

**REKLAMASI LAHAN TERDEGRADASI DENGAN REVEGETASI
PADA BEKAS TAMBANG BAHAN BAKU SEMEN
(Reclamation of Degraded Land by Revegetation on A Cement Material Mining Area)**

Oleh/By :

A. Pudjiharta, E. Santoso, dan/and M. Turjaman

Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam

Jl. Gunung Batu No. 5 Po Box 165; Telp. 0251-633234, 7520067; Fax 0251-638111 Bogor

*) Diterima : 07 Juni 2006; Disetujui : 04 Mei 2007

ABSTRACT

*Reclamation or rehabilitation of degraded forest lands is one of elements of the agenda 21 of The Earth High Level Conference in Rio de Janeiro. It is also one of the five program priorities of Indonesian government (Ministry of Forestry). The wide scale of degraded forest lands in Indonesia reached fearful condition to cover 48.5 million ha, consist of 26.6 million ha located inside forest land, 21.9 million ha located outside of forestland, and 11.40 million ha land as a concession of mining activities. This has caused the degraded forest lands because more extensive in Indonesia. A research of trial planting tree species was conducted on degraded land located at mining area of semen raw material at Gunung Putri and Cibadak. This research was aimed to do reclamation of the degraded land using revegetation approach. Results of this study found that survival rates of *Acacia crassicarpa* A. Cunn Et Benth was 60 %, *Khaya anthoteca* C.DC was 80 %, *Gmelina arborea* Roxb. was 80 %, *Dalbergia latifolia* Roxb. was 83 %, *Hisbiscus macrophylla* Roxb. was 86 %, *Acacia mangium* Willd was 91 %, and *Adenanthera pavovina* L was 96 % after 1 year planted in the field. Some factors cause unsuccessfull of the planting. They were cattle (cows and sheeps), agricultural activities relatively recent filling back soil and soil characteristics which were hard and compact in a dry condition and crumbled when the soil is wet and water logged.*

Key words : Reclamation, rehabilitation, degraded land

ABSTRAK

Kegiatan reklamasi atau rehabilitasi lahan hutan terdegradasi adalah bagian dari agenda 21 KTT Bumi di Rio de Janeiro dan merupakan salah satu dari lima prioritas kebijakan pemerintah (Departemen Kehutanan). Luas lahan hutan terdegradasi di Indonesia telah mencapai kondisi yang mengkhawatirkan meliputi 48,5 juta ha yang terdiri dari 26,6 juta ha lahan di dalam hutan, 21,9 juta ha lahan di luar hutan, dan 11,40 juta ha lahan sebagai konsesi pertambangan. Keadaan seperti itu menyebabkan lahan terdegradasi makin luas. Penelitian uji coba jenis-jenis tanaman telah dilakukan di lahan terdegradasi akibat tambang bahan baku semen di Gunung Putri dan Cibadak. Penelitian ini dimaksudkan untuk mereklamasi lahan terdegradasi akibat tambang bahan baku semen secara vegetatif. Dari penelitian ini diperoleh informasi tingkat *survive* tujuh jenis tanaman uji coba setelah umur satu tahun masing-masing adalah : *Acacia crassicarpa* A. Cunn Et Benth (60 %), *Khaya anthoteca* C.DC (80 %), *Gmelina arborea* Roxb. (80 %), *Dalbergia latifolia* Roxb. (83 %), *Hisbiscus macrophylla* Roxb. (86 %), *Acacia mangium* Willd (91 %), dan *Adenanthera pavovina* L (96 %). Beberapa faktor penyebab kegagalan tanaman adalah ternak sapi dan kambing yang dibiarkan berkeliaran, aktivitas manusia dalam kegiatan pertanian di lahan bekas tambang, tanah timbunan relatif baru, sifat tanah dalam keadaan kering keras/padat dan pecah-pecah dan dalam keadaan basah tergenang.

Kata kunci : Reklamasi, rehabilitasi, lahan terdegradasi akibat tambang

I. PENDAHULUAN

Penambangan bahan baku semen umumnya dilaksanakan dengan sistem tambang terbuka, sehingga merusak kondisi permukaan lahan termasuk hilangnya

vegetasi, pembalikan atau perubahan susunan tanah, adanya erosi, polusi air, perubahan kepadatan tanah, polusi udara, dan peningkatan zat bersifat toksik pada tanah (Fox, 1984).

Lahan kritis di Indonesia dewasa ini luasnya telah mencapai 48,5 juta ha, terdiri dari 26,6 juta ha lahan kritis dalam kawasan hutan, 21,9 juta ha lahan kritis di luar kawasan hutan (RLPS, 2000), dan 11,40 juta ha sebagai konsesi pertambangan (Nurhidayati, 2003). Sedang laju percepatan pertambahan lahan kritis sebesar 1,6 juta ha per tahun (Menteri Kehutanan, 2000), realisasi dari kegiatan rehabilitasi lahan kritis selama ini hanya mencapai 50.000-70.000 ha per tahun (RLPS, 2000). Berdasarkan kondisi tersebut di atas, ada kecenderungan pertambahan lahan kritis lebih cepat dibandingkan dengan realisasi rehabilitasinya. Apabila kondisi di atas berlangsung terus maka akan menimbulkan pengaruh buruk yang luas meliputi aspek lingkungan (ekologis) maupun aspek ekonomi karena lahan merupakan penyangga kehidupan. Salah satu penyebab lahan kritis adalah aktivitas pertambangan bahan baku semen. Untuk mengendalikan dan mengembalikan produktivitas lahan kritis khususnya akibat dari pertambangan bahan baku semen perlu adanya aktivitas reklamasi, atau rehabilitasi lahan kritis bekas tambang tersebut. Aktivitas reklamasi atau rehabilitasi lahan bekas tambang bahan baku semen menjadi kewajiban bagi perusahaan tambang yang bersangkutan. Namun demikian teknik perbaikan lingkungan khususnya reklamasi atau rehabilitasi lahan yang dilakukan oleh penambang belum sepenuhnya dikuasai, sehingga perlu diperbaiki dan ditingkatkan. Beberapa referensi menunjukkan bahwa kegiatan reklamasi atau rehabilitasi lahan bekas tambang dilakukan dengan teknik-teknik penanaman pohon merupakan cara umum yang dilakukan.

Di Pulau Jawa saat ini telah beroperasi beberapa pabrik/industri semen. Di Cibinong Jawa Barat, ada dua industri semen yaitu PT. Holcim (nama lama PT. Semen Kujang) dengan empat industri/pabrik, dua pabrik di antaranya di Cilacap Jawa tengah, sedang PT. Indocement (Semen Tiga Roda) mempunyai sembilan

pabrik (industri semen), belum termasuk Semen Gresik di Jawa Timur. Laju perkembangan luas lahan terbuka per tahun akibat pertambangan bahan baku semen tergantung pada volume bahan baku semen yang ditambang dan kemampuan pihak perusahaan semen dalam melakukan reklamasi. Penambangan bahan baku semen dilakukan dengan cara pengambilan batuan sampai kedalaman tertentu, diambil bahan baku semennya, kemudian bahan yang tidak diperlukan ditimbun kembali ke tempat semula. Kegiatan ini merupakan salah satu contoh perusakan ekosistem yang dapat mengakibatkan lahan bekas tambang tersebut menjadi tidak berfungsi apabila tidak segera direhabilitasi dengan penanaman kembali areal tersebut dengan jenis-jenis penyubur tanah dan jenis pionir. Akibat yang umumnya terjadi setelah lahan bervegetasi ditambang adalah peningkatan kandungan unsur tertentu yang bersifat toksik bagi tanaman serta di tanah timbunan. Untuk merehabilitasi lahan bekas tambang yang telah ditimbun kembali, diperlukan teknologi tepat guna agar lahan tersebut dapat produktif kembali. Untuk itu diperlukan pemilihan jenis-jenis penyubur tanah yang mampu tumbuh di tempat terbuka pada lahan yang miskin hara dan mengandung bahan kimia yang bersifat racun bagi tanaman. Setelah itu dilanjutkan dengan pemilihan jenis-jenis pionir yang dapat menghijaukan lahan. Setelah kegiatan tersebut, diperlukan juga informasi jenis mikroba yang cocok dan mampu mengembalikan kesuburan lahan. Oleh karena itu untuk meningkatkan kemampuan dalam reklamasi lahan kritis bekas tambang bahan baku semen tersebut perlu dilakukan penelitian uji jenis dan perlakuan yang sesuai untuk reklamasi lahan bekas tambang tersebut.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan informasi dan teknologi memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah di dalam usaha meningkatkan produktivitas lahan kritis khususnya bekas tambang bahan baku semen sehingga

proses pemacuan tingkat pertumbuhan jenis-jenis tanaman diharapkan dapat terwujud. Selain itu hasil penelitian tersebut juga diharapkan dapat merupakan komponen penyusunan paket teknologi rehabilitasi/reklamasi lahan bekas tambang.

