dengan harga saat itu Rp.60.000,- – Rp.70.000,-/kg. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari, penghasilan bersih yang diterima senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 450.000,-/penyelam/ hari (Tabel 13).

Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Bubus adalah Rp. 58.784.000,-.

Penghasilan bersih nelayan Rp.2.285.333,-/orang/bulan, sementara penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp.5.400.000,-/orang/bulan Rp.6.000.000,-/orang/bulan. Penghasilan bersih pekerja tambang lebih tinggi 36,5% (pencuci timah) – 78,8% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Bubus atau antara 36,5% (pencuci timah) – 74,6% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Rebo dengan asumsi harga timah pada semester ke dua tahun 2008 yakni rata-rata Rp.35.000,-. Perbedaan penghasilan akan semakin tajam jika mempergunakan asumsi harga jual timah pada semester pertama tahun 2008 yang hampir empat kali lipat lebih besar. Sebuah rekor harga jual pasir timah di tingkat penambang tahun 2008 yakni Rp.100.000,-/kg timah mengacu pada harga timah dunia (Bangka Pos 26 Juni 2008), yang diduga karena tingginya permintaan timah Cina dan India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008).

Tabel 12. Pengeluaran, pendapatan kotor, dan pendapatan bersih per nelayan per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan	Nilai
1	Pengeluaran				
	Es	kg	1,000	1,000	1,000,000
	Bensin	jerigen	4	80,000	320,000
	Konsumsi dll.	paket	1	640,000	640,000
	Sub Total				1,960,000
2	Pendapatan kotor				
	Rata-rata hasil tangkapan ikan	kg	167	22,000	3,674,000
	Sub Total				3,674,000
3	Pendapatan bersih per kelompok				1,714,000
	Pendapatan bersih per orang per melaut				571,333
	Rata-rata jumlah melaut 4 kali per bulan				
	Pendapatan bersih per orang per bulan				2,285,333

Sumber: data primer

Tabel 13. Upah, hasil penambangan, dan pendapatan bersih per penyelam dan per pencuci timah per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Upah				
	Upah penyelam per kg timah			12,500	15,000
	Upah pencuci timah per kg timah			5,000	5,000
2	Hasil penambangan	kg	30		
3	Pendapatan				
	Pendapatan bersih penyelam per hari			375,000	450,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per hari			150,000	150,000
	Rata-rata jumlah hari kerja sebulan 24 hari				
	Pendapatan bersih penyelam per bulan			9,000,000	10,800,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per bulan			3,600,000	3,600,000

Sumber: data primer

Penghasilan per bulan antara nelayan dan pekerja tambang akan memiliki nilai yang berbeda jika faktor lama operasi pada lokasi yang sama diperhitungkan. Pada lokasi penangkapan ikan yang sama, nelayan dapat menangkap ikan setiap saat dengan hasil yang relatif sama, sementara pada lokasi penambangan timah yang sama, pekerja tambang bekerja tergantung cadangan timah. Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo adalah Rp. 32.400.000,-/bulan, sedangkan dengan penghasilan bersih Rp.2.285.333,-/bulan, nelayan dapat mengumpulkan sejumlah uang yang sama dalam waktu yang lebih panjang sekitar setahun. Sementara nelayan harus mencari lokasi baru pada bulan ke tujuh, nelayan relatif tetap dapat memperoleh penghasilan yang tetap untuk waktu yang relatif panjang.

Neraca ekologi

Ekosistem darat

Pemulihan lahan pasca tambang timah menjadi lahan yang produktif membutuhkan waktu dan biaya. Suksesi tailing timah pasir sampai dengan tingkat semak sekurang-kurangnya 38 tahun (Nurtjahya *et al.* 2007a), atau menjadi hutan kerangas diperkirakan membutuhkan jauh lebih lama (Elfis 1998) kecuali dipercepat dengan bantuan manusia. Pemulihan lahan diawali dengan perataan tanah dan penimbunan lubang (*kolong*). Pembinaan tanah dilakukan dengan pemberian tanah mineral, bahan organik dengan pupuk kandang, pupuk anorganik, dan penanaman mulsa hidup penambat nitrogen *Calopogonium mucunoides* (Nurtjahya *et al.* 2008), dan mulsa potongan sabut kelapa untuk meningkatkan iklim mikro di sekitar tanaman (Nurtjahya *et al.* 2007d).

Anggaran pemulihan lahan pasca tambang khususnya tailing timah disarankan adalah 50 cm x 50 cm x 50 cm untuk menyediakan tanah yang baik, termasuk bahan organik yang cukup sehingga mampu menyediakan habitat yang baik bagi flora dan fauna tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Jumlah lubang tanam per hektar akan tergantung dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Untuk tanaman

keras dengan jarak tanam standar 4 m x 4 m atau 625 batang/ha, biaya reklamasi per hektar tailing timah berbentuk pasir diperkirakan sebesar Rp. 40.995.000,- (Tabel 14). Biaya itu memulihkan lahan seluas 156,3 m² atau 1.6% untuk luas lahan 1 ha.

Tabel 14. Perkiraan biaya reklamasi tailing timah berbentuk pasir per hektar

No.	Jenis pekerjaan	Dosis	Volume satuan	Harga / satuan (Rp.)	Nilai (Rp.)
1	Leveling lahan dengan bulldozer		15 jam	500,000	7,500,000
2	Pembuatan lubang tanam 50 cm x 50 cm x 50 cm, jarak tanam 4 x 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 3m³/truk akan tergantung dengan jarak lokasi dengan sumber tanah mineral, dan sabut kelapa.

Pendapatan lingkungan dari pengalihan fungsi hutan lindung di Lubuk Kelik adalah negatif sebesar Rp.19.828.333,-/ha karena pendapatan bersih dari penerimaan timah sebesar Rp.21.166.667,-/ha dan dikurangi dengan pemulihan lahan Rp.40.995.000,-/ha (Tabel 15). Pengalihan fungsi lahan kebun karet di Desa Bencah negatif Rp. 36.310.714,-/ha, sementara pendapatan lingkungan positif hanya pada pengalihan lahan kebun lada di Desa Silip, yakni sebesar Rp.35.542.500,-/ha.

Tabel 15. Penerimaan timah, biaya pemulihan lahan, dan penerimaan lingkungan per hektar lahan yang dialihkan 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	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

Pendapatan lingkungan negatif akibat pengalihan lahan hutan lindung dan kebun karet cenderung lebih besar lagi 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 ternilai adalah fungsi lahan dalam hidrologi, habitat flora dan fauna, fungsi hutan sebagai penyerap CO₂, jasa lingkungan. 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 yang memiliki kuasa penambangan (KP) yakni sebesar Rp.7.500.000,-/ha. Sejauh ini aturan sedemikian sekurang-kurangnya belum disosialisasikan dan diterapkan bagi penambangan rakyat atau perusahaan pemilik KP. Pemandangan yang umum terjadi adalah setelah penambangan, lokasi pasca penambangan ditinggalkan. Bagi sebagian penambang, alasan yang diberikan adalah kerugian penambangan. Sekalipun tidak pernah didata secara statistik, banyak penambang baik skala dan modal kecil maupun skala dan modal besar yang merugi.

Pemulihan ekosistem pantai dan perairan pantai

Pemulihan kerusakan terumbu karang, yang diperkirakan mencapai 20% di dunia (www.projectaware.org dikunjungi Desember 2008) tanpa campur tangan manusia membutuhkan waktu yang lama. Restorasi dilakukan dengan transplantasi (Edwards & Clark 1999), yakni bibit terumbu karang hidup dipotong cabang karang dan ditempelkan atau dilekatkan atau diikat pada struktur buatan yang sengaja diletakkan di sekitar karang yang mati. Umumnya jenis adaptif terhadap gangguan dan memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan mudah patah adalah *Acropora* sp. (www.projectaware.org), atau *Pacillopora*, *Porites*, *Favia* dan *Favites* (Edwards & Clark 1995).

Biaya restorasi karang bervariasi antara US\$ 13.000 per ha hingga ratusan juta dolar Amerika atau sekitar 130 juta – 1 milyar rupiah per ha (Spurgeon & Lindahl 2000). Perhitungan biaya yang lain adalah sekitar US\$ 7.000 per ha atau sekitar 70 juta rupiah dengan asumsi untuk transplantasi setiap 2.5 kg karang per m² dengan jarak 3 km dari sumber terumbu karang hidup dan 5 km dari pulau yang didiami yang terdekat (Spurgeon & Lindahl 2000). Rehabilitasi karang berbasis masyarakat di Bali diperkirakan membutuhkan biaya US\$ 200 untuk pembuatan, pemasangan dan pemantauan setiap hexadome – struktur menyerupai kubah enam sisi yang dikembangkan oleh Organisasi Penyelam Ilmiah dari Association Diving School di Bali (Hartono 2008); atau jika tiap ha dipasang 20 unit hexadome maka biaya rehabilitasi terumbu karang US\$ 4.000/ha. Sedimentasi terhadap terumbu karang Indonesia oleh penambangan belum dilaporkan, namun terumbu karang yang sehat rata-rata dapat menghasilkan US\$ 15.000/km²/tahun (Cesar 1997 dalam Indrawadi 2009).

Terumbu karang dikenal luas sebagai pusat aktivitas biologis, perikanan dan pariwisata, proteksi pantai, proses-proses geologis, dan estetika (Jaap 2000). Perhatikan profil pantai Rebo dan Pantai Bubus yang landai, jasa lingkungan

proteksi pantai dan proses-proses geologis tampaknya tidak terlalu besar. Jasa lingkungan yang patut diperhatikan adalah pariwisata dan estetika. Jika Pantai Bubus lebih berfungsi sebagai pantai pendaratan perahu nelayan (Aan 2009, komunikasi pribadi), Pantai Rebo lebih dikenal sebagai salah satu tujuan wisata di tahun 1990-an (Ambalika 2008). Berbeda dengan beberapa daerah lain di Provinsi Bangka Belitung, karang baik yang mati maupun yang hidup hampir tidak dimanfaatkan masing-masing sebagai bahan bangunan ataupun sebagai pengisi akuarium (Aan 2009, komunikasi pribadi).

Dengan asumsi jumlah hari kunjungan ke Pantai adalah empat kali dalam sebulan yakni setiap hari Minggu, dan jumlah pengunjung untuk setiap kali datang adalah 100 orang per ha maka jumlah pengunjung Pantai dengan asumsi luas pantai yang dapat adalah 3 ha, maka pengunjung setiap bulan adalah 1.200 orang. Jika setiap orang membelanjakan Rp. 10.000,- maka nilai uang yang dibelanjakan pengunjung adalah Rp. 4.000.000,-/ha/bulan. Jika nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 58.784.000,-, maka nilai total jasa lingkungan perairan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,- (Tabel 16).

Dengan asumsi lama penambangan maksimum yang mampu merusak satu hektar lokasi terumbu karang yang sama di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing enam bulan, oleh lima unit TI, maka nilai penjualan kotor timah per hektar per bulan di kedua Pantai masing-masing senilai Rp. 25.200.000,-, atau senilai Rp. 756.000.000,- untuk masing-masing pantai untuk enam bulan operasi. Asumsi masa penambangan enam bulan berarti setelah enam bulan lokasi penambangan harus dipindahkan karena cadangan timah habis, dan juga berarti bahwa telah terjadi kerusakan terumbu karang. Lama pemulihan terumbu karang untuk kembali seperti sedia kala dengan teknik transplantasi diasumsikan membutuhkan sekitar 25 tahun.

Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, nilai penjualan kotor timah per hektar selama 6 bulan dengan asumsi harga timah seperti semester kedua 2008 sebesar Rp. 756.000.000,-. Pendapatan ini mengesampingkan kerusakan darmaga untuk nelayan dan pondok-pondok di sepanjang Pantai Rebo untuk wisata akibat aktivitas penambangan dalam kurun beberapa tahun terakhir (Ambalika 2008).

Jika nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan untuk Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,-, nilai lahan penambangan timah dapat diperoleh selama setahun. Perbedaan waktu dengan penambangan timah lebih cepat enam bulan tidak memperhitungkan kerusakan lingkungan yang akan pulih sekitar 25 tahun. Sementara pemanfaatan lingkungan oleh penangkapan ikan dan jasa lingkungan lain, relatif tidak memiliki batas waktu.