II. METODOLOGI

A. Lokasi dan Waktu Penelitian

Penelitian dilakukan di areal bekas tambang bahan baku semen di Cibadak dan di Gunung Putri, Cibinong Bogor, Jawa Barat dimulai pada tahun 2002.

Jenis tanah di areal bekas tambang Cibadak berdasarkan Peta Tanah Tinjau Provinsi Jawa Barat (1966) termasuk Kompleks Latosol Merah Kekuningan, Latosol Coklat, Podsolik Merah Kekuningan, dan Latosol. Sedang tanah di areal bekas tambang Gunung Putri termasuk jenis tanah Latosol bertekstur halus dengan bahan induk berasal dari bahan vulkanik yang menutupi batu gamping. Secara regional daerah ini tersusun oleh batuan *myosin* tengah hingga *resen* yang terdiri dari batuan sedimen dan endapan vulkanik. Tekstur tanah timbunan di Cibadak menunjukkan kandungan liat cukup tinggi (49-74 %), debu (12-28 %), dan pasir (4-31 %). Kesuburan tanah sangat rendah, hal ini dapat ditunjukkan dengan rendahnya unsur-unsur hara makro, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan Kejenuhan Basa (KB) seperti yang tercantum dalam Tabel 1. Beberapa bagian tanah timbunan terlihat terkikis oleh air hujan membentuk erosi parit.

Jumlah curah hujan rata-rata tiap tahun di Cibadak dan sekitarnya antara 2.700-3.000 mm dan menurut klasifikasi Schmidt dan Ferguson (1951) termasuk ke dalam tipe iklim B. Tinggi tempat areal bekas tambang bahan baku semen antara 400-500 m di atas permukaan laut. Suhu udara pada siang hari berkisar antara 26-32° C.

Jenis tumbuh-tumbuhan yang dijumpai di lahan timbunan bekas tambang di

antaranya alang-alang (*Imperata cylindrica* Beauv), puspa (*Schima wallichii* Korth), bintinu (*Hibiscus macrophylla* Roxb.), babanjaran (*Eupatorium pallescens* DC), tembelean (*Lantana camara* L), gelagah (*Saccharum spontaneum* L), singkong (*Manihot utilissima* Pahl), paku resam, dan rumput daun panjang.

B. Bahan dan Alat

Jenis media tanam yang digunakan adalah sekam padi dan serasah daun meranti dengan perbandingan 1 : 1. Sekam dan serasah daun meranti yang telah terdekomposisi diperoleh dari hutan penelitian Dramaga, Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Masing-masing media tanam disterilkan dengan cara kimiawi, yaitu dengan menggunakan bahan aktif dazomet. Bahan kimia ini digunakan untuk mematikan mikroba-mikroba yang tidak diinginkan selama 1-10 hari. Pupuk dasar lambat larut diberikan pada saat penanaman.

Bahan lain yang juga diteliti adalah contoh tanah timbunan (hasil kegiatan tambang yang tidak terpakai) untuk lokasi Cibadak dan lokasi Gunung Putri. Pada Gambar 1 memperlihatkan kondisi lahan. Di Gunung Putri permukaan lahan berbatu, sedang di Cibadak permukaan lahan tidak berbatu.

C. Metode Penelitian

1. Pendekatan

Semua aktivitas tambang sistem terbuka akan mengakibatkan lahan tempat tambang tersebut beroperasi menjadi rusak secara fisik, kimia maupun biologi tanah. Agar lahan yang rusak tersebut dapat dimanfaatkan perlu tindakan reklamasi. Teknik reklamasi yang diterapkan adalah teknik revegetasi dengan dilakukan uji coba jenis-jenis pohon. Dari uji jenis pohon tersebut diharapkan diperoleh jenis-jenis yang dapat tumbuh baik (*survive*) pada lahan-lahan bekas tambang bahan baku semen tersebut. Jenis-jenis pohon yang dapat tumbuh baik tersebut kemudian dikembangkan untuk tujuan reklamasi



Gambar (Figure) 1. A. Tanah di lokasi uji coba Gunung Putri permukaannya kasar, bila basah becek/tergenang. Bila kering padat, keras, dan pecah-pecah; B. Kondisi permukaan tanah uji coba di Cibadak lebih halus tetapi cepat meloloskan air (A. Soil surface condition at Gunung Putri experiment area. It is full of gravel, when it is wet. In a dry condition, it is compact, hard, and crumbled; B. Soil surface condition at Cibadak experiment area finer but it is very permeable)

lahan-lahan terdegradasi akibat pertambangan bahan baku semen, khususnya bekas tambang bahan baku semen batu kapur dan pasir kwarsa. Aktivitas dimulai dari pengenalan beberapa jenis tumbuhan yang tumbuh di lokasi, pengambilan contoh tanah untuk dianalisis kimia dan fisik dan mikrobiologi tanah, contoh tanaman dan akar untuk diidentifikasi mikoriza lokal yang ada.

2. Inokulum Mikroba

Semua jenis pohon hutan diberikan cendawan mikoriza arbuskula (CMA) jenis *Glomus aggregatum* dan bakteri pelarut fosfat (BPF), isolat SA31 dan SA16.1. Sedangkan khusus untuk jenis legum ditambah bakteri *rhizobium* (isolat BPN4 (1+2+3)). CMA diperoleh dari Divisi Litbang PT Osaka Gaz (Jepang). Sedangkan BPF berasal dari koleksi isolat Laboratorium Mikrobiologi Hutan dengan cara memperbanyak pada media air *Pivovskaya* masing-masing sebanyak 100 ml selama 48 jam dengan kecepatan 120 rpm. Bakteri *rhizobium* juga diperoleh dari koleksi isolat Laboratorium Mikrobiologi Hutan dengan cara memperbanyak pada media *Yeast Mannitol* sebanyak 250 ml selama kurun waktu 48 jam dengan kecepatan 120 rpm.

3. Pembenihan

Jenis-jenis pohon yang dicobakan pada lokasi ini dipilih jenis-jenis pohon yang tahan dan toleran terhadap kondisi asam. Di Cibadak, jenis-jenis pohon yang telah ditanam adalah *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese, *Altingia excelsa* Noronha, *Agathis alba* Foxw, *Khaya anthoteca* C. DC, *Toona sureni* Merr., dan *Acacia mangium* Willd. Sedangkan untuk di lokasi Gunung Putri, Cibinong Bogor jenis-jenis pohon yang diujicobakan adalah *Dalbergia lathifolia* Roxb, *Khaya anthoteca* C. DC, *Gmelina arborea* Roxb, *Adenanthera pavonina* L, *Acacia mangium* Willd, *Acacia crassicarpa* A. Cunn Et Benth, *Hibiscus macrophylla* Roxb, dan *Eucalyptus urophylla* S.T Blake. Benih tanaman hutan tersebut diperoleh dari Balai Teknologi Perbenihan (BTP) Ciheuleut, Bogor. Selanjutnya benih disemai di persemaian Bogor, setelah bibit berumur tiga bulan dipindahkan ke lapangan.

4. Pemeliharaan Tanaman di Persemaian

Pemeliharaan tanaman di persemaian dilakukan setiap hari. Penyiraman dilakukan dua kali/hari. Pemberian pupuk dasar (pupuk lambat larut) dilakukan sekali

pada minggu pertama pada semua perlakuan sebesar 0,2 g/polybag.

5. Pemberian Kompos dan Pupuk Dasar

Kompos yang digunakan adalah sekam padi dan serasah daun meranti. Perlakuan yang diberikan terdiri dari media kontrol (tidak diberi kompos), sekam padi (volume 5 liter), serasah meranti (volume 5 liter), dan campuran sekam dan serasah daun meranti dengan perbandingan 1 : 1 (volume 5 liter) untuk jenis *K. anthoteca*. Sedangkan untuk delapan jenis tanaman hutan lainnya, pemberian kompos sekam padi dan serasah daun meranti dengan perbandingan 2 : 1 untuk semua lubang tanam (bukan perlakuan). Pupuk dasar yang digunakan adalah pupuk lambat larut (SRF). Setiap lubang tanam diberikan 10 g SRF. Pemberian pupuk dilakukan sekali pada awal penanaman.

6. Penanaman

Kegiatan penanaman dilakukan pada awal musim hujan di areal tambang bahan baku semen di Cibadak dengan jenis batuan pasir kwarsa, ketinggian tempat antara 400-500 m dpl dengan pH tanah 4,6-4,9. Sedang penanaman di daerah Gunung Putri yang kaya kalsium, kalium, dan fosfat dengan pH 6,7-7,6, ketinggian tempat 100-200 m dpl. Penelitian dimulai dengan pembuatan persemaian, dilanjutkan pada tahap berikutnya adalah klima-

tisasi di lapangan (lokasi) dan penanaman setelah bibit umur tiga bulan (Gambar 3 dan Gambar 4).

7. Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan yang diberikan adalah inokulasi mikroba dan kontrol (tidak diinokulasi dan tetap diberi pupuk dasar) terhadap semua jenis yang diujicobakan. Setiap perlakuan diulang sebanyak tiga kali dengan setiap ulangan terdiri dari 100 unit tanaman.

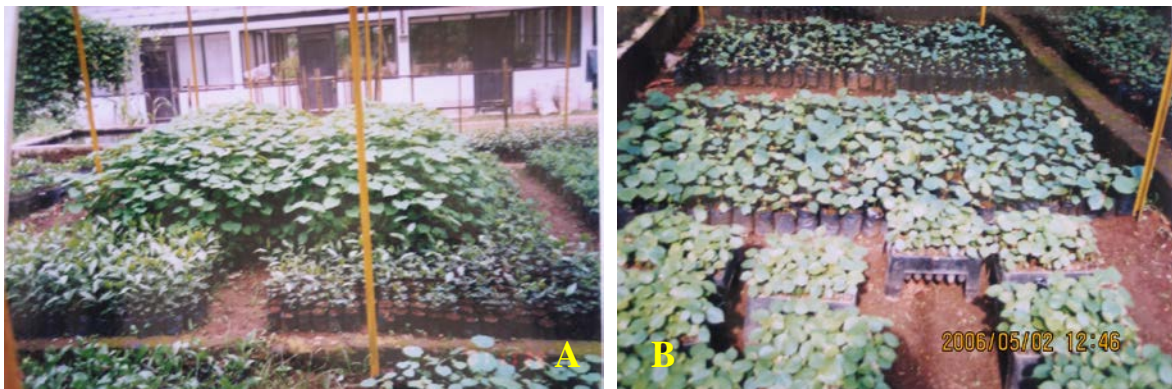
8. Analisis Data

Data yang diamati pada uji coba jenis tanaman ini adalah pertumbuhan tinggi batang dan diameter batang dari masing-masing tanaman yang diberi perlakuan mikroba dan tanaman kontrol. Data sifat-sifat kimia contoh tanah disajikan dalam Tabel 1, analisis kimia contoh air di Cibadak (Tabel 2), analisa biologi masing-masing tanah disajikan pada Tabel 3, Tabel 4, dan Tabel 5.

II. HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Kondisi Sifat Tanah Timbunan

Hasil analisis dari 10 titik yang terdiri dari 24 contoh tanah timbunan di Gunung Putri dan Cibadak dapat dilihat pada Tabel 1.



Gambar (Figure) 2. A. Bibit *G. arborea* dan *A. crassicarpa*; B. *H. macrophylla* di persemaian P3HKA, Bogor (A. Seedlings of *G. arborea* and *A. crassicarpa*; B. *H. macrophylla* in the nursery at P3HKA, Bogor)



Gambar (Figure) 3. A. Persiapan penanaman dan sebagian bibit telah siap di lapangan di lokasi Gunung Putri, sementara di latar belakang telah siap kelompok ternak sapi untuk merenggut tanaman; B. Persiapan penanaman di lokasi Cibadak di sekitar lokasi ditumbuhi rumput *Saccharum spontaneum* (gelagah) indikasi tanah pasir (A. *Planting preparation and seedling stocks have been prepared in Gunung Putri field look at the background, a clock of cattle cow were ready to pull at plant; B. Planting preparation at Cibadak site. Saccharum spontaneum grows at the location indicate is has sandy soil*)

Tabel (Table) 1. Kondisi sifat tanah timbunan di Gunung Putri dan Cibadak (*Properties of filling back soil at Gunung Putri and Cibadak*)

Sifat tanah (<i>Soil properties</i>)	Kandungan unsur tanah di Gunung Putri (<i>Soil content at Gunung Putri</i>)	Kandungan unsur tanah di Cibadak (<i>Soil content at Cibadak</i>)
pH	6,7-7,6	4,6-4,9 (masam)
Fraksi pasir	14,19-16,05	4-31
Fraksi debu	43,11-46,25	12-28
Fraksi liat	38,99-41,99	49-74
C Total	0,44-0,53 % (rs)	0,11-0,83 % (rs)
N	0,04-0,06 (rs)	0,02-0,08 (rs)
C/N ratio	8,8-12,0 (rs - s)	6-13 (rs)
P tersedia Bray I	6,27 ppm-11,21 ppm (rs - r)	0,3-0,7 mg/kg (rs)
Ca	14,41-16,42 meg/100 gr (t)	0,00-1,38 me/100 gr (rs)
Mg	7,14-11,74 meg/100 gr (t - st)	0,00-0,36 me/100 gr (rs)
K	0,80-0,90 meg/100 gr (t)	0,00-0,05 me/100 gr (rs)
Na	0,74-0,91 meg/100 gr (t)	Tidak dijumpai
KTK	22,61-28,93 meg/100 gr (s - t)	10,73-21,99 % (rs)
KB	100 % (st)	0-9 (rs)
Al ⁺⁺⁺	Tidak terukur	3,32-7,53 %

Keterangan (*Remark*) : rs : sangat rendah (*very low*), r : rendah (*low*), s : sedang (*medium*), t : tinggi (*high*), st : sangat tinggi (*very high*)

Berdasarkan hasil analisis diuraikan sebagai berikut:

1. Tanah Timbunan di Cibadak

a. Tekstur Tanah

Hasil analisis tekstur tanah (timbunan) menunjukkan bahwa fraksi liat 49-74 %, fraksi debu 12-28 %, dan fraksi pasir 4-31 %. Tekstur tanah termasuk agak

berat dengan kondisi kering keras dan kondisi basah lekat.

b. Unsur Makro dan Mikro

Kadar bahan organik karbon (C) antara 0,11-0,83 % termasuk sangat rendah. Kadar nitrogen (N) antara 0,02-0,08 % termasuk rendah sekali. Kadar unsur hara fosfor (P) antara 0,3-0,7 mg/kg termasuk

rendah sekali. Kadar kation-kation masing-masing adalah Ca^{++} antara 0,0-1,38 me/100 gr termasuk rendah sekali, Mg^{++} antara 0,0-0,36 me/100 gr termasuk rendah sekali, K^{++} antara 0,0-0,05 me/100 gr termasuk rendah sekali, dan Na^{++} tidak dijumpai dalam tanah di Cibadak. Sedangkan ion Al^{+++} antara 3,32-7,53 me/100 gr termasuk rendah sekali. Pada tanah masam unsur-unsur mikro adalah unsur yang dibutuhkan tanaman tetapi dalam jumlah sedikit.

c. KTK, KB, dan pH Tanah

Kapasitas tukar kation (KTK) atau kemampuan tanah dalam menahan unsur hara antara 10,73-21,99 % termasuk rendah sekali. Kejenuhan basa (KB) antara 0,0-9,0 % termasuk rendah sekali. Reaksi (pH) antara 4,7-4,9 termasuk masam. Pada kondisi pH tanah yang demikian unsur-unsur mikro di dalam tanah seperti Al, Fe, Mn, Zn, dan Cu dapat bersifat masam. Dalam kondisi pH tersebut unsur P banyak terikat oleh kompleks unsur seperti Al, Fe sehingga akan menyebabkan tanaman sulit untuk menyerap P tersebut. Akar tanaman hanya dapat menyerap P yang tersedia dengan sangat terbatas.