Besarnya pemulihan lahan dan tidak menentunya penerimaan dari penambangan timah, penambangan timah berpotensi menunjukkan kerugian pada neraca ekologi. Koordinasi penambangan tampaknya akan lebih memperkecil kerugian dan meningkatkan efisiensi penggunaan dana terutama biaya produksi penambangan. Efisiensi akan dimulai dari biaya 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 karena tidak menghasilkan. Efisiensi dilanjutkan pada operasional penambangan sehingga pemanfaatan lahan lebih efisien dan tidak meninggalkan sebidang kecil lahan yang akan ditambang di kemudian hari dan mengganggu reklamasi dan revegetasi yang dilakukan. Himbauan ini tentunya tidak

mudah manakala menyangkut besarnya cadangan 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 ditambah. Penataan penambangan adalah tidak mudah juga karena ketidaksamaan pemahaman akan berbagai peraturan pemerintah, pemahaman pembagian hasil tambang antara pusat, provinsi dan kabupaten / kota, terkait dengan kontribusi bagi pembangunan daerah, dan pemahaman pemanfaatan sumber daya alam bagi semua rakyat, serta penegakan peraturan yang telah ada.

Tabel 16. Nilai wisata per hektar per bulan, nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan, rata-rata pendapatan bersih pekerja timah per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, rata-rata penjualan timah kotor per hektar per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, dan rata-rata nilai timah hasil penjualan kotor per hektar per bulan dengan memperhitungkan lama pemulihan terumbu karang 25 tahun

No.	Uraian	Nilai			
		Pantai Rebo	Pantai Bubus	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Asumsi nilai kunjungan wisatawan (ha)			4,000,000	0
	Asumsi nilai penjualan karang hidup dan karang mati (/ha/bulan)			0	0
2	Asumsi rata-rata bobot tangkapan ikan (kg/kapal/melaut)	167	167		
	Asumsi harga jual ikan ke pengumpul (/kg)	22,000	22,000		
	Asumsi jumlah kapal (/ha laut)	4	4		
	Jumlah kali melaut (/kapal/bulan)	4	4		
	Nilai tangkapan ikan (ha/bulan)			58,784,000	58,784,000
	Nilai total jasa lingkungan (ha/bulan)			62,784,000	58,784,000
3	Asumsi lama penambangan yang menyebabkan kerusakan terumbu karang (/ha/bulan)	6	6		
	Asumsi jumlah unit TI/ha	5	5		
	Jumlah anggota tim/TI	3	3		
	Rata-rata pendapatan bersih pekerja timah (orang/ha/bulan)*)	5,400,000	6,000,000		
	Nilai penjualan kotor timah (/ha/bulan)*)	25,200,000	25,200,000		
	Nilai penjualan kotor timah dalam kurun 6 bulan (/ha)*)			756,000,000	756,000,000
4	Asumsi lama pemulihan terumbu karang (tahun)	25	25		
	Rata-rata nilai timah dalam kurun 25 tahun (/ha/bulan)			2,520,000	2,520,000

Biaya transplantasi 2,5 kg karang/m² (/ha/25 tahun) 70 - 130 juta

*) dengan mengacu pada rata-rata harga timah pada semester kedua 2008 yakni Rp. 35.000,-

Kesimpulan dan Saran

Pengalihan fungsi hutan lindung, lahan pertanian, pantai dan perairan pantai menjadi lahan tambang timah meningkatkan pendapatan pelaku tambang inkonvensional (TI) dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu karena keuntungan diperoleh dalam waktu singkat itu hanya dipetik sekali atau kurun waktu yang pendek. Dari studi kasus pengalihan lahan kebun lada dan kebun karet menjadi lahan tambang, keuntungan per hektar per bulan yang sama dapat dipenuhi dengan keuntungan bertani masing-masing 10.8 tahun dari berkebun lada, dan 3.2 tahun dari berkebun karet. Demikian juga nilai lahan penambangan timah selama enam bulan di pantai dan perairan pantai dapat dicapai oleh nelayan dalam setahun, di luar biaya pemulihan sekitar 25 tahun. Jika biaya pemulihan lahan pasca tambang dibebankan pada penambang, hanya pengalihan lahan di kebun lada yang menguntungkan, sedangkan pengalihan lahan di kebun karet, hutan lindung, dan pantai dan perairan pantai merugi.

Koordinasi penataan penambangan TI disarankan terus dikembangkan sehingga efisiensi pemanfaatan lahan, sejak dari survei, pengeboran, dan pelaksanaan ditingkatkan, dan pemulihan lahan pasca tambang dapat diberlakukan. 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 secara berkesinambungan. Pemahaman bersama itu diharapkan dilanjutkan dengan dalam 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, dan Tahun Ke 2 dengan nomor kontrak No. SP2H 086/SP2H/PP/DP2M/III/2008. Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Bangka Belitung yang memfasilitasi kegiatan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kessy, Robika, Roni, Kusmah, Wistaria, Wistria, Hadi Sodikin, Iskandar, Yudi Sapto, SP., Indra Ambalika, S.Pi., dan Sugeng, SP. yang membantu di lapang.

Daftar Pustaka

- Abdel-Fattah GM, Fatma, F. Migahed, and A.H. Ibrahim. 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):835-841.
- Alexey EC. 2006a. TI apung marak, terumbu karang rusak. *Kompas* 15 September 2006.
- Alexey EC. 2006b. Ratusan tambang timah apung bermunculan. *Kompas* 20 Juli 2006.

- Ambalika I. 2008. Terumbu karang (coral reef) di Pantai Rebo Sungailiat Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. www.ubb.ac.id – Desember 2008.
- 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.
- Ang LH. 1994. Problems and Prospects of Afforestation on Sand Tin Tailings in Peninsular Malaysia. *J. of Tropical Forest Science* 7(1):87-105.
- Anonim 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].
- Anonim 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].
- Anonim 3 April 2002c. TI Porakporandakan Areal Reklamasi Panti Rebo. <http://www.bangkapos.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1561>. Bangka Pos [visited April 12, 2003].
- Anonim 2001. Awas! Bangka Terancam Petaka Lingkungan. <http://www.jatam.org/indonesia/newsletter/uploaded/gg20.html#gb>. GALI-GALI [visited April 12, 2003].
- Bangka Dalam Angka 2007. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos Online 2007. Dikunjungi 10 November 2007
- Bangka Pos 2006. Provinsi Bangka Belitung menjadi *pilot project* rehabilitasi lahan tingkat nasional.
- Bangka Dalam Angka 2005. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos 2004. 65 Persen Reklamasi PT Timah Rusak Berat. Bangka Pos 19 Maret 2004.
- Cesar H. 1996. Economic analysis on Indonesia coral reefs. The World Bank, Indonesia.
- Christie M, Hanley N, Warren J, Murphy K, Wright R, Hyde T. 2006. Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological Economics* 58:304-317.
- Dahuri R. 2003. Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Davis CC. 1955. The marine and fresh water plankton. Michigan: Michigan State University Press.
- Edwards AJ, Clark S. 1999. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):474-487.
- Edwards AJ, Clark S. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldiv Islands. *Coral Reefs* 14:201-213.

- Elfis 1998. Vegetasi kerangas pada daerah bekas penambangan timah di Pulau Singkep Kepulauan Riau [tesis]. Padang: Universitas Andalas, Program Pascasarjana.
- Faber DA. 1956. Rapport van de Bodemkundige Kaartering van Bangka (Report of the Soil Mapping of Bangka) in Chin A Tam SM. 1993. Bibliography of Soil Science in Indonesia 1890 - 1993. Haren: DLO – Institute for Soil Fertility Research (IB-DLO).
- Ferianita-Fachrul M, Haeruman H, Sitepu LC. 2005. Komunitas fitoplankton sebagai bio-indikator kualitas perairan Teluk Jakarta. Seminar Nasional MIPA 2005, FMIPA Universitas Indonesia, 24-26 November 2005.
- Gadermann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46:235-244.
- Gomez ED, Yap HT. 1988. Monitoring reef condition in Kenchington RA, Hudson BET (eds.). Coral reef management hand book. UNESCO regional office for science and technology for South East Asia, Jakarta, p. 187-195.
- Hartono I. 2008. Rehabilitasi karang berbasis masyarakat. <http://harerablog.blogspot.com/2008/12/rehabilitasi-karang-berbasis-masyarakat.html> [Januari 2009]
- Hernanto F. 1998. Ilmu Usaha Tani. Bogor: Jurusan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian, IPB.
- <http://www.itri.co.uk>. 25 Jun 2008 PT Timah looks offshore. [dikunjungi 25 Juni 2008]
- Indrawadi 2009. Ukuran dan kerugian akibat kerusakan terumbu karang. http://www.geocities.com/minangbahari/artikel/ukuran_kerugian.html [dikunjungi Januari 2009]
- Jaap WC, 2000. Coraf reef restoration. Ecological Engineering 15(3-4): 345-364.
- 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.
- Kompas. 2006. Warga bentrok dengan penambang, 6 orang luka. Kompas 27 Mei 2006.
- Kompas. 2005. Nelayan dan masyarakat protes adanya aktivitas baru. Kompas 8 Agustus 2005.
- Kusmana C. 1997. Metode survey vegetasi. Bogor: PT Penerbit IPB.
- Metro Bangka Belitung. 2007a. Pertambangan Kontribusi Terbesar PDRB. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007b. Pasca 5 Oktober 2006 Apa kabar pertimahan Babel? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007c. Pemberlakuan Permendag No 19/2007 Daerah lain yang makan nangka Babel kena getahnya. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.

- Metro Bangka Belitung. 2007d. Pembatasan kuota lada siapa diuntungkan? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 14.
- Mueller-Dumbois D, Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2008. Revegetation of tin-mined land using various local tree species in Bangka Island, Indonesia. Di dalam: Barnhisel RI, editor 2008. *2008 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Richmond VA, New Opportunities to Apply Our Science on June 14-19, 2008*. Lexington: ASMR, pp. 739-755.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007a. Succession On Tin-mined Land in Bangka Island di The Seventh International Flora Malesiana Symposium, 17 – 22 Juni 2007 di Leiden, Belanda.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y, Mardatin NF. 2007b. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Sukses Lahan Pasca Tambang 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, 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, Setiadi Y. 2007d. Sabut Kelapa sebagai Mulsa pada Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Eugenia* 13(4): 366-382.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007e. Populasi *Collembola* di Lahan Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Biodiversitas* 8(4): 309-313
- Nybakken JW. 1988. Biologi laut: suatu pengantar ekologi (terjemahan). Eidman HM, Bangen DE, Malikusworo H, Sukristyono (penterjemah). Jakarta: Gramedia.
- Odum EP. 1971. *Fundamentals of Ecology* (3rd Edition). Philadelphia: WB Saunders Company.
- Schenk NC, Perez Y. 1988. *Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi*. Second Edition. Gainesville: International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi.
- Soerianegara I, Indrawan A. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Spurgeon JPG, Lindahl U. 2000. *Economics of Coral Reef Restoration*. <http://iodoweb1.vliz.be/odin/handle/1834/564?language=fr>.
- Suara Pembaruan 2004. Gubernur Babel : 30 persen hutan di Bangka rusak berat akibat aktivitas penambangan. *Suara Pembaruan* 29 Desember 2004.
- Suciatmih. 1998. Populasi Mikroba Penyubur Tanah pada Lahan Terdegradasi Di Wilayah Singkep, Riau in Siregar M, Sunaryo, Sambas EN, Rahmansyah M,

- Hidayati N (eds.). 1998. Proyek Penelitian Pengembangan dan Pendayagunaan Potensi Wilayah TA 1997/1998. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI.
- Suhardjono YS. 2004. Materi Pelatihan Identifikasi dan Penanganan Spesimen Collembola. Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Puslit Biologi – LIPI (*unpublished*).
- Supriharyono 2000. Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang. Jakarta: Djambatan.
- Susilo FX, Gafur A, Utomo M, Evizal R, Murwani S, Swibawa IG. (eds.) 2004. Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity. Universitas Lampung.
- Veron J. 1995. Corals in space and time: biogeography and evolution of the Sclerectinia. Sidney: UNSW Press.
- Zulkarnain I, Erman E, Pudjiastuti TN, Mulyaningsih Y. 2005. Konflik di Kawasan Pertambangan Timah Bangka Belitung: Persoalan dan Alternatif Solusi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.