2. Tanah Timbunan di Gunung Putri

a. Tekstur Tanah

Dari Tabel 1 menunjukkan bahwa fraksi liat 38,99-41,99; fraksi debu 43,11-46,25; dan fraksi pasir 14,19-16,05. Kondisi tekstur dalam kondisi kering mengeras sedangkan dalam kondisi basah seperti lumpur.

b. Unsur Makro dan Mikro

Kadar bahan organik antara 0,44-0,53 %, termasuk rendah sekali; kadar nitrogen (N) antara 0,04-0,06 termasuk rendah sekali; kadar P (fosfor) dalam tanah antara 6,27-11,21 ppm termasuk rendah sekali sampai rendah; kadar unsur hara K (potasium) antara 0,80-0,9 me/100 gr termasuk tinggi. Sedangkan kadar kation-kation masing-masing adalah Ca^{++} antara 14,41-16,42 me/100 gr termasuk

tinggi, Mg^{++} antara 7,14-11,74 me/100 gr termasuk tinggi sampai sangat tinggi, K^{++} antara 0,80-0,90 me/100 gr termasuk tinggi, Na^{++} antara 0,74-0,91 me/100 gr termasuk tinggi. Kadar ion Al^{+++} sebagai unsur mikro tidak terdapat di tanah timbunan Gunung Putri.

c. KTK, KB, dan pH Tanah

Kapasitas tukar kation (KTA) antara 22,61-28,93 me/100 gr termasuk sedang sampai tinggi, kejenuhan basa (KB) 100 % (tinggi sekali), reaksi (pH) antara 6,7-7,6 termasuk pH netral.

Berdasarkan analisis di atas ada beberapa perbedaan antara tanah timbunan di Cibadak dan Gunung Putri. Perbedaan tersebut antara lain tekstur tanah di Gunung Putri fraksi pasir dan debu lebih tinggi daripada di Cibadak, sedangkan fraksi liat di Cibadak lebih tinggi daripada di Gunung Putri. Reaksi tanah di Gunung Putri netral, sedang reaksi tanah di Cibadak termasuk masam. Unsur C, N, dan P tersedia, baik di Gunung Putri maupun di Cibadak termasuk rendah sekali. Unsur Ca, Mg, K, dan Na di Gunung Putri termasuk tinggi sekali, sedang di Cibadak termasuk rendah sekali bahkan untuk unsur Na di Cibadak tidak dijumpai. Kemampuan tukar kation (KTK) dan kejenuhan basa (KB) di Gunung Putri termasuk tinggi bahkan KB di Gunung Putri mencapai 100 % sedang KTK dan KB di Cibadak rendah sekali.

Perbedaan kondisi/sifat tanah timbunan yang menjadi lokasi uji coba jenis-jenis pohon menunjukkan bahwa semua unsur yang dianalisis dari contoh tanah di Cibadak termasuk buruk, semua unsur penting yang merupakan parameter kesuburan tanah kondisinya rendah sekali (rs), termasuk reaksi tanahnya yang masam. Sedangkan kondisi/sifat tanah timbunan di Gunung Putri relatif lebih baik kecuali unsur C, N, dan P tersedia.

Hampan tanah timbunan di Cibadak menunjukkan fraksi pasir putih dan batu kerikil dari kwarsa. Kondisi tersebut sangat mengkhawatirkan, karena pasir

kwarsa sangat miskin unsur hara. Kondisi yang demikian apabila dibiarkan terbuka (tanpa vegetasi penutup), maka pencucian dan erosi akan terjadi sehingga kondisi kesuburan tanah akan semakin menurun bahkan akan menimbulkan hamparan pasir kwarsa (*silica*) yang sangat miskin unsur hara dan akan sangat sulit untuk direvegetasi. Pada lokasi di Cibadak sudah ditumbuhi jenis tumbuh-tumbuhan liar seperti gelagah (*Saccharrum spontaneum*) yang biasa tumbuh pada hamparan pasir. Sedang fraksi liat yang mencapai 49-74 % belum diketahui jenisnya, apabila liat tersebut termasuk liat *montmorilonit*, maka tanah yang mengandung liat tersebut mengembang dan plastik bila basah, sehingga agregat tanah tidak begitu stabil. Apabila liat tersebut liat *kaolinit* maka tanah yang mengandung liat *kaolinit* bila basah hanya sedikit plastik tetapi tidak mengembang, sehingga agregat tanah lebih stabil (Arsyad, 1982). Oleh karena itu untuk mengantisipasi perkembangan yang lebih cenderung menuju penurunan kondisi lahan, maka perlu segera dilakukan reklamasi/rehabilitasi bekas tambang bahan baku semen.

B. Analisis Air

Hasil analisis contoh air dari Cibadak, menunjukkan kandungan unsur-unsurnya pada umumnya tidak baik untuk diminum (dikonsumsi). Unsur-unsur pembatas tersebut disajikan pada Tabel 2.

Selama kegiatan penelitian terlihat masyarakat di sekitar lokasi pertambangan menggunakan air di sekitar lokasi untuk keperluan sehari-hari, seperti untuk mencuci, berenang, mandi, dan bahkan

sebagian orang membawanya untuk digunakan dalam memenuhi kebutuhan air minum. Sedangkan berdasarkan dari analisis air, bahwa air di sekitar lokasi tambang mengandung bahan-bahan kimia yang melebihi standar yang diperbolehkan untuk diminum (layak dikonsumsi). Hal ini dikhawatirkan dalam jangka panjang akan sangat tidak baik (berbahaya) bagi kesehatan masyarakat di sekitar lokasi pertambangan di Cibadak. Sebagai contoh dengan tingginya kandungan kombinasi Fe^{+++} dan SO_4 serta pH yang masam adalah bahan kimia penyebab korosi dan ini sangat tidak baik (berbahaya) bagi kesehatan manusia. Oleh karena itu mengingat dampak negatif yang ditimbulkan dapat mengganggu (berbahaya) bagi kesehatan manusia maka perlu adanya tindakan perbaikan (remediasi) dan rehabilitasi dengan studi yang intensif untuk memperbaiki kondisi lingkungan pertambangan.

C. Biologi Tanah

Peranan mikroba tanah dalam mempercepat proses suksesi pada lahan yang terdegradasi merupakan kunci dalam meningkatkan keberhasilan revegetasi. Dari hasil analisis kandungan mikroba tanah di Cibadak nantinya dapat direkomendasikan alternatif penggunaan mikroba tanah dalam memperbaiki tingkat kesuburan tanah dan memperbaiki tanah yang terdegradasi. Dari analisis sampel populasi mikroba di Cibadak (Tabel 3) terlihat bahwa ada tanah timbunan yang tidak bervegetasi dan contoh tanah (T1-1) mengandung batuan pirit, ternyata tidak terdapat

Tabel (Table) 2. Perbandingan antara unsur contoh air dari Cibadak dan unsur standar air minum (Comparative element of water sampled from Cibadak and standard element for drinking)

Unsur (Element)	Contoh air (Water sample)	Standar untuk air minum (Standard for drinking)
pH	3,23-5,55	6,5-8,5
NH^{++++}	0-4,3 mg/l	maksimum 0,15 mg/l
Fe^{+++}	0-42,7 mg/l	maksimum 0,3 mg/l
Mn^{++}	1,2-25,5 mg/l	maksimum 0,05 mg/l
Cu^{++}	0-4,8 mg/l	maksimum 0,5 mg/l
SO_4	5-9889 mg/l	maksimum 200 mg/l

Tabel (Table) 3. Analisis total populasi mikroba, fungi, dan bakteri pelarut fosfat di Cibadak (*Analysis of total population of microbes, fungi, bacteria, and phosphate solubilization bacteria at Cibadak*)

No. (No)	Kode (Code)	Total mikroba (10^7 cfu/g tanah) (Total of microbes) (10^7 cfu/g soil)	Total fungi (10^3 cfu/g tanah) (Total of fungi) (10^3 cfu/g soil)	Total bakteri (10^7 cfu/g tanah) (Total of bacteria) (10^7 cfu/g soil)	Total bakteri pelarut fosfat (10^4 cfu/g tanah) (Total phosphate solubilization bacteria) (10^4 cfu/g soil)
1.	T1-1	0,00	0,00	0,00	0,00
2.	T1-2	0,35	2,00	0,34	0,00
3.	T1-3	4,35	10,00	4,35	0,00
4.	T1-4	0,50	7,00	0,49	0,00
5.	T2-1	0,83	2,00	0,82	2,50
6.	T2-2	0,00	0,00	0,00	0,00
7.	T2-3	0,25	2,00	0,24	1,50
8.	T3-3	0,45	2,00	0,44	9,00
9.	T3-3	2,90	2,00	2,89	5,50
10.	T3-3	3,25	3,50	3,24	9,50
11.	T4-1	33,69	2,50	33,67	0,00
12.	T4-2	26,30	3,50	26,29	10,00
13.	T4-3	2,35	4,50	2,34	3,00
14.	T5-1	27,12	3,50	27,11	0,00
15.	T5-2	39,93	0,00	39,93	5,00
16.	T5-3	3,45	2,50	3,44	1,50
17.	T6-1	27,38	3,50	27,37	1,00
18.	T6-2	0,55	3,50	0,54	1,00
19.	T6-3	0,00	0,00	0,00	0,00
20.	T6-4	0,00	0,00	0,00	0,00

populasi mikroba, baik *fungi* (jamur, cendawan) maupun bakteri. Demikian pula populasi bakteri pelarut fosfat berbeda-beda pada setiap contoh tanah dengan populasi antara $0,00-1,00 \times 10^4$ cfu/g tanah. Ada sembilan contoh tanah yang tidak ada (0 cfu/g) bakteri pelarut fosfat. Namun demikian pada contoh tanah yang populasi bakteri pelarut fosfat cukup tinggi, tidak berarti bahwa P-tersedia pada tanah juga tinggi. Seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1, bahwa kandungan P (P_2O_5) dari contoh tanah asli dan timbunan adalah sangat rendah yaitu berturut-turut antara 1,6 dan 0,3-0,7 mg/kg, sedangkan nilai standar adalah ≥ 10 mg/kg. Ini berarti bakteri pelarut P yang ada di dalam tanah efisien untuk melarutkan P, seandainya kegiatan revegetasi dilakukan, sehingga tanaman tidak dapat tumbuh dengan baik di lokasi pertambangan. Pemecahannya adalah melakukan introduksi bakteri pelarut P yang efektif agar percepatan revegetasi dapat dilakukan.

Sebelas contoh tanah yang mengandung bakteri pelarut fosfat kurang efektif sehingga kandungan fosfat tetap rendah. Kelompok bakteri lain yang memegang peranan penting dalam menambat nitrogen (N) secara biologi adalah *Rhizobium*. N adalah unsur esensial kedua setelah air bagi pertumbuhan tanaman. Atmosfir mengandung 80 % N_2 tetapi tidak dapat digunakan secara langsung oleh tanaman. Namun demikian N_2 dapat diubah atau difiksasi dalam bentuk amonium yang sering dikenal sebagai penambatan N secara biologi. *Rhizobium* adalah salah satu jenis bakteri yang mampu menambat N dan bersimbiosis dengan jenis tanaman legum. Jumlah N yang ditambat dapat bervariasi tergantung pada jenis *Rhizobium*, tanaman legumnya dan interaksi keduanya. Apabila simbiosis dilakukan secara efektif dan efisien, jumlah N yang ditambat dapat menggantikan penggunaan pupuk urea. Dari hasil analisa contoh

tanah pada pengenceran 10^{-3} diperoleh populasi bakteri *Rhizobium* bervariasi antara $5,0 \times 10^4$ sampai $1,0 \times 10^4$ (Tabel 4). Informasi awal ini dapat digunakan lebih lanjut untuk mencari *Rhizobium* yang paling efektif dalam menambat N dari udara. Melalui aplikasi bioteknologi, isolat bakteri yang efektif dapat diaplikasikan kembali ke lokasi pertambangan dalam rangka mempercepat kegiatan rehabilitasi khususnya menggunakan jenis tanaman legum.

Di samping bakteri *Rhizobium*, ada jenis bakteri penambat N tetapi tidak bersimbiosis dengan tanaman inang. Bakteri jenis ini hidup di sekitar perakaran tanaman dan juga mempunyai peranan penting dalam menambat N. Bakteri ini sering disebut *Plant Growth Promoting Bacteria* (PGPB). Sesuai dengan namanya, bakteri tersebut mempunyai karakteristik untuk membantu pertumbuhan tanaman dalam menambat nitrogen, produksi vitamin (thiamin, riboflavin), dan hormon tumbuh lainnya, seperti IAA, *Gibberelline*, dan lain-lain. Keberadaannya sangat penting terutama pada jenis-jenis tanaman non legum (Lucy *et al.*, 2004). Keberadaan bakteri *Rhizobium* yang berkisar antara $5,0 \times 10^4$ sampai $1,0 \times 10^6$ tersebut termasuk kurang efektif dan perlu ditingkatkan (efektif 1.000 kali yang ada).

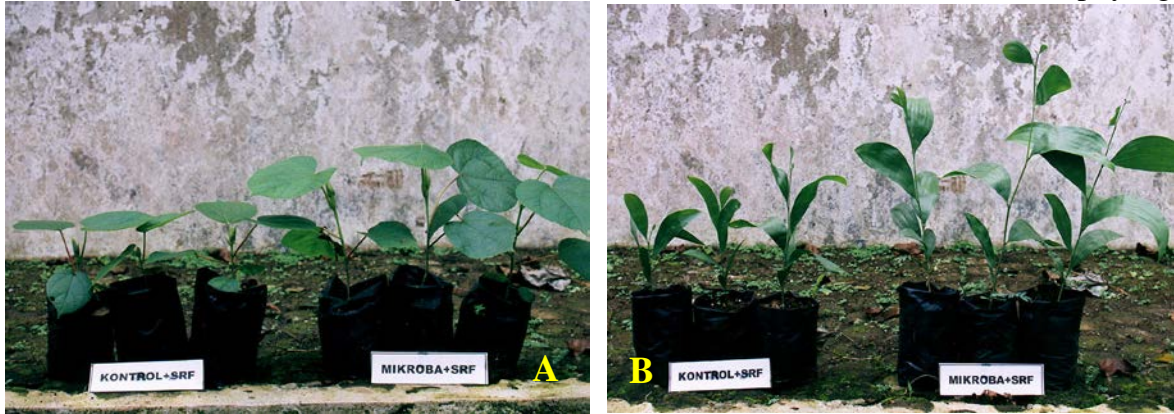
Tabel (Table) 4. Populasi *rhizobium* di lokasi pertambangan Cibadak (*Population of rhizobium at Cibadak mining site*)

No. (No)	Kode sampel tanah (Code of soil sample)	<i>Rhizobium</i> (cfu/g tanah) (<i>Rhizobium</i>) (cfu/g soil)
1.	T1-2	$6,7 \times 10^4$
2.	T1-3	$5,0 \times 10^5$
3.	T2-4	$1,3 \times 10^5$
4.	T2-6	$1,5 \times 10^5$
5.	T3-10	$5,0 \times 10^4$
6.	T3-7	$4,7 \times 10^5$
7.	T3-8	$5,0 \times 10^4$
8.	T3-9	$1,0 \times 10^5$
9.	T4-10	$1,3 \times 10^5$
10.	T4-11	$1,8 \times 10^5$
11.	T4-12	$1,5 \times 10^5$
12.	T5-13	$7,0 \times 10^5$
13.	T6-14	$2,3 \times 10^5$
14.	T6-15	$3,5 \times 10^5$

15.	T6-16	$1,0 \times 10^5$
<p>Kelompok mikroba tanah yang mempunyai peranan penting dalam menyediakan unsur P (fosfat) dikenal dengan nama mikoriza (Smith dan Read, 1997). Pada tanah yang telah terdegradasi, P pada umumnya ada di dalam tanah tetapi terikat oleh unsur kimia tanah lainnya, seperti Al atau Fe pada tanah asam dan Ca pada tanah alkalin dan secara alami P sangat labil dan mudah terikat, sehingga akan sangat sulit untuk diserap oleh akar tanaman. Cendawan mikoriza umumnya terdiri atas dua bentuk yaitu cendawan ektomikoriza (ECM) dan cendawan mikoriza arbuskula (CMA). Keduanya mampu membantu akar tanaman dalam menyerap P melalui proses enzimatis. Dari hasil analisis contoh tanah, cendawan ECM biasanya akan bersimbiosis dengan jenis-jenis seperti <i>Pinus</i> spp., <i>Eucalyptus</i> spp., <i>Gnetum gnemon</i>, dan keluarga Dipterocarpaceae atau hanya 7 % dari jenis tanaman hutan. Sedangkan hasil analisis eksistensi CMA diperoleh pada tanaman kehutanan seperti <i>Schima wallichii</i>, <i>Swietenia macrophylla</i>, <i>Paraserianthes falcataria</i>, dan <i>Enterolobium cyclocarpum</i>. Selanjutnya pada tumbuhan bawah juga ditemukan spora CMA pada jenis-jenis rumput, gelagah, babadotan, dan singkong. Sedangkan pada contoh tanah yang tidak terdapat tanaman maupun tumbuhan bawah tidak ditemukan sama sekali CMA. Dengan demikian populasi jumlah spora dalam satuan gram contoh tanah CMA sangat rendah ($< 5-10$ spora/100 gram contoh tanah). Pada umumnya diperlukan populasi spora CMA ≥ 80 spora/100 gram agar proses simbiosis dengan tanaman inang dapat optimum, sehingga pertumbuhan tanaman dapat dipercepat. Untuk itu perlu diintroduksi cendawan CMA yang unggul dan dikolonisasikan sejak dini di persemaian pada tanaman kehutanan (Gambar 4) pada kegiatan penanaman di Gunung Putri. Kondisi keberadaan cendawan mikoriza di pertambangan Cibadak disajikan pada</p>		

Tabel 5. Dari tabel tersebut menunjukkan

bahwa ECM tidak ditemukan tetapi yang



Gambar (Figure) 4. A. Penampilan bibit *H. macrophylla* dan B. *A. crassicaarpa* diinokulasi oleh mikroba dan kontrol (tidak diinokulasi) setelah umur 2 bulan di persemaian (A. Performance of *H. macrophylla* and B. *A. crassicaarpa* seedlings after inoculated by microbes and non-inoculated seedlings (control) during 2 months in the nursery stage)

Tabel (Table) 5. Eksistensi cendawan mikoriza di pertambangan Cibadak (Existence of mycorrhizal fungi at Cibadak mining site)

No. (No)	Kode (Code)	Eksistensi populasi mikoriza (Existence of mycorrhizal fungi)	
		CMA	ECM
1.	T1-1	+	-
2.	T1-2	-	-
3.	T1-3	+	-
4.	T1-4	+	-
5.	T2-1	+	-
6.	T2-2	+	-
7.	T2-3	+	-
8.	T3-1	+	-
9.	T3-2	+	-
10.	T3-3	+	-
11.	T4-4	+	-
12.	T4-5	+	-

Catatan (Notes) :

- + : Ditemukan pada setiap contoh tanah, 5-10 spora/100 gram tanah (Has been found at every soil sample, 5-10 spores/100 grams soil)
- : tidak ditemukan pada setiap sampel tanah (Has not been found at every soil sample)

ditemukan adalah jenis CMA pada setiap contoh tanah. Kegunaan CMA antara lain adalah membantu akar tanaman dalam menyerap P melalui proses enzimatik.

D. Pertumbuhan Tanaman

Dari hasil ujicoba beberapa jenis tanaman hutan di lokasi Cibadak, tiga jenis tanaman hutan mampu beradaptasi tumbuh pada lokasi timbunan tanah di mana pucuk tanaman tumbuh (2-4 pucuk daun) setelah dua bulan ditanam pada musim hujan. Ketiga jenis tanaman hutan ter-

sebut adalah *A. mangium*, *T. sureni*, dan *K. anthoteca*. Pengamatan lanjutan dan ujicoba jenis tanaman hutan perlu dilakukan agar rekomendasi kegiatan rehabilitasi di Cibadak dapat berhasil dengan baik.

Pembukaan hutan/kebun menjadi lahan pertambangan jelas mempengaruhi populasi mikroba tanah, baik secara langsung maupun tidak langsung, karena akan menyebabkan berubahnya struktur fisik, kimia tanah, dan yang lebih penting lagi akan menyebabkan berkurangnya masukan bahan organik. Untuk itu penerapan jenis-jenis mikroba tanah dapat diapl-

kasikan secara integratif dengan tanaman hutan atau tanaman penutup tanah (*cover crops*). Pada Gambar 5 disajikan contoh penampilan tanaman *G. arborea* setelah diinokulasi oleh mikroba.

Hasil pengukuran tanaman uji coba di lokasi Cibinong Bogor dan di Cibadak masing-masing disajikan pada Gambar 6 dan Tabel 6. Berdasarkan data perkembangan/pertumbuhan tinggi (cm) pohon dari yang paling tinggi berturut-turut adalah *G. arborea*, *A. crassicarpa*, *A. pavonina*, *H. macrophylla*, *A. mangium*, *D. latifolia*, dan *K. anthoteca*. Berdasarkan pertumbuhan diameter (mm) pohon dari yang paling tinggi berturut-turut adalah *G. arborea*, *H. macrophylla*, *K. anthoteca*, *A. pavonina*, *A. crassicarpa*, *A. mangium*, *D. latifolia*. Dari jumlah tanaman masing-masing jenis yang diujicobakan, jumlah tanaman yang mati adalah *G. arborea* 20 % (kontrol 16,6 %, perlakuan 4,2 %), *H. macrophylla* 13 % (kontrol 5 %, perlakuan 8 %), *K. anthoteca* 20 % (kontrol 3 %, perlakuan 17 %), *A. pavonina* 3 % (kontrol 0 %, perlakuan 3 %), *A. mangium* 8 % (kontrol 2 %, perlakuan 6 %), *D. latifolia* 16 % (kontrol 5 %, perlakuan 11 %), *A. crassicarpa* 36 % (kontrol 3 %, perlakuan 33 %), *E. urophylla* yang seluruhnya hilang dan diganti dengan tanaman pisang (tidak diketahui pelakunya). Penyebab kematian tanaman antara lain adalah ternak sapi yang digembalakan di areal uji coba oleh manusia dan oleh karena kekeringan/tergenang, gangguan ini sangat mempengaruhi hasil penelitian.



Gambar (Figure) 5. Penampilan bibit *G. arborea* setelah umur satu tahun di lapangan (*G. arborea*

seedling performance after one year of planting in the field)

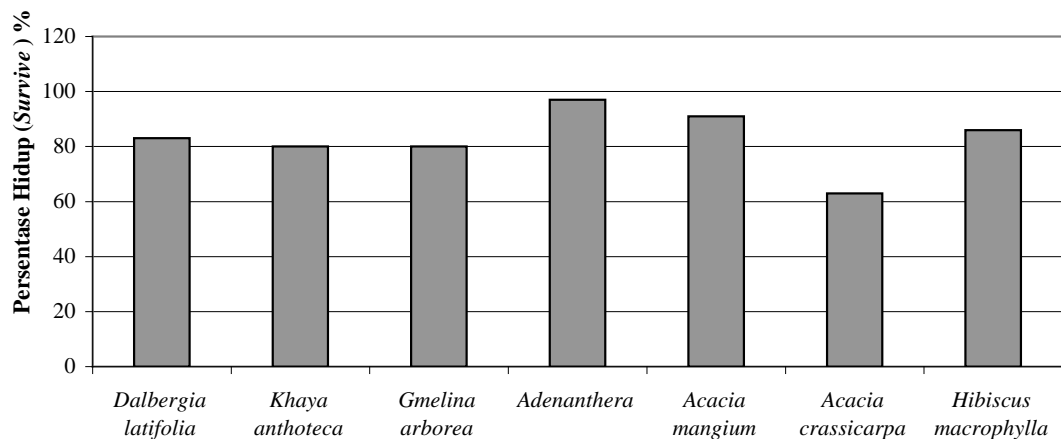
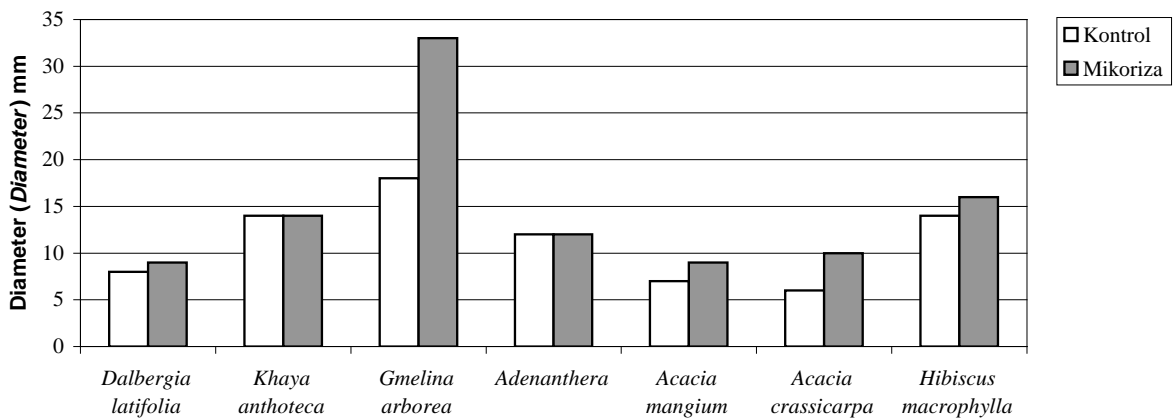
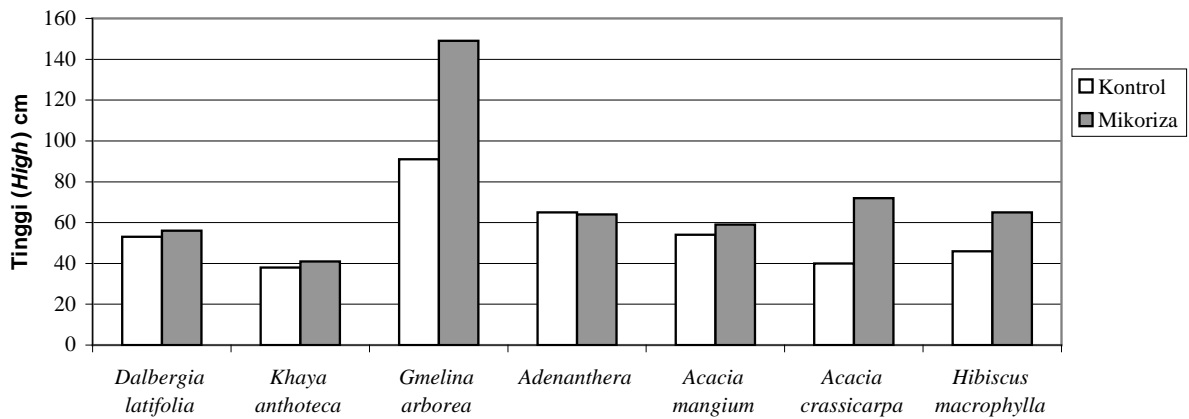
Pada lokasi di Cibadak, telah diujicobakan dengan enam jenis tanaman yaitu *P. merkusii*, *A. excelsa*, *K. anthoteca*, *T. sureni*, *A. alba*, dan *A. mangium*. Hasil pengamatan menunjukkan pertumbuhan jenis-jenis tersebut disajikan pada Tabel 6.

Dengan mengetahui kondisi kesuburan tanah bekas tambang yang dikemukakan pada Tabel 1 dapat membantu dalam menentukan pemilihan jenis tanaman untuk tujuan reklamasi serta perlakuan yang diperlukan untuk lokasi Cibadak. Jenis tanaman reklamasi sebaiknya dipilih jenis-jenis tanaman pionir. Dalam kegiatan ini dicoba dengan tanaman *P. merkusii*, *A. excelsa*, *A. alba*, *K. anthoteca*, *T. sureni*, dan *A. mangium*. Untuk lokasi di Gunung Putri Cibinong kondisinya lebih baik, dengan reaksi tanah (pH) netral kecuali untuk unsur C organik, N, dan P sangat rendah, kejenuhan basa (KB) sangat tinggi dan kandungan Ca, Mg, K, dan Na sangat tinggi. Pada lokasi ini diujicobakan dengan tujuh jenis tanaman yaitu *D. latifolia*, *A. crassicarpa*, *K. anthoteca*, *H. macrophylla*, *G. arborea*, *E. urophylla*, *A. pavonina*, dan *A. mangium* yang hasilnya dapat dilihat seperti pada Gambar 6.

Penambangan bahan baku semen termasuk penambangan dengan sistem terbuka. Sedang pelaksanaan penambangan ini dilakukan dengan cara mengupas permukaan lahan yang umumnya bukit, dari puncak bukit sampai pada ketinggian 100 m di atas permukaan air laut (Waltaufik, 2001). Akibat dari penambangan dengan sistem terbuka tersebut sudah dapat digambarkan bahwa kondisi lahan bekas tambang bahan baku semen tersebut merupakan hamparan batuan induk (*bed rock*). Bahan baku semen yang ditambang di daerah Cibinong berupa *clay* dan *limestone* dengan pH antara 8 sampai 11. Batuan (mineral) tersebut kaya akan kalsium, kalium, dan fosfat, namun karena bereaksi basis (pH 8-11) maka unsur-unsur tersebut belum dapat dimanfaatkan oleh tanaman. Kondisi lahan bekas tambang dengan sistem terbuka pada umum-

nya menjadi rusak berat, sehingga menurut USDA (1965) kurang lebih 1/3 dari lahan bekas tambang tersebut tidak direklamasi tetapi perbaikannya dibiarkan secara alami. Apabila hal tersebut dibiarkan di Indonesia, maka kerusakan lingkungan akibat aktivitas pertambangan akan meningkat dalam arti kuantitas dan intensitasnya

yang berarti akan semakin memperluas lahan kritis. Lahan rusak bekas tambang biasanya sulit direklamasi dan dibiarkan, kondisi ini sering dijumpai pada lokasi bekas sistem tambang terbuka tidak terkecuali bekas tambang bahan baku semen.



Gambar (Figure) 6. Rata-rata tinggi, diameter batang pohon, dan persentase hidup pohon umur satu tahun di Gunung Putri (Average of plant height, stem diameter, and survive percentage of one year old trees at Gunung Putri)

Tabel (Table) 6. Ringkasan data rata-rata tinggi (cm) dan diameter (mm) pohon umur dua bulan pertama (awal) di Cibadak (Average plant height and stem diameter of two months old trees (first periode) at Cibadak)

No. (No)	Jenis (Species)	Pertumbuhan (Growth)	
		Tinggi (High) (cm)	Diameter (Diameter) (mm)
1.	<i>Pinus merkusii</i>	74,76	6,23
2.	<i>Altingia excelsa</i>	59,52	4,05
3.	<i>Agathis alba</i>	36,00	4,19
4.	<i>Khaya anthoteca</i>	15,25	2,22
5.	<i>Toona sureni</i>	35,00	3,22
6.	<i>Acacia mangium</i>	72,50	6,30

Beberapa referensi yang dapat dipergunakan sebagai acuan dalam upaya memperbaiki lingkungan khususnya reklamasi lahan bekas tambang dengan sistem terbuka dapat dilakukan dengan teknik revegetasi. Menurut Fox (1984) tingkat keberhasilan yang dapat dicapai dalam rangka reklamasi atau rehabilitasi lahan bekas tambang sangat beragam tergantung pada kesesuaian jenis, persiapan lahan, pengolahan tanah, pemeliharaan tanaman, dan kondisi lahan sebagai tempat tumbuh. Kemudian menurut Binns (1983) bahwa jenis yang dapat beradaptasi secara baik dengan areal bekas tambang adalah jenis pionir dan legum. Sedangkan menurut Bell (1987) menyarankan bahwa untuk reklamasi lahan bekas tambang adalah dengan penanaman jenis pohon asli setempat. Berdasarkan hasil penelitian Pudjiharta (1997) jenis yang sesuai untuk reboisasi pada lahan kritis daerah kering di Tuban dengan *bed rock* batuan kapur pH 8,10-8,60 kaya kandungan Ca dan Mg adalah jenis *Swietenia macrophylla* sampai umur tiga tahun dengan persentase tumbuh 90-98 %, *Cassia siamea* sampai umur tiga tahun dengan persentase tumbuh 89-97 %, dan *Melaleuca cajuputi* sampai umur tiga tahun dengan persentase tumbuh 31-50.

Reklamasi lahan bekas tambang akhir-akhir ini mendapat perhatian yang besar dengan adanya tuntutan masyarakat untuk memperbaiki lingkungan lahan bekas tambang. Hal ini sejalan dengan prin-

sip pembangunan yang berwawasan lingkungan. Kegiatan ini memerlukan tahapan yang panjang dan diperlukan kerjasama multi disiplin keilmuan. Beberapa indikator yang dapat diamati dalam menilai kesuksesan reklamasi lahan bekas tambang adalah perubahan parameter fisik dan kimia tanah, kemudian diikuti oleh peningkatan aktivitas biologi (Thomas dan Jansen, 1985), munculnya aktivitas biota tanah yang dapat diamati setelah adanya perubahan sifat fisik dan kimia tanah. Perubahan ini diperlukan untuk terbentuknya ekosistem biota tanah yang dapat mendukung pertumbuhannya. Setelah kondisi lingkungan mendukung untuk perubahan biota tanah, pasokan rantai pangan perlu ditingkatkan untuk menyokong aktivitas berfungsinya biota tanah. Setelah aktivitas biota tanah berjalan cepat maka proses pelapukan akan berjalan dan akan terbentuk horizon tanah (Roberts *et al.*, 1988). Cepat dan lambatnya perubahan yang terjadi tergantung tingkat aktivitas biota tanah seperti perakaran tanaman dan aktivitas biologi lainnya (Anderson, 1988). Dengan demikian, reklamasi lahan bekas tambang dengan teknik revegetasi seperti yang dilakukan dalam penelitian ini adalah untuk mendapatkan jenis-jenis tanaman yang dapat berkembang pada lahan bekas tambang bahan baku semen dan diharapkan dapat meningkatkan aktivitas biota tanah dan biologi lainnya karena keberadaan tanaman.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

1. Hasil pengamatan pertumbuhan tanaman uji coba yang dilakukan dalam reklamasi lahan tambang semen terdegradasi di lokasi Gunung Putri dengan pohon yang diberikan perlakuan mikroba dan kontrol (tanpa perlakuan) pada umur satu tahun persentase (%) yang hidup berturut-turut adalah *Gmelina arborea* Roxb. (95 % dan 33 %), *Hibiscus macrophylla* Roxb. (88 % dan 79 %), *Adenanthera pavonina* L. (95 % dan 100 %), *Khaya anotheca* C. (76 % dan 87 %), *Acacia mangium* Willd (91 % dan 91 %), *Dalbergia latifolia* Roxb. (79 % dan 84 %), dan *Acacia crassicarpa* A. Cunn Et Benth (55 % dan 87 %). Hasil-hasil persentase hidup tanaman tersebut dalam kondisi gangguan ternak, manusia, dan kekeringan/genangan yang cukup berat di lokasi uji coba, mempengaruhi hasil kesimpulan.
2. Jenis pohon yang diujicoba di lokasi Cibadak karena kondisi lahan yang lebih berat antara lain reaksi tanah masam (pH 4,6-4,9) demikian pula reaksi air masam (pH 3,2-5,5) dan tanah berpasir kwarsa. Dari waktu pengamatan yang relatif pendek (dua bulan) terlihat bahwa jenis pohon yang mampu beradaptasi hidup lebih baik adalah jenis *Pinus merkusii* Jungh et de Vriese dan *Acacia mangium* Willd yang mempunyai pertumbuhan relatif lebih baik dari jenis lainnya. Hal ini masih memerlukan penelitian dan pengamatan lanjutan.

B. Saran

1. Lahan-lahan terdegradasi akibat pertambangan dengan sistem tambang terbuka termasuk tambang bahan baku semen akan memperburuk kondisi lahan sebagai penyangga kehidupan, karena itu upaya reklamasi perlu mendapatkan perhatian yang serius

agar lahan bekas tambang tersebut tidak berkembang ke arah yang lebih parah yang memerlukan waktu lama dan biaya yang tinggi untuk reklamasi tanah.

2. Reklamasi lahan terdegradasi akibat pertambangan dengan teknologi revegetasi yang dilakukan saat ini masih dalam tahap uji coba jenis, oleh karena itu masih banyak jenis yang perlu diujicoba akan semakin baik untuk mendapatkan jenis-jenis yang cocok (sesuai) untuk tujuan reklamasi. Keberhasilan mereklamasi lahan tersebut tergantung dari kondisi tanah, tingkat adaptabilitas tanaman, pertumbuhan tanaman hutan, dan keadaan mikroba tanah yang mampu bersimbiosis mutualistik dengan tanaman hutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Anderson, J.M. 1988. Invertebrate Mediated Transport Processes in Soil. Agriculture, Ecosystems and Environment, 24: 5-19.
- Arsyad, S. 1982. Pengawetan Tanah dan Air. Departemen Ilmu-Ilmu Tanah IPB. pp 1-216.
- Bell, L.C. 1987. Compatibility of Native Establishment and Erosion an Erosion Control on Sloping Mined Land in Australian Industry Council Environmental Workshop. Australian Mining Industry Council, Dickson A.C.T. pp 163-175.
- Binns, W.U. 1983. Treatment of Surface Workings. In Reclamation on Mineral Workings to Forestry, Forestry Commission Research and Development Paper 132. Edinburgh. pp-9-16.
- Fox, J.E.D. 1984. Rehabilitation of Mined Lands. Review Article. Forest Abstract. Commonwealth Forestry Bureau (9) : 565-600.
- Lembaga Penelitian Tanah. 1966. Peta Tanah Tinjau Provinsi Jawa Barat.
- Lucy, M., E. Reed, B.R. Glick. 2004. Applications of Free Living Plant

- Growth-Promoting Rhizobacteria. *Antonie van Leeuwenhoek* 86:1-25.
- Menteri Kehutanan. 2000. Arahan Menteri Kehutanan dan Perkebunan. Rakernas 2000. Departemen Kehutanan dan Perkebunan. Jakarta.
- Nurhidayati. 2003. FORMAT. Resume Kegiatan. Dialog Terbuka, Tema Kehutanan vs Pertambangan Membangun Regulasi yang Berwawasan. Jakarta. pp 1-21.
- Pudjiharta, A. 1997. Pertumbuhan Tanaman Mahoni, Johar, dan Kayu Putih pada Lahan Kritis Kering di Tuban, Jawa Timur. *Buletin Penelitian Hutan* 625 : 1-18. Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Roberts, J.A., W.L. Daniels, J.C. Burger. 1988. Early Stages of Main Soil Genesis in Southwest Virginia Spoil Lithosequence. *Soil Sci. Soc. of America Journal* 52 : 716-723.
- RLPS. 2000. Pola Umum dan Standar serta Kriteria Rehabilitasi Hutan dan Lahan. Jakarta. pp 1-52.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Ferguson. 1951. Rainfall Types Based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verh.* No 42. Kementrian Perhubungan Jawatan Meteorologi dan Geofisika. Jakarta. pp 1-77.
- Smith, S. and D. Read. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. 2nd edition. Academic Press, San Diego, California.
- Thomas, P. and I. Jansen. 1985. Soil Development in Goal Main Spoils. *Journal of Soil and Water Conservation*: 439-442.
- USDA. 1965. Man as An Agent of Mass Wasting and Land Scarification. Wasting of The Continental Surfaces. *In* *Environmental Geoscience Interaction Between Natural System and Man*. Wiley International Edition. Hamilton Publishing Company Santa Barbara California. p 263-287.
- Waltaufik, I. 2001. *Komunikasi Pribadi*. Staff PT. Semen Kujang.