Neraca ekologi penambangan timah di Pulau Bangka

Eddy Nurtjahya^{1,2}, Fournita Agustina³, Aldino Akbar⁴

¹Program Studi Biologi, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

²Alamat korespondensi E. Nurtjahya, email eddy_nurtjahya@yahoo.com

³ Program Studi Agroteknologi, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

⁴ Program Studi Perikanan, Universitas Bangka Belitung, Jalan Diponegoro No. 1, Sungailiat 33215, Bangka Belitung

Abstrak

Kajian tentang pengalihan lahan menjadi lahan tahan tambang timah diharapkan mendorong terwujudnya *political will* para *stake holder* untuk mengelola sumber daya alam secara berkelanjutan. Data sosial ekonomi diperoleh dari wawancara langsung secara terpilih terutama dengan petani, pemilik dan karyawan tambang inkonvensional (TI) darat dan TI apung. Data lingkungan meliputi sifat fisika dan kimia tanah, vegetasi, mikrob dan mesofauna tanah, kualitas perairan, dan kondisi terumbu karang. Faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan pertanian dan perairan pantai menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet dan ikan, persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani dan cepat diperoleh, biaya sarana produksi pertanian tinggi, kesulitan memperoleh bahan bakar minyak (BBM), and tidak adanya sanksi tegas dari Pemda. Akibat penambangan, komponen pasir meningkat dan komponen debu dan liat meningkat. komposisi vegetasi menurun dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus. Penambangan timah menyebabkan penurunan konsentrasi C organik, K total, dan nilai kapasitas tukar kation. Prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan diduga menimbulkan perbedaan hasil pengamatan. Perairan pantai yang tidak terganggu memiliki kecerahan dan salinitas lebih tinggi dibandingkan perairan terganggu. Intensitas penambangan diduga berpengaruh terhadap jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton dan prosentase penutupan karang hidup. TI meningkatkan pendapatan pelaku tambang dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu karena keuntungan besar yang hanya dipetik sekali dan belum memperhitungkan biaya yang tinggi dan waktu yang lama bagi pemulihan kerusakan lingkungan.

Kata kunci: *tambang inkonvensional, timah, nelayan, petani, vegetasi, fitoplankton, terumbu karang*

Pendahuluan

Pulau Bangka adalah pulau penghasil timah terbesar di Indonesia. Dampak utama penambangan timah adalah terbentuknya lahan terganggu termasuk kolam air bekas tambang (*kolong*) (Gambar 1), rusaknya bentang alam, habitat alami dan keanekaragaman hayati, serta timbulnya polusi (Anonim 2002a, 2002b, 2002c, Suara Pembaruan 2004), termasuk di area yang telah direklamasi perusahaan tambang (Bangka Pos 19 Maret 2004) dan menyebabkan banjir (Anonim 2001). 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%, N mendekati nol, P dan K total, dan kation dapat ditukar berkurang nyata, dan kapasitas tukar kation dapat berkurang antara 50 – 80% (Nurtjahya *et al.* 2007a). Pengalihan fungsi lahan mengakibatkan populasi mikrob pelarut fosfat (MPF) berkurang (Suciatmih 1998), dan tercatat penurunan populasi mikrob pelarut fosfat dan fungi mikoriza arbuskula masing-masing berkurang sekitar 25 – 75% (Nurtjahya *et al.* 2007b), dan penurunan populasi semut dan *Collembola* sekitar 40 – 70% (Nurtjahya *et al.* 2007c; 2007e), penurunan komposisi vegetasi, keanekaragaman jenis dengan vegetasi bawah dan semai hanya separuh dari hutan, dan jumlah individu menurun hingga 75% (Nurtjahya *et al.* 2007a). Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan dilaporkan (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. Sektor pertambangan dan penggalian memberikan kontribusi terbesar bagi produk domestik regional bruto (PDRB) 24,8% (Metro Bangka Belitung Agustus 2007a). Penambangan ini semakin menarik karena harga timah yang tinggi dan menembus US\$ 23.400/ton (Bangka Pos 26 Juni 2008), diduga karena tingginya permintaan timah di Cina dan di India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008). Khususnya di ekosistem pantai dan perairan pantai, dampak penambangan timah diperkirakan semakin meningkat terkait rencana peningkatan produksi timah lepas pantai PT Timah (Persero) Tbk. sampai akhir tahun 2009 (<http://www.itri.co.uk> dikunjungi 25 Juni 2008).

Pengelolaan sumber daya alam yang lebih berorientasi pada tujuan ekonomi jangka pendek dan lemahnya aspek perlindungan lingkungan, berpotensi memunculkan konflik antara perusahaan, masyarakat dan pemerintah (Zulkarnain *et al.* 2005; Metro Bangka Belitung Agustus 2007b). Konflik tambang timah melibatkan pemerintah pusat, pemerintah provinsi, dan pemerintah kabupaten/kota, perusahaan pemegang kuasa penambangan (KP), perusahaan peleburan lokal / BUMD, pengusaha TI dapat bersumber dari pemahaman yang tidak sama antara lain terhadap tata niaga pertimahan seperti Peraturan Menperdag No. 04/2007 tentang Pengaturan Ekspor Timah Batangan (Kompas 24 Januari 2007), dan Peraturan Menperdag No. 19/2007 tentang perdagangan bijih timah antar pulau (Metro Bangka Belitung Agustus 2007c).

Pentingnya komitmen para *stake holder* terutama Pemerintah Pusat, Pemerintah Provinsi, dan Pemerintah Kabupaten dan Kota bagi keberhasilan penataan kegiatan penambangan timah secara berkelanjutan dan lingkungan sudah sejak lama dipahami. Permasalahan penting dan krusial yang muncul adalah bagaimana membangun *political will* di antara ketiga level pemerintahan Zulkarnain *et al.*

(2005) sehingga mau bersama-sama duduk dan berbicara membahas penataan dan pengelolaan penambangan timah secara berkelanjutan.

Kajian ilmiah oleh pihak independen akan perbandingan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari penambangan timah konvensional (TI) untuk para *stake holder* terutama tiga level pemerintahan, merupakan salah satu cara untuk mendorong terwujudnya *political will*. Kajian ini diharapkan menjadi salah satu gambaran tentang terutama perlunya ketepatan peruntukan lahan dalam kerangka pembangunan berkelanjutan. Penilaian lingkungan memberikan bukti yang bermanfaat untuk mendukung beberapa kebijakan dengan perhitungan nilai ekonomi yang dikaitkan dengan perlindungan sumber daya alam, dan berangsur-angsur diakui oleh pengambil kebijakan dalam penyusunan kebijakan (Christie *et al.* 2006).

Tujuan penelitian ini adalah membandingkan dampak sosial ekonomi dan dampak lingkungan dari kegiatan tambang konvensional (TI) di Pulau Bangka.



Gambar 1. Penambangan rakyat (atas kiri: TI Darat; atas kanan: perahu TI Apung di perairan pantai); *Kolong* (bawah kiri); penambangan di dekat kuburan (bawah kanan) (Sumber: Nurtjahya *et al.* 2007a; Tim 2008)

Metode Penelitian

Lokasi penelitian adalah sebidang kebun lada di Desa Silip (01° 42' 48,1" LS dan 105° 52' 26,7" BT) di Kecamatan Riau Silip, Kabupaten Bangka, sebidang kebun karet di Desa Bencah (02° 44' 25,0" LS dan 106° 25' 27,6" BT), Kecamatan Air Gegas, Kabupaten Bangka Selatan, dan hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik (01° 54' 09,4" LS dan 106° 05' 46,9" BT) di Kelurahan Parit Padang, Kabupaten Bangka, Pantai Bubus (01° 31' 36,8" LS dan 105° 46' 27,8" BT), Kecamatan

Belinyu, Kabupaten Bangka, dan Pantai Rebo (01° 55' 57,4" LS dan 106° 12' 58,6" BT), Kecamatan Sungailiat, Kabupaten Bangka. Lokasi penelitian mewakili ekosistem darat dan ekosistem pantai dan perairan pantai. Pantai Bubus dan Pantai Rebo adalah lokasi operasi kapal keruk, dan ratusan perahu dan rakit tambang inkonvensional (TI) apung.

Wilayah studi didiami oleh berbagai etnis: Melayu, Tionghoa, Madura, Flores, dan Jawa dengan mayoritas pemeluk agama Islam (Bangka Dalam Angka 2007), dengan mata pencaharian terbesar adalah nelayan, buruh/swasta, pedagang. Responden di Lubuk Kelik adalah penambang timah di sekitar hutan lindung, petani di Desa Bencah adalah petani yang pernah/masih mengusahakan tanaman karet disamping penambang timah, petani di Desa Silip adalah petani lada yang juga bekerja sebagai penambang timah. Responden di Pantai Bubus dan Pantai Rebo sebagian besar penambang dan sebagian kecil nelayan yang beralih usaha menjadi penambang. Hampir semua responden adalah penduduk Bangka kecuali sebagian besar penambang di Pantai Bubus. Usia responden tergolong produktif (25-50 tahun) dengan tingkat pendidikan bervariasi dengan dominasi SD sampai dengan SMA.

Pengumpulan data dengan metode pengambilan contoh secara terpilih (*purposive sampling*) menyelidiki sebagian obyek dan gejala. Data primer diperoleh dari wawancara langsung kepada responden berdasarkan pada daftar pertanyaan yang telah dipersiapkan. Data sekunder diperoleh dari Badan Pusat Statistik, media cetak terutama lokal, dan laporan penelitian terkait. Digali faktor-faktor yang mempengaruhi masyarakat memilih membuka TI sebagai mata pencaharian, perubahan status sosial, dan akses lainnya.

Dampak sosial mengamati perubahan status sosial, strata sosial; tingkat kejahatan; angka putus sekolah; dan kebutuhan tenaga kerja. Dampak ekonomi mengamati besar pendapatan dan kontribusi TI terhadap pendapatan keluarga yang dihitung (Hernanto 1998). Data lingkungan meliputi sifat fisika dan kimia tanah, vegetasi, mikrob dan mesofauna tanah, kualitas perairan, dan kondisi terumbu karang. Tanah komposit sekitar 1 kg kering dianalisa di Balai Penelitian Tanah di Bogor. Analisa vegetasi dilakukan dengan penentuan luas petak contoh minimum (Cain 1938 diacu dalam Kusmana 1997; Soerianegara dan Indrawan 1998) untuk menghitung INP (Mueller-Dumbois & Ellenberg 1974). Contoh tanah yang diduga mengandung mikrob pelarut fosfat ditumbuhkan di media *Pikovskaya*. Contoh tanah fungi mikoriza arbuskula (FMA) diambil mengacu modifikasi CSM-BGBD (Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity) Project (Susilo *et al.* 2004) dan ekstraksi spora menurut teknik tuang dan saring basah (Gardemann & Nicolson 1963) dan identifikasi genera spora mengacu pada Schenck dan Perez (1988) dan INVAM. Pengambilan contoh mesofauna tanah dengan metode *pitfall trap* (modifikasi metode Suhardjono 2004) dengan fokus pada *Collembola* dan semut. Pengukuran kualitas perairan meliputi : kecerahan, temperatur, kecepatan arus permukaan, oksigen terlarut (DO). Pengamatan contoh fitoplankton diamati dengan metode sapuan. Analisa biota meliputi kondisi terumbu karang dengan metode *line intercept transect*, indeks mortalitas karang (IMK) (Gomez & Yap 1988), indeks keanekaragaman jenis dengan indeks Shannon (Shannon & Weaver 1949 dalam Odum 1971), indeks keseragaman (*evenness*) menurut Pielou (Odum 1971) dan *dominance index* menurut Odum (1971).

Hasil dan Pembahasan

Dampak lingkungan

Sifat fisika dan kimia tanah

Aktivitas penambangan timah mengubah sifat fisika dan kimia tanah, dan iklim mikro lingkungan. Tekstur tailing timah adalah pasir dengan kenaikan lebih dari 30% pasir dibandingkan lahan tidak terganggu, dan menurunnya komponen liat dan debu sekurang-kurangnya 50%. Kandungan bahan organik tailing timah C hampir tidak tersisa, dan N mendekati nol. Kandungan P dan K total berkurang nyata pada pengalihan kebun karet dan kebun lada menjadi tailing timah, juga kation dapat ditukar Ca, Mg, K, dan Na. Total kation dapat ditukar pada hutan dan kebun lada berkurang masing-masing 50% dan 90%. Kapasitas tukar kation (KTK) berkurang antara 50 – 80% (Tabel 1). Komponen pasir meningkat dan disertai dengan penurunan komponen liat pada tanah di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (Tabel 2). Hal berbeda terlihat pada Pantai Rebo, komponen pasir menurun dan disertai dengan peningkatan komponen liat. Hal ini diduga karena prosedur penambangan yang tidak seragam dan terjadi pengadukan antara lapisan yang belum ditambang dan yang sudah ditambang. Intensitas penambangan di Pantai Bubus yang lebih tinggi dibandingkan di Pantai Rebo menyebabkan pengaruh penambangan terhadap kualitas tanah lebih nyata. Penurunan konsentrasi hara akibat penambangan jelas terlihat pada C organik baik di Pantai Rebo (dari 0.07 menjadi 0.01%) maupun di Pantai Bubus (dari 0.13 menjadi 0.03%). Dugaan keteradukan lokasi pengambilan contoh tercermin dari peningkatan konsentrasi P total di kedua lokasi pengambilan contoh.

Pengalihan fungsi lahan menurunkan kelembaban tanah lahan pasca tambang 10% dan kelembaban udara di sekitar lahan pasca tambang 10 – 20%, meningkatkan temperatur tanah lahan pasca tambang 2 – 10°C dan temperatur udara di sekitar lahan pasca tambang sekitar 6 – 9°C sehingga iklim mikro menjadi tidak mendukung bagi pertumbuhan vegetasi dan mikroba tanah, serta fauna.

Tabel 1. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/ 100g		cmol(+)/kg			
Hutan	63	12	25	5.0	1.6	0.1	14	3	4	0.53	0.41	0.08	0.00	1.02	6.53
TI Hutan	83	6	11	5.0	0.2	0.0	9	4	6	0.36	0.08	0.03	0.00	0.47	3.77
Karet	70	6	24	4.7	2.0	0.2	14	17	3	0.15	0.03	0.06	0.00	0.24	9.09
TI Karet	96	0	4	5.1	0.1	0.0	12	1	2	0.15	0.11	0.03	0.00	0.29	2.24
Lada	53	15	32	5.1	2.2	0.2	13	66	11	2.42	0.61	0.21	0.00	3.24	9.10
TI Lada	87	3	10	5.0	0.1	0.0	11	1	2	0.16	0.03	0.03	0.00	0.22	2.39

Tabel 2. Sifat fisika dan kimia tanah pada kedalaman 0 – 20 cm dari Pantai Bubus tidak terganggu, Pantai Bubus terkena tambang inkonvensional (TI), Pantai Rebo tidak terganggu, dan Pantai Rebo terkena TI

Lokasi	Tekstur			pH H ₂ O	Bahan organik			P ₂ O ₅	K ₂ O	Kation dapat ditukar					KTK
	Pasir	Debu	Liat		C	N	C/N			Ca	Mg	K	Na	Total	
	%				%					mg/100g		cmol(+)/kg			
Pantai Bubus	95	1	4	8.1	0.13	0.01	13	6	5	8.97	0.51	0.10	0.33	9.91	1.09
TI Pantai Bubus	96	2	2	8.2	0.03	0.01	6	7	5	9.76	0.47	0.10	0.19	10.52	0.68
Pantai Rebo	97	1	2	8.4	0.07	0.01	7	4	5	5.97	0.42	0.09	0.15	6.63	1.07
TI Pantai Rebo	94	1	5	8.2	0.01	0.01	11	5	3	8.87	0.44	0.05	0.86	10.22	1.07

Vegetasi

Pengalihan fungsi lahan baik dari hutan, kebun karet, dan kebun lada masing-masing menjadi lahan pasca tambang timah menurunkan komposisi vegetasi dengan penurunan terlihat besar dan menjadi nol pada stadium pertumbuhan sapihan, tihang, dan pohon (Tabel 3). Total individu untuk semua stadium pertumbuhan di hutan lindung 252 dan di lahan pasca tambang 83. Total individu di kebun karet 240 dan di lahan yang dialihkan menjadi tambang timah menjadi 64 atau sekitar seperempatnya, dan demikian juga di kebun karet pengalihan lahan menjadi lahan pasca tambang menurunkan jumlah individu sekitar 75%. Penurunan jumlah individu dari lahan semula menjadi lahan pasca tambang terlihat juga pada keragaman jenis dan jumlah suku dari masing-masing fungsi lahan. Keterkaitan antara komposisi vegetasi dengan tingkat gangguan lahan tercermin juga dari penelitian suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007a). Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tertinggi di hutan, kemudian di lahan pasca tambang timah berumur 38 tahun, dan di umur lahan pasca tambang timah yang semakin muda.

Tabel 3. Jumlah individu pada stadium pertumbuhan semai, sapihan, tihang, dan pohon, jumlah individu, jumlah jenis dan jumlah suku vegetasi di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Individu					Jenis	Suku
	Semai	Sapihan	Tihang	Pohon	Total		
Lingkungan Lubuk Kelik	83	154	15	0	252	38	21
TI Lingkungan Lubuk Kelik	79	4	0	0	83	6	6
Karet	131	56	40	13	240	37	27
TI Karet	59	5	0	0	64	12	9
Lada	126	47	0	0	173	11	9
TI Lada	30	6	0	0	36	9	8

Tabel 4. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku dari semai dan vegetasi bawah di lokasi Pantai Bubus yang tidak terganggu, Pantai Bubus yang terganggu TI, Pantai Rebo yang tidak terganggu, dan Pantai Rebo yang terganggu TI

Lokasi	Jumlah		
	individu	jenis	suku
Pantai Bubus yang tidak terganggu	141	17	14
Pantai Bubus yang terganggu TI	26	14	11
Pantai Rebo yang tidak terganggu	154	16	13
Pantai Rebo yang terganggu TI	128	19	14

Keanekaragaman jenis pada stadium pertumbuhan vegetasi bawah dan semai di lahan pasca tambang hanya separuh dari hutan dan perkebunan karet, kecuali perkebunan lada. 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). Tingginya perbedaan jenis vegetasi tiap-tiap stadium pertumbuhan antara lahan tidak terganggu dan lahan pasca tambang timah ditunjukkan oleh nilai indeks similaritas yang rendah.

Aktivitas penambangan TI di Pantai Rebo dan Pantai Bubus secara umum menyebabkan penurunan terhadap keanekaragaman vegetasi pantai dengan intensitas yang lebih tinggi terlihat di Pantai Bubus. Jumlah individu, jumlah jenis, dan jumlah suku tumbuhan di Pantai Bubus yang terganggu TI lebih rendah dibandingkan dengan Pantai Bubus yang tidak terganggu (Tabel 4). Berbeda dengan di Pantai Rebo, jumlah individu di lahan yang terganggu oleh TI lebih rendah dibandingkan lahan yang tidak terganggu namun jumlah jenis dan jumlah suku di lahan terganggu oleh TI justru lebih tinggi dibandingkan dengan lahan yang tidak terganggu. Perbedaan nyata antara kedua Pantai diduga karena intensitas penambangan yang jauh lebih tinggi di Pantai Bubus. Peningkatan jumlah jenis dan jumlah suku di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI diduga karena keragaman prosedur penambangan TI, teraduknya tanah yang tidak terganggu ke bagian lokasi yang tertambang, di samping ada pengaruh ombak yang mungkin dapat membawa bagian tanah yang tidak terganggu beserta benih di dalamnya ke lahan yang terganggu.

Mikrob dan mesofauna tanah

Pengalihan fungsi lahan pertanian dan hutan lindung menjadi penambangan timah di Bangka mengakibatkan populasi mikrob tanah yakni fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan mikrob pelarut fosfat (MPF) masing-masing berkurang sekitar 25 – 75% (Tabel 5). Menurunnya produksi spora FMA dari lahan tidak terganggu menjadi lahan pasca tambang 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. Penelitian suksesi lahan pasca tambang timah juga dapat diamati dari dinamika produksi spora FMA dan koloni MPF pada tingkat suksesi yang berbeda (Nurtjahya *et al.* 2007b). Rendahnya populasi bakteri

pelarut fosfat di lahan pasca tambang timah dibandingkan lahan tidak terganggu di Singkep juga dilaporkan (Suciatmih 1998). Cekaman kekeringan menurunkan reproduksi fungi dalam hal jumlah spora (Abdel-Fattah *et al.* 2002).

Dominasi marga *Glomus* pada semua lahan tidak terganggu dan lahan pasca penambangan timah pada penelitian ini menunjukkan tingkat persebaran dan adaptasi yang tinggi jenis-jenis *Glomus* pada beberapa tipe lahan dan lahan pasca tambang timah. Hasil ini serupa dengan kesimpulan dari penelitian lain akan dominasi *Glomus* (44–95%) di dibandingkan *Gigaspora*, *Scutellospora*, dan *Acaulospora* di berbagai tingkat suksesi lahan pasca tambang timah di Pulau Bangka (Nurtjahya *et al.* 2007b).

Pengalihan fungsi lahan dan perubahan iklim mikro menyebabkan penurunan populasi semut dan *Collembola*, kelompok mesofauna indikator kesuburan tanah, masing-masing sekitar 40 – 70% di lahan pasca tambang dibandingkan lahan tidak terganggu (Tabel 6). Pengalihan fungsi lahan menyebabkan berkurangnya serasah dan bahan organik yang dibutuhkan sebagai sumber makanan termasuk mangsa semut dan *Collembola*. Perbedaan populasi semut dan *Collembola* pada lahan tidak terganggu yang lebih tinggi dibandingkan pada lahan pasca tambang timah juga ditunjukkan pada penelitian serupa di Pulau Bangka, serta terdapat kecenderungan populasi *Collembola* yang meningkat sejalan dengan bertambahnya usia revegetasi lahan pasca tambang timah (Nurtjahya *et al.* 2007a).

Tabel 5. Rata-rata jumlah spora fungi mikoriza arbuskula (FMA) per 50g tanah, dan jumlah koloni mikrob pelarut fosfat (MPF) per g tanah pada masing-masing tiga vegetasi dominan di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

Lokasi	Vegetasi dominan	Spora FMA per 50 g tanah		Koloni MPF 10 ⁵ per g tanah	
Hutan	<i>Cratogeomys formosum</i>	22.0		4.0	
	<i>Syzygium</i> sp.	21.7	60.0	6.3	18.0
	<i>Vitex pinnata</i>	16.3		7.7	
TI Hutan	<i>Trema orientalis</i>	4.7		1.3	
	<i>Unidentified</i>	5.3	12.7	4.3	7.3
	<i>Scleria levis</i>	2.7		1.7	
Kebun karet	<i>Aporosa aurita</i>	36.7		7.0	
	<i>Hevea brasiliensis</i>	41.7	106.7	11.3	32.7
	<i>Schima wallichii</i>	28.3		14.3	
TI Karet	<i>Pennisetum polystachyon</i>	46.7		3.0	
	<i>Melastoma malabathricum</i>	11.3	75.7	3.3	8.3
	<i>Mischocarpus sondaicus</i>	17.7		2.0	
Kebun Lada	<i>Hevea brasiliensis</i>	26.0		3.0	
	<i>Cleome aspera</i>	13.3	48.7	2.0	12.7
	<i>Chromolaena odorata</i>	9.3		7.7	
TI Lada	<i>Ageratum conyzoides</i>	6.7		2.3	
	<i>Trema orientalis</i>	5.0	17.3	9.3	14.0
	<i>Chromolaena odorata</i>	5.7		2.3	

Tabel 6. Rata-rata jumlah semut dan *Collembola* per m² tanah di hutan lindung Lingkungan Lubuk Kelik, lahan pasca tambang (TI) Lingkungan Lubuk Kelik, kebun karet, lahan pasca tambang (TI) kebun karet, kebun lada, dan lahan pasca tambang (TI) kebun lada

	Jumlah individu per m ²					
	Hutan	TI Hutan	Karet	TI Karet	Lada	TI Lada
Semut	13053.6	5020.6	7129.3	2610.7	753.1	451.9
<i>Collembola</i>	4317.7	903.7	8133.4	2610.7	11898.9	3313.6

Kualitas perairan

Kondisi perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dengan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI memiliki perbedaan pada tingkat kecerahan. Kecerahan perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu sebesar 2.5 m atau 100%, sementara kecerahan perairan Pantai Rebo yang terganggu TI sebesar 0,9 m atau sekitar 36%. Perbedaan signifikan ini menunjukkan tingkat sedimentasi yang tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu TI. Parameter perairan lain relatif serupa. Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,13 m/detik dengan arah Selatan ke Timur, salinitas 31‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 7,7 mg/l. Pada perairan Pantai Rebo yang terganggu TI, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 0,18 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 32,5‰, temperatur air sebesar 28,5°C, dan DO sebesar 6,2 mg/l. Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI dengan kedalaman 11 m, pH air laut adalah 7 – 8, kecepatan arus permukaan sebesar 1,25 m/detik dengan arah Barat ke Timur, salinitas 29‰, temperatur air sebesar 30°C, DO sebesar 5,5 mg/l, dan kecerahan 25 cm.

Ekosistem terumbu karang

Jumlah jenis fitoplankton yang lebih tinggi di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI ditampilkan dengan nilai indeks keanekaragaman yang tinggi 0,9355, dan rendahnya indeks dominansi. Jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 17; 0,9355; 0,7603; dan 0,1971 sedangkan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominansi fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI masing-masing adalah 10; 0,6676; 0,6676 dan 0,3329 (Sodikin & Iskandar 2009).

Indeks keseragaman relatif tinggi di dua lokasi, Pantai Rebo yang terganggu oleh TI dan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (Tabel 7). Kisaran jumlah jenis fitoplankton di dua lokasi (10 – 17 jenis) dan kisaran nilai indeks keanekaragaman di dua lokasi (0,6676 – 0,9355) sebesar <1,0 adalah tergolong rendah atau dikategorikan kualitas air tercemar berat (Feranita-Fachrul *et al.* 2005) dan diduga terkait dengan kualitas perairan yang rendah akibat penambangan timah TI apung di kedua lokasi pengambilan contoh. Jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI (17 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 440.000 individu/l) lebih besar dibandingkan jumlah jenis dan kelimpahan fitoplankton di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI (10 jenis dengan kelimpahan 7.000 – 380.000 individu/l) (Tabel 8 dan 9) (Sodikin & Iskandar 2009) tergolong rendah dibandingkan dengan kelimpahan plankton di perairan tidak terganggu. Kelimpahan

plankton di perairan yang kaya nutrisi mampu mencapai 2.668.000 individu/l seperti di perairan Sunter di Jakarta, pada bulan Desember (Ferianita-Fachrul *et al.* 2005).

Tabel 7. Indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Indeks	Pantai Rebo terganggu	Pantai Bubus terganggu
1	Keanekaragaman	0,935527007	0,667624729
2	Keseragaman	0,760313566	0,667624729
3	Dominasi	0,197134986	0,332867499

Tabel 8. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Rebo yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	441,528
2	<i>Gloeotrichia echinulata</i>	127,106
3	Anonim sp.7	86,968
4	<i>Oscillatoria putrida</i>	73,588
5	Anonim sp.4	73,588
6	Anonim sp.2	60,208
7	<i>Skujaella thibauti</i>	46,829
8	<i>Rivularia</i> sp.	40,139
9	Anonim sp.6	33,449
10	Anonim sp.1	26,759
11	<i>Lemmoniera aquatica</i>	20,069
12	<i>Ophiocytium</i> sp.	20,069
13	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
14	Anonim sp.3	13,380
15	Anonim sp.5	13,380
16	<i>Mallomonas pyroformis</i>	6,690
17	Anonim sp.8	6,690

Tabel 9. Kelimpahan fitoplankton di perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI

No.	Nama jenis	Kelimpahan (individu /l)
1	<i>Phormidium</i> sp.	388,009
2	<i>Oscillatoria</i> sp.	93,657
3	<i>Skujaella</i> sp.	73,588
4	<i>Mallomonas pyroformis</i>	46,829
5	<i>Tabellaria fenestrata</i>	46,829
6	<i>Oscillatoria putrida</i>	33,449
7	<i>Spirocta</i> sp.	13,380
8	<i>Rivularia mammilata</i>	6,690
9	<i>Lemmoniera aquatica</i>	6,690
10	<i>Ophiocytium</i> sp.	6,690

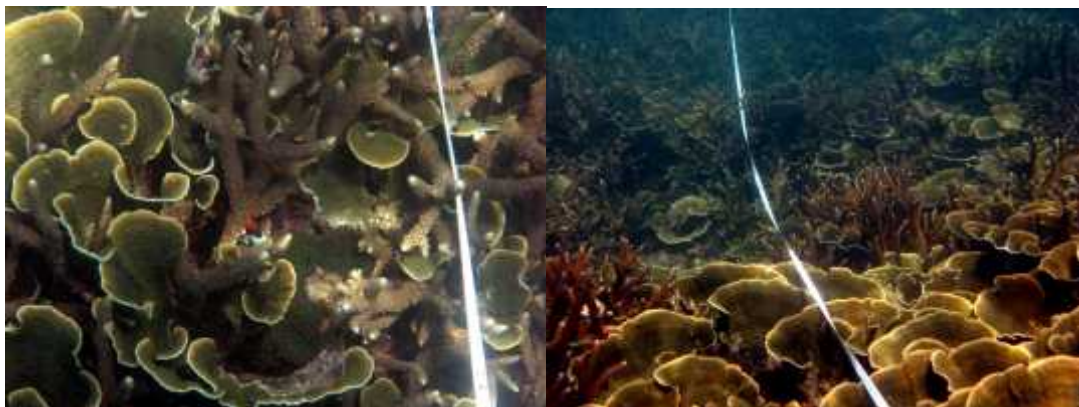
Sumber Tabel 10 – 12 : Sodikin & Iskandar 2009

Perbedaan jumlah jenis, indeks keanekaragaman, indeks keseragaman, dan indeks dominasi, serta kelimpahan fitoplankton antara di Pantai Rebo yang terganggu

oleh TI dan di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI diduga terkait dengan kualitas perairan yakni salinitas, kecerahan dan DO. Salinitas, kecerahan, dan DO di Pantai Rebo yang terganggu oleh TI masing-masing lebih tinggi dibandingkan dengan parameter yang sama di Pantai Bubus yang terganggu oleh TI. Kualitas perairan Pantai Bubus yang terganggu oleh TI, yang relatif lebih rendah disebabkan oleh jumlah penambang TI apung yang lebih besar.

Pada perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu, prosentase penutupan karang hidup sebesar 91,62%, rata-rata karang mati 7,49%, dan penutupan substrat dasar oleh makro alga Chlorophyta yakni *Halimeda* sp. dan anemon. Pada perairan ini, indeks mortalitas karang (IMK) sebesar 7,56% (Gambar 2). Berdasarkan kriteria Gomez dan Yap (1988), komunitas terumbu karang di perairan Pantai Rebo yang tidak terganggu dikategorikan baik karena prosentase penutupan karang hidup >75%. Kualitas perairan baik fisika dan kimia tampaknya mendukung pertumbuhan karang di daerah tersebut. Temperatur perairan sebesar 28,5°C termasuk kisaran temperatur optimal 22 – 29 °C (Wells dalam Supriharyono 2000; Dahuri 2003). Kecerahan perairan sebesar 100% sangat sesuai dengan pertumbuhan karang (Veron 1995). Salinitas perairan sebesar 31‰ termasuk pada kriteria salinitas yang mendukung pertumbuhan karang secara optimal yakni antara 30 – 35‰ (Dahuri 2003). Kecerahan yang maksimal menunjukkan bahwa arus laut sangat sedikit sekali mengangkut sedimen yang akan mengendap di terumbu karang.

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 10 jenis yakni: *Fungia* sp., *Montipora* sp., *Echinopora* sp., *Acropora* sp., *Pacillopora* sp., *Montastrea* sp., *Acanthastrea* sp., *Goniastrea* sp., *Galaxea* sp., dan *Pavona* sp. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Rebo yang tidak terganggu adalah: *Lutjanus kasmira*, *Abudefduf sexfasciatus*, *Apogon compressus*, *Amphiprion sandaracinos*, *Amphiprion frenatus*, *Amphiprion acellaris*, *Chaetodon xanthurus*, *Coradion melopus*, *Scarus gobhan*, dan *Dascyllus trimaculatus*. Banyaknya jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang hidup yang tinggi.



Gambar 2. Komunitas karang di Pantai Rebo tidak terganggu (atas kiri dan kanan); (sumber: Tim 2008)

Pada perairan Pantai Bubus yang terganggu TI, prosentase penutupan karang hidup <25% yang berarti komunitas terumbu karang sangat buruk (Gomez & Yap 1988). Hal ini didukung juga dengan substrat dasar perairan yang didominasi oleh

pasir dan pecahan karang (*rubble*), dan rendahnya kecerahan perairan sebesar 25 cm. Tingginya kekeruhan menyebabkan jarak pandang (*visibility*) di dalam air <0,5 m. Tingkat kekeruhan yang tinggi menghambat fotosintesis *Zooxanthellae* yang bersimbiosis di dalam jaringan tubuh hewan karang. Fotosintesis adalah suplai energi paling dominan (90 – 95%) bagi pertumbuhan hewan karang, dan hanya 5 – 10% makanan karang berasal dari zooplankton yang ditangkap dengan tentakelnya (Nybakken 1988). Diduga kuat tingginya kekeruhan perairan disebabkan oleh aktivitas TI, dan juga dari akibat aktivitas dua kapal keruk dan satu kapal isap yang berada agak jauh dari lokasi. Salinitas sebesar 29‰, yang berada di bawah kisaran salinitas optimal diduga juga berpengaruh pada pertumbuhan karang. Rendahnya salinitas diduga akibat pengenceran air tawar dari aktivitas TI dan dekatnya lokasi dengan muara sungai.

Komunitas terumbu karang perairan Pantai Rebo terdiri dari 9 jenis *hard coral* yakni: *Favites* sp., *Porites* sp., *Alveopora* sp., *Lobophylla* sp., *Galaxea* sp., *Fungia* sp., *Pachyseris* sp., *Acanthastrea* sp., dan *Pectina* sp. Selain itu ditemukan karang lunak (*soft coral*) yakni : *Sinularia* sp., *Lobophyton* sp., dan beberapa jenis Sponge. Jumlah jenis *hard coral* ini masih jauh dibandingkan dengan perkiraan jumlah jenis *hard coral* di Indonesia yang tercatat 590 jenis (Tun *et al.* 2004). Jenis-jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang Pantai Bubus yang terganggu adalah : *Saurida* sp., *Abudefduf sexfasciatus*, dan *Centropyge bispinosa*. Sedikitnya jumlah jenis ikan yang berasosiasi dengan komunitas karang diduga terkait dengan penutupan karang yang rendah.

Keluhan akan dampak penambangan timah di laut terhadap menurunnya hasil tangkapan ikan dirasakan oleh nelayan dan area penangkapan ikan semakin menjauh ke laut (Alexey 2006a; 2006b).

Dampak Sosial Ekonomi

Faktor penyebab

Faktor-faktor yang mempengaruhi pengalihan fungsi lahan kebun Karet di Desa Bencah, dan kebun Lada di Desa Silip menjadi lahan penambangan timah adalah: merosotnya harga lada dan karet, persepsi bahwa pendapatan bertani karet dan lada relatif lama didapat, mengisi waktu di antara waktu bertani, biaya sarana produksi pertanian tinggi, tidak adanya sanksi tegas dari Pemda terhadap pekerja TI, dan persepsi bahwa usaha TI lebih menguntungkan daripada bertani. Faktor penyebab 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 pelaku penambangan. Sebagian aktivitas di hutan lindung sudah menurun karena larangan Pemda. Harga pupuk dan upah tenaga kerja yang tinggi juga menjadi salah satu sebab pengalihan fungsi lahan.

Komoditas karet dan lada tidak menjadi andalan masyarakat Bangka sejak tahun 2001 karena kemerosotan harga lada di pasar internasional yang terus menerus (Zulkarnain *et al.* 2005; Metro Bangka Belitung 2007d), harga karet yang rendah dan mencapai sekitar Rp. 3.000,-/ kg, dan terbukanya penambangan timah oleh rakyat di Bangka pasca reformasi 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 No. 6 Tahun 2001 yang mengatur keterlibatan masyarakat dalam penambangan pasir timah (Zulkarnain *et al.* 2005). Penafsiran yang salah ini merupakan titik kulminasi keinginan masyarakat mendapatkan akses untuk menambang sendiri (Zulkarnain *et al.* 2005). Faktor pendorong lain adalah harga timah yang berangsur-angsur tinggi (Bangka Pos Online 26 November 2007; Bangka Pos 26 Juni 2008), sehingga di tingkat penambang timah harga jual timah TI pernah mencapai Rp. 70.000,- /kg, atau di tingkat timah tailing mencapai Rp. 56.000,-/ kg pada sekitar pertengahan bulan Oktober 2007 – awal November 2007.

Faktor yang mempengaruhi sebagian nelayan Pantai Rebo beralih profesi sebagai pekerja TI Apung adalah harga timah yang tinggi. Persepsi mereka adalah bekerja di TI lebih banyak dan cepat menghasilkan uang. Selain kesulitan mendapatkan ikan dan resiko lebih tinggi pada musim angin kencang, atau tidak melaut pada angin kencang, harga jual ikan rendah karena melalui pengumpul. Alasan lain sebagai pemicu adalah sulitnya memperoleh bahan bakar minyak (BBM) dengan harga terjangkau serta biaya operasional di laut yang meningkat (Suban 2004), serta sebagian penambang TI beralih dari darat ke laut karena hasil timah berkurang (Alexey 2006a).

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi lahan darat

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 menyekolahkan anak ke jenjang pendidikan lebih tinggi. Sebagian pendapatan yang diperoleh diperuntukkan untuk membeli motor baru, belanja pakaian dan perabot rumah tangga.

Rata-rata pendapatan/ha/bulan petani lada di Desa Silip adalah Rp.592.536,- dan rata-rata pendapatan petani karet di Desa Bencah adalah Rp.122.111,- yang diperoleh dari penyadapan tanaman karet yang berumur 10 – 15 tahun maksimal 4 kali/minggu dengan hasil getah 15 – 40 kg/ha/hari (Tabel 10). Rata-rata produksi, penerimaan, biaya produksi, dan pendapatan lada dan karet per bulan. Di samping berkebun inti karet, sebagian petani di Desa Bencah juga berkebun lada dengan total luas lahan 4 ha. Rata-rata hasil kebun lada per orang / bulan di Desa Bencah mencapai Rp. 451.320,-, nilai yang lebih besar dibandingkan hasil karet.

Tabel 10. Produksi, harga, penerimaan, biaya produksi, pendapatan petani lada, dan petani karet per bulan per orang

No.	Uraian	Satuan	Petani Lada (Desa Silip)	Petani Karet (Desa Bencah)
1	Produksi	kg / masa panen / orang	1,627	5,692
2	Harga	Rp. / kg	27,900	6,000
3	Penerimaan	Rp. / masa panen / orang	47,057,600	34,152,000
4	Biaya produksi	Rp. / masa panen / orang	21,460,050	20,964,000
5	Pendapatan	Rp. / masa panen / orang	25,597,550	13,188,000
7	Masa perawatan sampai panen	tahun	3	9
8	Luas lahan	ha	1.2	1
9	Pendapatan	Rp. / bulan / orang	592,536	122,111

Sumber: data primer

Pendapatan dari penambangan timah memberi kontribusi signifikan terhadap total pendapatan keluarga per bulan di tiga wilayah studi: Lingkungan Lubuk Kelik, Desa Silip, dan Desa Bencah. Kontribusi timah di Lubuk Kelik senilai Rp. 21.166.667,- /bulan atau 93.4%, di Desa Silip senilai Rp. 76.537.500,- atau 95.1% sementara kontribusi lada tidak lebih dari 1%, dan di Desa Bencah senilai Rp.4.684.286,- atau 89.1% sementara kontribusi tanaman inti karet sebesar 2.3% (Tabel 11). Sumber pendapatan selain kebun inti bagi petani di Desa Silip dan Desa Bencah, dan timah, juga kebun tambahan yakni kebun lada bagi sebagian petani karet di Desa Bencah. Usaha dagang pasir timah bagi sebagian petani lada di Desa Silip juga memberi kontribusi bagi total pendapatan per bulan.

Tabel 11. Rata-rata pendapatan per bulan dan kontribusi pendapatan pekerja tambang inkonvensional di Lingkungan Lubuk Kelik – Kelurahan Parit Padang, petani lada di Desa Silip, dan petani karet di Desa Bencah

No.	Sumber pendapatan	Penambang TI di Lingkungan Lubuk Kelik Kel. Parit Padang		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

Tingginya kontribusi penambangan timah telah memberi dampak positif nyata bagi peningkatan penghasilan dan kesejahteraan petani. Beberapa faktor penyebab pengalihan fungsi lahan kebun lada dan kebun karet seperti diungkapkan pada kuesioner terbukti. Tingginya penghasilan penambangan timah menarik sebagian masyarakat di sekitar hutan lindung untuk menambanginya.

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 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 berlangsung satu kali untuk selamanya, dan menyisakan kebutuhan dana pemulihan lahan seandainya lahan tersebut akan diusahakan untuk lahan pertanian, atau direvegetasi, apalagi diusahakan untuk menjadi sediaan. 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.

Dampak ekonomi pada pengalihan fungsi ekosistem pantai dan perairan pantai

Pendapatan penambang timah baik di Pantai Rebo dan Pantai Bubus sangat membantu perekonomian keluarga. Sebagian pendapatan dimanfaatkan untuk memperbaiki rumah, biaya pendidikan anak-anak, dan membeli perahu untuk disewakan ke orang lain. Di sisi lain, aktivitas TI rawan dampak sosial seperti : kecemburuan sosial akibat perbedaan pendapatan dan terkait etnis, pemakaian minuman keras, prostitusi terselubung, termasuk kemungkinan penyelundupan timah (Bangka Pos 28 Juni 2008). Dengan sebagian besar penambang yang berasal bukan dari Bangka dan Belitung tercatat adanya konflik horizontal dengan masyarakat lokal di Pantai Bubus (Kompas 27 Mei 2006). Kekhawatiran nelayan dan sebagian masyarakat sepanjang pantai di Kabupaten Bangka akan menurunnya tangkapan ikan dan air laut berlumpur telah memunculkan protes terhadap penambang TI apung (Kompas 8 Agustus 2005).

Pengeluaran bagi nelayan jaring di Pantai Rebo untuk setiap kali melaut adalah 1 ton es dengan harga Rp. 100.000,-/100 kg atau senilai Rp. 1.000.000,-, 4 jerigen solar (72 l) dengan harga Rp. 5.000,- /l atau senilai Rp. 360.000,- dan konsumsi dan kebutuhan lain selama 3 – 4 hari senilai Rp. 640.000,- atau total pengeluaran senilai Rp. 2.000.000,-. Hasil ikan untuk sekali melaut atau 3 – 4 hari sebesar 100 – 250 kg dengan rata-rata 167 kg per sekali jalan. Dengan harga jual di pengumpul ikan Rp. 22.000,-/kg, pendapatan kotor adalah Rp. 3.674.000,- per sekali melaut. Penghasilan bersih untuk tiga orang nelayan untuk setiap melaut sekitar Rp. 1.674.000,- /3 orang atau senilai Rp. 571.333,- /orang/hari atau senilai Rp. 2.285.333,-/orang/bulan (Tabel 12). Hasil melaut dirasakan hanya cukup untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga. Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo adalah Rp. 58.784.000,-.

Sebagai pekerja TI apung yang berkerja pada tauke timah di Pantai Rebo, pekerja hanya mempersiapkan bekal masing-masing seperti makan, kopi dan rokok, sementara peralatan TI dan BBM untuk operasional harian sekitar 1 jerigen disediakan oleh tauke. Timah dijual ke tauke timah dengan harga Rp. 60.000,- - Rp. 80.000,- untuk beberapa bulan lalu, dan pada bulan Desember 2008 menjadi Rp. 35.000,-.

Tiap kelompok TI apung terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 12.500,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari untuk masa kerja setengah hari, penghasilan bersih yang diterima

senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 375.000,-/penyelam/hari pada akhir tahun 2008. Jika bekerja hingga malam hari, hasil timah yang diperoleh mencapai 50 kg/hari. Penghasilan bersih lebih tinggi diterima oleh pekerja TI untuk kurun waktu penambangan semester pertama tahun 2008.

Tiap kelompok TI apung di Pantai Bubus terdiri atas tiga orang, satu orang sebagai penyelam dan dua orang lainnya mencuci pasir timah di atas perahu. Upah penyelam adalah Rp. 15.000,- /kg timah dan upah setiap pencuci timah adalah Rp. 5.000,- /kg timah. Hasil timah pada akhir tahun 2008 sekitar 10 – 30 kg/hari, sedangkan pada pertengahan tahun 2008 berkisar 85 – 240 kg/hari dengan harga saat itu Rp.60.000,- – Rp.70.000,-/kg. Dengan asumsi hasil timah 30 kg/hari, penghasilan bersih yang diterima senilai Rp. 150.000,- /pencuci timah/hari, dan senilai Rp. 450.000,-/penyelam/ hari (Tabel 13).

Jika tiap hektar perairan dapat ditempati oleh 4 kapal nelayan dan tiap bulan setiap regu nelayan dapat ke laut dan menangkap ikan sebanyak 4 kali, maka nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Bubus adalah Rp. 58.784.000,-.

Penghasilan bersih nelayan Rp.2.285.333,-/orang/bulan, sementara penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp.5.400.000,-/orang/bulan Rp.6.000.000,-/orang/bulan. Penghasilan bersih pekerja tambang lebih tinggi 36,5% (pencuci timah) – 78,8% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Bubus atau antara 36,5% (pencuci timah) – 74,6% (penyelam) daripada penghasilan bersih nelayan di Pantai Rebo dengan asumsi harga timah pada semester ke dua tahun 2008 yakni rata-rata Rp.35.000,-. Perbedaan penghasilan akan semakin tajam jika mempergunakan asumsi harga jual timah pada semester pertama tahun 2008 yang hampir empat kali lipat lebih besar. Sebuah rekor harga jual pasir timah di tingkat penambang tahun 2008 yakni Rp.100.000,-/kg timah mengacu pada harga timah dunia (Bangka Pos 26 Juni 2008), yang diduga karena tingginya permintaan timah Cina dan India (www.itri.co.uk dikunjungi 25 Juni 2008).

Tabel 12. Pengeluaran, pendapatan kotor, dan pendapatan bersih per nelayan per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Harga satuan	Nilai
1	Pengeluaran				
	Es	kg	1,000	1,000	1,000,000
	Bensin	jerigen	4	80,000	320,000
	Konsumsi dll.	paket	1	640,000	640,000
	Sub Total				1,960,000
2	Pendapatan kotor				
	Rata-rata hasil tangkapan ikan	kg	167	22,000	3,674,000
	Sub Total				3,674,000
3	Pendapatan bersih per kelompok				1,714,000
	Pendapatan bersih per orang per melaut				571,333
	Rata-rata jumlah melaut 4 kali per bulan				
	Pendapatan bersih per orang per bulan				2,285,333

Sumber: data primer

Tabel 13. Upah, hasil penambangan, dan pendapatan bersih per penyelam dan per pencuci timah per bulan

No.	Uraian	Satuan	Volume	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Upah				
	Upah penyelam per kg timah			12,500	15,000
	Upah pencuci timah per kg timah			5,000	5,000
2	Hasil penambangan	kg	30		
3	Pendapatan				
	Pendapatan bersih penyelam per hari			375,000	450,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per hari			150,000	150,000
	Rata-rata jumlah hari kerja sebulan 24 hari				
	Pendapatan bersih penyelam per bulan			9,000,000	10,800,000
	Pendapatan bersih pencuci timah per bulan			3,600,000	3,600,000

Sumber: data primer

Penghasilan per bulan antara nelayan dan pekerja tambang akan memiliki nilai yang berbeda jika faktor lama operasi pada lokasi yang sama diperhitungkan. Pada lokasi penangkapan ikan yang sama, nelayan dapat menangkap ikan setiap saat dengan hasil yang relatif sama, sementara pada lokasi penambangan timah yang sama, pekerja tambang bekerja tergantung cadangan timah. Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, penghasilan bersih pekerja tambang di Pantai Rebo adalah Rp. 32.400.000,-/bulan, sedangkan dengan penghasilan bersih Rp.2.285.333,-/bulan, nelayan dapat mengumpulkan sejumlah uang yang sama dalam waktu yang lebih panjang sekitar setahun. Sementara nelayan harus mencari lokasi baru pada bulan ke tujuh, nelayan relatif tetap dapat memperoleh penghasilan yang tetap untuk waktu yang relatif panjang.

Neraca ekologi

Ekosistem darat

Pemulihan lahan pasca tambang timah menjadi lahan yang produktif membutuhkan waktu dan biaya. Suksesi tailing timah pasir sampai dengan tingkat semak sekurang-kurangnya 38 tahun (Nurtjahya *et al.* 2007a), atau menjadi hutan kerangas diperkirakan membutuhkan jauh lebih lama (Elfis 1998) kecuali dipercepat dengan bantuan manusia. Pemulihan lahan diawali dengan perataan tanah dan penimbunan lubang (*kolong*). Pembinaan tanah dilakukan dengan pemberian tanah mineral, bahan organik dengan pupuk kandang, pupuk anorganik, dan penanaman mulsa hidup penambat nitrogen *Calopogonium mucunoides* (Nurtjahya *et al.* 2008), dan mulsa potongan sabut kelapa untuk meningkatkan iklim mikro di sekitar tanaman (Nurtjahya *et al.* 2007d).

Anggaran pemulihan lahan pasca tambang khususnya tailing timah disarankan adalah 50 cm x 50 cm x 50 cm untuk menyediakan tanah yang baik, termasuk bahan organik yang cukup sehingga mampu menyediakan habitat yang baik bagi flora dan fauna tanah untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Jumlah lubang tanam per hektar akan tergantung dengan jenis tanaman yang akan ditanam. Untuk tanaman

keras dengan jarak tanam standar 4 m x 4 m atau 625 batang/ha, biaya reklamasi per hektar tailing timah berbentuk pasir diperkirakan sebesar Rp. 40.995.000,- (Tabel 14). Biaya itu memulihkan lahan seluas 156,3 m² atau 1.6% untuk luas lahan 1 ha.

Tabel 14. Perkiraan biaya reklamasi tailing timah berbentuk pasir per hektar

No.	Jenis pekerjaan	Dosis	Volume satuan	Harga / satuan (Rp.)	Nilai (Rp.)
1	Leveling lahan dengan bulldozer		15 jam	500,000	7,500,000
2	Pembuatan lubang tanam 50 cm x 50 cm x 50 cm, jarak tanam 4 x 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 3m³/truk akan tergantung dengan jarak lokasi dengan sumber tanah mineral, dan sabut kelapa.

Pendapatan lingkungan dari pengalihan fungsi hutan lindung di Lubuk Kelik adalah negatif sebesar Rp.19.828.333,-/ha karena pendapatan bersih dari penerimaan timah sebesar Rp.21.166.667,-/ha dan dikurangi dengan pemulihan lahan Rp.40.995.000,-/ha (Tabel 15). Pengalihan fungsi lahan kebun karet di Desa Bencah negatif Rp. 36.310.714,-/ha, sementara pendapatan lingkungan positif hanya pada pengalihan lahan kebun lada di Desa Silip, yakni sebesar Rp.35.542.500,-/ha.

Tabel 15. Penerimaan timah, biaya pemulihan lahan, dan penerimaan lingkungan per hektar lahan yang dialihkan 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	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

Pendapatan lingkungan negatif akibat pengalihan lahan hutan lindung dan kebun karet cenderung lebih besar lagi 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 ternilai adalah fungsi lahan dalam hidrologi, habitat flora dan fauna, fungsi hutan sebagai penyerap CO₂, jasa lingkungan. 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 yang memiliki kuasa penambangan (KP) yakni sebesar Rp.7.500.000,-/ha. Sejauh ini aturan sedemikian sekurang-kurangnya belum disosialisasikan dan diterapkan bagi penambangan rakyat atau perusahaan pemilik KP. Pemandangan yang umum terjadi adalah setelah penambangan, lokasi pasca penambangan ditinggalkan. Bagi sebagian penambang, alasan yang diberikan adalah kerugian penambangan. Sekalipun tidak pernah didata secara statistik, banyak penambang baik skala dan modal kecil maupun skala dan modal besar yang merugi.

Pemulihan ekosistem pantai dan perairan pantai

Pemulihan kerusakan terumbu karang, yang diperkirakan mencapai 20% di dunia (www.projectaware.org dikunjungi Desember 2008) tanpa campur tangan manusia membutuhkan waktu yang lama. Restorasi dilakukan dengan transplantasi (Edwards & Clark 1999), yakni bibit terumbu karang hidup dipotong cabang karang dan ditempelkan atau dilekatkan atau diikat pada struktur buatan yang sengaja diletakkan di sekitar karang yang mati. Umumnya jenis adaptif terhadap gangguan dan memiliki laju pertumbuhan yang cepat dan mudah patah adalah *Acropora* sp. (www.projectaware.org), atau *Pacillopora*, *Porites*, *Favia* dan *Favites* (Edwards & Clark 1995).

Biaya restorasi karang bervariasi antara US\$ 13.000 per ha hingga ratusan juta dolar Amerika atau sekitar 130 juta – 1 milyar rupiah per ha (Spurgeon & Lindahl 2000). Perhitungan biaya yang lain adalah sekitar US\$ 7.000 per ha atau sekitar 70 juta rupiah dengan asumsi untuk transplantasi setiap 2.5 kg karang per m² dengan jarak 3 km dari sumber terumbu karang hidup dan 5 km dari pulau yang didiami yang terdekat (Spurgeon & Lindahl 2000). Rehabilitasi karang berbasis masyarakat di Bali diperkirakan membutuhkan biaya US\$ 200 untuk pembuatan, pemasangan dan pemantauan setiap hexadome – struktur menyerupai kubah enam sisi yang dikembangkan oleh Organisasi Penyelam Ilmiah dari Association Diving School di Bali (Hartono 2008); atau jika tiap ha dipasang 20 unit hexadome maka biaya rehabilitasi terumbu karang US\$ 4.000/ha. Sedimentasi terhadap terumbu karang Indonesia oleh penambangan belum dilaporkan, namun terumbu karang yang sehat rata-rata dapat menghasilkan US\$ 15.000/km²/tahun (Cesar 1997 dalam Indrawadi 2009).

Terumbu karang dikenal luas sebagai pusat aktivitas biologis, perikanan dan pariwisata, proteksi pantai, proses-proses geologis, dan estetika (Jaap 2000). Perhatikan profil pantai Rebo dan Pantai Bubus yang landai, jasa lingkungan

proteksi pantai dan proses-proses geologis tampaknya tidak terlalu besar. Jasa lingkungan yang patut diperhatikan adalah pariwisata dan estetika. Jika Pantai Bubus lebih berfungsi sebagai pantai pendaratan perahu nelayan (Aan 2009, komunikasi pribadi), Pantai Rebo lebih dikenal sebagai salah satu tujuan wisata di tahun 1990-an (Ambalika 2008). Berbeda dengan beberapa daerah lain di Provinsi Bangka Belitung, karang baik yang mati maupun yang hidup hampir tidak dimanfaatkan masing-masing sebagai bahan bangunan ataupun sebagai pengisi akuarium (Aan 2009, komunikasi pribadi).

Dengan asumsi jumlah hari kunjungan ke Pantai adalah empat kali dalam sebulan yakni setiap hari Minggu, dan jumlah pengunjung untuk setiap kali datang adalah 100 orang per ha maka jumlah pengunjung Pantai dengan asumsi luas pantai yang dapat adalah 3 ha, maka pengunjung setiap bulan adalah 1.200 orang. Jika setiap orang membelanjakan Rp. 10.000,- maka nilai uang yang dibelanjakan pengunjung adalah Rp. 4.000.000,-/ha/bulan. Jika nilai tangkapan ikan per hektar per bulan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 58.784.000,-, maka nilai total jasa lingkungan perairan di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,- (Tabel 16).

Dengan asumsi lama penambangan maksimum yang mampu merusak satu hektar lokasi terumbu karang yang sama di Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing enam bulan, oleh lima unit TI, maka nilai penjualan kotor timah per hektar per bulan di kedua Pantai masing-masing senilai Rp. 25.200.000,-, atau senilai Rp. 756.000.000,- untuk masing-masing pantai untuk enam bulan operasi. Asumsi masa penambangan enam bulan berarti setelah enam bulan lokasi penambangan harus dipindahkan karena cadangan timah habis, dan juga berarti bahwa telah terjadi kerusakan terumbu karang. Lama pemulihan terumbu karang untuk kembali seperti sedia kala dengan teknik transplantasi diasumsikan membutuhkan sekitar 25 tahun.

Dengan asumsi masa operasional penambangan 6 bulan, nilai penjualan kotor timah per hektar selama 6 bulan dengan asumsi harga timah seperti semester kedua 2008 sebesar Rp. 756.000.000,-. Pendapatan ini mengesampingkan kerusakan darmaga untuk nelayan dan pondok-pondok di sepanjang Pantai Rebo untuk wisata akibat aktivitas penambangan dalam kurun beberapa tahun terakhir (Ambalika 2008).

Jika nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan untuk Pantai Rebo dan Pantai Bubus masing-masing Rp. 62.784.000,- dan Rp. 58.784.000,-, nilai lahan penambangan timah dapat diperoleh selama setahun. Perbedaan waktu dengan penambangan timah lebih cepat enam bulan tidak memperhitungkan kerusakan lingkungan yang akan pulih sekitar 25 tahun. Sementara pemanfaatan lingkungan oleh penangkapan ikan dan jasa lingkungan lain, relatif tidak memiliki batas waktu.

Besarnya pemulihan lahan dan tidak menentunya penerimaan dari penambangan timah, penambangan timah berpotensi menunjukkan kerugian pada neraca ekologi. Koordinasi penambangan tampaknya akan lebih memperkecil kerugian dan meningkatkan efisiensi penggunaan dana terutama biaya produksi penambangan. Efisiensi akan dimulai dari biaya 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 karena tidak menghasilkan. Efisiensi dilanjutkan pada operasional penambangan sehingga pemanfaatan lahan lebih efisien dan tidak meninggalkan sebidang kecil lahan yang akan ditambang di kemudian hari dan mengganggu reklamasi dan revegetasi yang dilakukan. Himbauan ini tentunya tidak

mudah manakala menyangkut besarnya cadangan 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 ditambah. Penataan penambangan adalah tidak mudah juga karena ketidaksamaan pemahaman akan berbagai peraturan pemerintah, pemahaman pembagian hasil tambang antara pusat, provinsi dan kabupaten / kota, terkait dengan kontribusi bagi pembangunan daerah, dan pemahaman pemanfaatan sumber daya alam bagi semua rakyat, serta penegakan peraturan yang telah ada.

Tabel 16. Nilai wisata per hektar per bulan, nilai total jasa lingkungan per hektar per bulan, rata-rata pendapatan bersih pekerja timah per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, rata-rata penjualan timah kotor per hektar per bulan selama kurun operasional di lokasi yang sama, dan rata-rata nilai timah hasil penjualan kotor per hektar per bulan dengan memperhitungkan lama pemulihan terumbu karang 25 tahun

No.	Uraian	Nilai			
		Pantai Rebo	Pantai Bubus	Pantai Rebo	Pantai Bubus
1	Asumsi nilai kunjungan wisatawan (ha)			4,000,000	0
	Asumsi nilai penjualan karang hidup dan karang mati (/ha/bulan)			0	0
2	Asumsi rata-rata bobot tangkapan ikan (kg/kapal/melaut)	167	167		
	Asumsi harga jual ikan ke pengumpul (/kg)	22,000	22,000		
	Asumsi jumlah kapal (/ha laut)	4	4		
	Jumlah kali melaut (/kapal/bulan)	4	4		
	Nilai tangkapan ikan (ha/bulan)			58,784,000	58,784,000
	Nilai total jasa lingkungan (ha/bulan)			62,784,000	58,784,000
3	Asumsi lama penambangan yang menyebabkan kerusakan terumbu karang (/ha/bulan)	6	6		
	Asumsi jumlah unit TI/ha	5	5		
	Jumlah anggota tim/TI	3	3		
	Rata-rata pendapatan bersih pekerja timah (orang/ha/bulan)*)	5,400,000	6,000,000		
	Nilai penjualan kotor timah (/ha/bulan)*)	25,200,000	25,200,000		
	Nilai penjualan kotor timah dalam kurun 6 bulan (/ha)*)			756,000,000	756,000,000
4	Asumsi lama pemulihan terumbu karang (tahun)	25	25		
	Rata-rata nilai timah dalam kurun 25 tahun (/ha/bulan)			2,520,000	2,520,000

Biaya transplantasi 2,5 kg karang/m² (/ha/25 tahun) 70 - 130 juta

*) dengan mengacu pada rata-rata harga timah pada semester kedua 2008 yakni Rp. 35.000,-

Kesimpulan dan Saran

Pengalihan fungsi hutan lindung, lahan pertanian, pantai dan perairan pantai menjadi lahan tambang timah meningkatkan pendapatan pelaku tambang inkonvensional (TI) dalam waktu singkat secara nyata. Sekalipun demikian, peningkatan kesejahteraan itu bagi lingkungan adalah semu karena keuntungan diperoleh dalam waktu singkat itu hanya dipetik sekali atau kurun waktu yang pendek. Dari studi kasus pengalihan lahan kebun lada dan kebun karet menjadi lahan tambang, keuntungan per hektar per bulan yang sama dapat dipenuhi dengan keuntungan bertani masing-masing 10.8 tahun dari berkebun lada, dan 3.2 tahun dari berkebun karet. Demikian juga nilai lahan penambangan timah selama enam bulan di pantai dan perairan pantai dapat dicapai oleh nelayan dalam setahun, di luar biaya pemulihan sekitar 25 tahun. Jika biaya pemulihan lahan pasca tambang dibebankan pada penambang, hanya pengalihan lahan di kebun lada yang menguntungkan, sedangkan pengalihan lahan di kebun karet, hutan lindung, dan pantai dan perairan pantai merugi.

Koordinasi penataan penambangan TI disarankan terus dikembangkan sehingga efisiensi pemanfaatan lahan, sejak dari survei, pengeboran, dan pelaksanaan ditingkatkan, dan pemulihan lahan pasca tambang dapat diberlakukan. 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 secara berkesinambungan. Pemahaman bersama itu diharapkan dilanjutkan dengan dalam 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, dan Tahun Ke 2 dengan nomor kontrak No. SP2H 086/SP2H/PP/DP2M/III/2008. Penulis mengucapkan terima kasih kepada LPPM Universitas Bangka Belitung yang memfasilitasi kegiatan penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada Kessy, Robika, Roni, Kusmah, Wistaria, Wistria, Hadi Sodikin, Iskandar, Yudi Sapto, SP., Indra Ambalika, S.Pi., dan Sugeng, SP. yang membantu di lapang.

Daftar Pustaka

- Abdel-Fattah GM, Fatma, F. Migahed, and A.H. Ibrahim. 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):835-841.
- Alexey EC. 2006a. TI apung marak, terumbu karang rusak. *Kompas* 15 September 2006.
- Alexey EC. 2006b. Ratusan tambang timah apung bermunculan. *Kompas* 20 Juli 2006.

- Ambalika I. 2008. Terumbu karang (coral reef) di Pantai Rebo Sungailiat Kabupaten Bangka Provinsi Kepulauan Bangka Belitung. www.ubb.ac.id – Desember 2008.
- 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.
- Ang LH. 1994. Problems and Prospects of Afforestation on Sand Tin Tailings in Peninsular Malaysia. *J. of Tropical Forest Science* 7(1):87-105.
- Anonim 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].
- Anonim 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].
- Anonim 3 April 2002c. TI Porakporandakan Areal Reklamasi Panti Rebo. <http://www.bangkapos.com/modules.php?op=modload&name=News&file=article&sid=1561>. Bangka Pos [visited April 12, 2003].
- Anonim 2001. Awas! Bangka Terancam Petaka Lingkungan. <http://www.jatam.org/indonesia/newsletter/uploaded/gg20.html#gb>. GALI-GALI [visited April 12, 2003].
- Bangka Dalam Angka 2007. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos Online 2007. Dikunjungi 10 November 2007
- Bangka Pos 2006. Provinsi Bangka Belitung menjadi *pilot project* rehabilitasi lahan tingkat nasional.
- Bangka Dalam Angka 2005. Pemerintah Kabupaten Bangka.
- Bangka Pos 2004. 65 Persen Reklamasi PT Timah Rusak Berat. Bangka Pos 19 Maret 2004.
- Cesar H. 1996. Economic analysis on Indonesia coral reefs. The World Bank, Indonesia.
- Christie M, Hanley N, Warren J, Murphy K, Wright R, Hyde T. 2006. Valuing the diversity of biodiversity. *Ecological Economics* 58:304-317.
- Dahuri R. 2003. Keanekaragaman hayati laut: aset pembangunan berkelanjutan Indonesia. PT Gramedia Pustaka Utama. Jakarta.
- Davis CC. 1955. The marine and fresh water plankton. Michigan: Michigan State University Press.
- Edwards AJ, Clark S. 1999. Coral transplantation: a useful management tool or misguided meddling? *Marine Pollution Bulletin* 37(8-12):474-487.
- Edwards AJ, Clark S. 1995. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldivian Islands. *Coral Reefs* 14:201-213.

- Elfis 1998. Vegetasi kerangas pada daerah bekas penambangan timah di Pulau Singkep Kepulauan Riau [tesis]. Padang: Universitas Andalas, Program Pascasarjana.
- Faber DA. 1956. Rapport van de Bodemkundige Kaartering van Bangka (Report of the Soil Mapping of Bangka) in Chin A Tam SM. 1993. Bibliography of Soil Science in Indonesia 1890 - 1993. Haren: DLO – Institute for Soil Fertility Research (IB-DLO).
- Ferianita-Fachrul M, Haeruman H, Sitepu LC. 2005. Komunitas fitoplankton sebagai bio-indikator kualitas perairan Teluk Jakarta. Seminar Nasional MIPA 2005, FMIPA Universitas Indonesia, 24-26 November 2005.
- Gadermann JW, Nicolson TH. 1963. Spores of *Endogone* species extracted from soil by wet sieving and decanting. Trans. Br. Mycol. Soc. 46:235-244.
- Gomez ED, Yap HT. 1988. Monitoring reef condition in Kenchington RA, Hudson BET (eds.). Coral reef management hand book. UNESCO regional office for science and technology for South East Asia, Jakarta, p. 187-195.
- Hartono I. 2008. Rehabilitasi karang berbasis masyarakat. <http://harerablog.blogspot.com/2008/12/rehabilitasi-karang-berbasis-masyarakat.html> [Januari 2009]
- Hernanto F. 1998. Ilmu Usaha Tani. Bogor: Jurusan Ilmu Sosial Ekonomi Pertanian, IPB.
- <http://www.itri.co.uk>. 25 Jun 2008 PT Timah looks offshore. [dikunjungi 25 Juni 2008]
- Indrawadi 2009. Ukuran dan kerugian akibat kerusakan terumbu karang. http://www.geocities.com/minangbahari/artikel/ukuran_kerugian.html [dikunjungi Januari 2009]
- Jaap WC, 2000. Coraf reef restoration. Ecological Engineering 15(3-4): 345-364.
- 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.
- Kompas. 2006. Warga bentrok dengan penambang, 6 orang luka. Kompas 27 Mei 2006.
- Kompas. 2005. Nelayan dan masyarakat protes adanya aktivitas baru. Kompas 8 Agustus 2005.
- Kusmana C. 1997. Metode survey vegetasi. Bogor: PT Penerbit IPB.
- Metro Bangka Belitung. 2007a. Pertambangan Kontribusi Terbesar PDRB. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007b. Pasca 5 Oktober 2006 Apa kabar pertimahan Babel? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.
- Metro Bangka Belitung. 2007c. Pemberlakuan Permendag No 19/2007 Daerah lain yang makan nangka Babel kena getahnya. Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 3.

- Metro Bangka Belitung. 2007d. Pembatasan kuota lada siapa diuntungkan? Edisi Perdana/Tahun I/Minggu I/ Agustus 2007 hal. 14.
- Mueller-Dumbois D, Ellenberg H. 1974. Aims and methods of vegetation ecology. New York: John Wiley & Sons.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2008. Revegetation of tin-mined land using various local tree species in Bangka Island, Indonesia. Di dalam: Barnhisel RI, editor 2008. *2008 National Meeting of the American Society of Mining and Reclamation, Richmond VA, New Opportunities to Apply Our Science on June 14-19, 2008*. Lexington: ASMR, pp. 739-755.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007a. Succession On Tin-mined Land in Bangka Island di The Seventh International Flora Malesiana Symposium, 17 – 22 Juni 2007 di Leiden, Belanda.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y, Mardatin NF. 2007b. Status Cendawan Mikoriza Arbuskula Pada Sukses Lahan Pasca Tambang 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, 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, Setiadi Y. 2007d. Sabut Kelapa sebagai Mulsa pada Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Eugenia* 13(4): 366-382.
- Nurtjahya E, Setiadi D, Guhardja E, Muhadiono, Setiadi Y. 2007e. Populasi *Collembola* di Lahan Revegetasi Tailing Timah di Pulau Bangka. *Biodiversitas* 8(4): 309-313
- Nybakken JW. 1988. Biologi laut: suatu pengantar ekologi (terjemahan). Eidman HM, Bangen DE, Malikusworo H, Sukristyono (penterjemah). Jakarta: Gramedia.
- Odum EP. 1971. *Fundamentals of Ecology* (3rd Edition). Philadelphia: WB Saunders Company.
- Schenck NC, Perez Y. 1988. *Manual for the Identification of VA Mycorrhizal Fungi*. Second Edition. Gainesville: International Culture Collection of VA Mycorrhizal Fungi.
- Soerianegara I, Indrawan A. 1998. *Ekologi Hutan Indonesia*. Bogor: Laboratorium Ekologi Hutan. Fakultas Kehutanan. Institut Pertanian Bogor.
- Spurgeon JPG, Lindahl U. 2000. *Economics of Coral Reef Restoration*. <http://iodoweb1.vliz.be/odin/handle/1834/564?language=fr>.
- Suara Pembaruan 2004. Gubernur Babel : 30 persen hutan di Bangka rusak berat akibat aktivitas penambangan. *Suara Pembaruan* 29 Desember 2004.
- Suciatmih. 1998. Populasi Mikroba Penyubur Tanah pada Lahan Terdegradasi Di Wilayah Singkep, Riau in Siregar M, Sunaryo, Sambas EN, Rahmansyah M,

- Hidayati N (eds.). 1998. Proyek Penelitian Pengembangan dan Pendayagunaan Potensi Wilayah TA 1997/1998. Bogor: Pusat Penelitian dan Pengembangan Biologi, LIPI.
- Suhardjono YS. 2004. Materi Pelatihan Identifikasi dan Penanganan Spesimen Collembola. Laboratorium Entomologi, Bidang Zoologi, Puslit Biologi – LIPI (*unpublished*).
- Supriharyono 2000. Pengelolaan Ekosistem Terumbu Karang. Jakarta: Djambatan.
- Susilo FX, Gafur A, Utomo M, Evizal R, Murwani S, Swibawa IG. (eds.) 2004. Conservation and Sustainable Management of Below-Ground Biodiversity. Universitas Lampung.
- Veron J. 1995. Corals in space and time: biogeography and evolution of the Sclerectinia. Sidney: UNSW Press.
- Zulkarnain I, Erman E, Pudjiastuti TN, Mulyaningsih Y. 2005. Konflik di Kawasan Pertambangan Timah Bangka Belitung: Persoalan dan Alternatif Solusi. Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia.