

Studi Status Fungi Mikoriza Arbuskula di Areal Rehabilitasi Pasca Penambangan Nikel (Studi Kasus PT INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan)

*Study of Arbuscular Mycorrhizal Fungi status at Rehabilitation Post-Nickel Mining Area
(Case study at PT INCO Tbk. Sorowako, South Sulawesi)*

Yadi Setiadi¹ dan Arif Setiawan¹

¹Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan IPB

ABSTRACT

PT INCO Tbk. is one of the biggest nickel mining company in the Asia-Pacific region and has been operated commercially in Indonesia since 1978. It is located at Sorowako, South Sulawesi Indonesia with the area up to 218.000 hectares. The mining operation process is surface mining. It eliminated the existing vegetation, and it will lead to soil erosion, loss of biodiversity, damage of wildlife habitats and degradation of watershed area, considering with these negative impacts a revegetation programme is fully needed (Setiadi 1995). Revegetation that has been done obstructed by the marginal land conditions where soil structure has been damaged and it has become a lateritic soil. It absorbs elements of phosphate (P), which is essential for plant life. It will be poor of P-available that can be absorbed by plants. Therefore input for more effective technology and environmentally friendly is needed, among others by applying a biotechnology Arbuscular Mycorrhizal Fungi biofertilizer (AMF). It has some functions, one of them is increasing nutrients absorption, especially P. Therefore, research on the existence of mycorrhizal status needs to be done as an introduction for research and application of mycorrhizal in the rehabilitation field of post-nickel mining.

Key word : Rehabilitation, mining, status, mycorrhizal

PENDAHULUAN

PT INCO Tbk. adalah salah satu perusahaan tambang nikel terbesar di Asia-Pasifik dan telah beroperasi secara komersial di Indonesia sejak tahun 1978. Lokasi konsesi PT INCO Tbk. salah satunya berada di daerah Sorowako Sulawesi Selatan dengan luas areal pada saat ini sebesar 218.000 ha.

Proses operasi penambangan yang dilakukan adalah proses penambangan terbuka, dimana dalam proses ini, mineral tambang diambil dengan membuka lapisan tanah yang ada di atasnya. Proses tersebut mengakibatkan kerusakan lingkungan, seperti rusak atau hilangnya vegetasi, hewan, tanah dan juga menghilangkan ekosistem yang ada. Dampak negatif dari hilangnya vegetasi antara lain yaitu meningkatnya erosi, hilangnya keanekaragaman hayati, merusak habitat satwa liar, degradasi areal penyimpanan air (Setiadi, 1995), untuk mengurangi dampak negatif yang terjadi maka perlu dilakukan revegetasi.

Di lapangan, proses revegetasi ini tidaklah mudah untuk dilakukan. Area yang akan direvegetasi kondisi tanahnya (fisik, kimia dan biologi) telah rusak (marginal) dan tidak mampu mendukung pertumbuhan tanaman dengan baik. Bibit pohon yang ditanam banyak yang mati, dan untuk pohon yang bertahan hidup pertumbuhannya tidak maksimal (Setiadi, 1995). Hal tersebut disebabkan karena tanah yang masam, defisiensi P, keracunan logam Al dan Fe, rendahnya aktivitas mikroba dan juga mengalami stress air.

Dengan demikian perlu dilakukan usaha-usaha dengan menggunakan input teknologi agar dapat menunjang proses revegetasi tersebut.

Salah satu cara yang dilakukan adalah dengan mengaplikasikan peran fungi mikoriza arbuskula (FMA) sebagai inokulum. FMA merupakan komponen esensial yang dibutuhkan untuk membantu meningkatkan daya hidup dan pertumbuhan tanaman, khususnya pada lokasi pasca tambang (Kiernan *et al.*, 1983; Garedner & Malajczuk, 1988; Jasper *et al.*, 1988 dalam Setiadi, 1995)

Fungi ini dapat membantu proses revegetasi dengan meningkatkan daya larut mineral, meningkatkan pengambilan nutrisi, mengikat partikel tanah menjadi agregat yang stabil dan meningkatkan toleransi terhadap kekeringan dan keracunan logam (Linderman & Pflieger, 1994; Jasper 1994 dalam Setiadi 1995). Sehubungan dengan hal itu, penelitian ini dilakukan sebagai studi awal untuk mempelajari status dan potensi mikoriza di areal tambang.

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai penelitian pendahuluan untuk mengetahui keberadaan fungi mikoriza arbuskula (FMA) di areal rehabilitasi pasca penambangan nikel PT INCO Tbk.

Manfaat dari hasil penelitian ini adalah bertambahnya pengetahuan mengenai genus-genus spora indigenous yang dapat dikembangkan sebagai sumber inokulum untuk meningkatkan keberhasilan rehabilitasi hutan pasca penambangan, secara khusus pada penambangan nikel.

BAHAN DAN METODE

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan selama 7 bulan (Mei – November 2010). Pengambilan contoh tanah dan akar tanaman dilakukan di persemaian dan areal rehabilitasi pasca tambang PT INCO Tbk, sedangkan analisis contoh tanah dan akar tanaman dilakukan di laboratorium Bioteknologi Hutan dan Lingkungan, PPSHB IPB, dan rumah kaca laboratorium Ekologi Hutan, Departemen Silviculture, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor.

Bahan dan Alat. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah contoh tanah dan akar tanaman dari areal rehabilitasi dan persemaian PT INCO, benih *Pueraria javanica*, pupuk *Hyponex-red*, zeolit, Sunclin™, larutan glukosa 60%, KOH 10%, HCL 2%, larutan Trypan Blue 0,05%, melzer's reagent dan Aquades.

Alat-alat yang digunakan untuk pengambilan contoh tanah dan akar tanaman adalah sekop, kantong plastik, spidol dan kertas label. Sedangkan untuk pengamatan di laboratorium adalah saringan spora (saringan bertingkat dua yaitu 715 µm, dan 45 µm), *sentrifuse*, pipet plastik, pinset spora, mikroskop, kaca preparat, *cover glass*, petridish, pipet, timbangan analitik, gunting akar, sprayer dan pot plastik ukuran 200 cc.

Prosedur kerja

Pengambilan contoh tanah dan akar. Pengambilan contoh tanah dan akar dilakukan di areal rehabilitasi pasca penambangan dan persemaian PT INCO Tbk. Pengambilan contoh dilakukan pada areal yang dapat mewakili keadaan areal tambang secara umum.

Pengambilan contoh tanah dari lapangan diambil sebanyak ± 200 gram untuk setiap contoh. Contoh diambil di daerah rhizosfer dengan kedalaman ± 10-20 cm.

Sedangkan untuk pengambilan contoh akar, diambil akar serabut dari masing-masing pohon. Kemudian dimasukkan kedalam plastik dan diberi label sesuai dengan jenis pohon dan lokasi pengambilan.

Untuk pengambilan contoh tanah dan akar dari persemaian, dilakukan dengan cara, memotong bibit pada leher akar setinggi ± 1 cm dari media. Kemudian media dan akar tanaman yang masih berada dalam polybag, dimasukkan ke dalam plastik dan diberi label.

Contoh yang diambil sebanyak dua contoh tiap tanaman.

Pengamatan infeksi akar. Untuk dapat melihat infeksi akar, perlu dilakukan pewarnaan akar. Pewarnaan akar dilakukan dengan metode Phyllip dan Hyman (1970) yang dimodifikasi. Tahapan pewarnaan tersebut ialah :

1. Contoh akar dilapangan dipotong dan diambil akar serabut pada bagian samping kiri dan samping kanan, dari batang pokok.
2. Pada saat di laboratorium, akar yang akan diamati dicuci dengan air mengalir hingga kotoran dan tanah yang menempel hilang.
3. Akar direndam dalam larutan KOH 10%, sampai akar berwarna putih atau kuning bening,

4. Akar dibilas dengan air bersih agar KOH-nya hilang.
5. Akar direndam dalam larutan HCL 2% selama ±24 jam.
6. Akar dibilas dengan air bersih agar HCL-nya hilang.
7. Akar direndam dengan larutan staining trypan blue 0,05% sampai akar berwarna biru.

Untuk pengamatan akar, dilakukan dengan memotong akar yang telah diwarnai sepanjang 1 cm, kemudian akar ditata di atas preparat dan ditutup dengan *cover glass*, jumlah akar tiap preparat sebanyak 10 potong. Infeksi akar dapat dilihat melalui adanya vesikula, arbuskula, hifa maupun spora yang menginfeksi akar

Perhitungan infeksi akar. Perhitungan infeksi akar digunakan rumus Giovannety dan Mosse (1980) sebagai berikut :

$$\text{Akar terinfeksi (\%)} = \frac{\sum \text{contoh akar terinfeksi}}{\sum \text{contoh seluruh akar yang diamati}} \times 100\%$$

Ekstraksi dan identifikasi spora

Ekstraksi dan identifikasi spora langsung dari contoh tanah. Ekstraksi spora dilakukan agar spora terpisah dari contoh tanah sehingga indentifikasi spora FMA dan jumlahnya dapat diketahui.

Teknik tuang-saring dari Pacioni (1992) adalah teknik yang digunakan untuk mengekstraksi spora. Prosedur kerjanya yaitu, pertama, contoh tanah sebanyak 50 gram dicampurkan dengan 400-500 ml air dan diaduk sampai butiran-butiran tanahnya hancur. Selanjutnya disaring dalam satu set saringan dengan ukuran 710 µm dan 45 µm, secara berurutan dari atas ke bawah. Saringan bagian atas disemprot dengan air kran untuk memudahkan bahan saringan lolos. Kemudian saringan paling atas dilepas, dan pada saringan kedua tersisa sejumlah tanah yang tertinggal pada saringan terbawah dipindahkan ke dalam tabung *sentrifuse*.

Setelah didapatkan hasil saringan tanah dalam tabung *sentrifuse*, langkah selanjutnya adalah tabung tersebut di *sentrifuse* dengan teknik sentrifugasi dari Brundet *et al.* (1996). Teknik sentrifugasi Brundet *et al.* dalam Sari (2008) yaitu, hasil saringan tanah dalam tabung *sentrifuse* ditambahkan glukosa 60% sampai 2/3 isi tabung. Tabung *sentrifuse* ditutup rapat dan di *sentrifuse* dengan kecepatan 2500 rpm selama 5 menit.

Selanjutnya cairan yang bening diambil dan dituangkan kedalam saringan yang berukuran 45 µm, lalu dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan gulanya. Setelah dicuci, spora yang ada dipindahkan ke dalam cawan petri dan dihitung jumlahnya, untuk identifikasi menggunakan metode Schenk dan Perez (1990), spora dilakukan melalui pengamatan morfologi spora dan preparat slide spora yang diwarnai dengan pewarnaan *melzer's* reagent setelah dapat dilihat dibawah mikroskop kemudian diidentifikasi genusnya.

Penangkaran (*trapping*) spora FMA. Ada kemungkinan spora yang tidak teramati apabila pengamatan dilakukan dari contoh tanah secara

langsung, hal ini karena mikoriza masih dalam bentuk miselia dan belum menghasilkan spora. Trapping atau penangkaran spora dilakukan untuk mengembangbiakan spora dari contoh tanah yang telah diambil, sehingga dapat diketahui keseluruhan jenis spora. Teknik trapping yang digunakan mengikuti metode Brundrett *et al.* (1996) dengan metode kultur pot terbuka yang dimodifikasi yaitu dengan menggunakan tanaman inang *Pueraria javanica* dan media yang digunakan untuk trapping adalah batuan zeolit.

• **Penyiapan media**

Pada penelitian ini digunakan media zeolit. Media trapping dibuat dengan cara pot ukuran 200 cc diisi dengan zeolit hingga setengah volume pot, kemudian diisi dengan contoh tanah sebanyak 50 gram, dan terakhir ditutup kembali dengan zeolit, sehingga media akan tersusun atas zeolit - contoh tanah - zeolite (Delvian, 2006).

• **Pemilihan tanaman inang**

Tanaman inang yang dapat dipakai adalah tanaman yang terbukti cocok dengan jenis-jenis FMA dan media. Beberapa jenis yang dapat dipakai adalah sorgum, tegetes, ceplukan, pueraria, dan rumput sudan grass (Setiadi dan Hariangbanga, 2009).

Tanaman inang yang digunakan untuk penelitian ini adalah *Pueraria javanica*.

• **Pemeliharaan**

Pemeliharaan yang dilakukan adalah penyiraman setiap dua kali sehari di pagi dan sore hari. Selain itu juga dilakukan pemupukkan setiap dua kali dalam seminggu menggunakan pupuk *Hyponex-red* (dosis 1 gram dilarutkan dalam 1 liter air) sebanyak 20 ml per pot (Delvian 2006).

• **Pengeringan dan Pemanenan Hasil Trapping.**

Menurut Invam (2010), kultur paling tidak berumur empat bulan untuk dapat dipanen. Pada saat kultur berumur 3,5 bulan, penyiraman dan pemupukkan dihentikan dan tanaman dibiarkan mengering perlahan. Setelah kultur berumur 4 bulan dilakukan pemanenan dengan cara memotong batang tanaman inang. Hasil dari trapping berupa inokulum spora yang akan diproses lebih lanjut yaitu ekstraksi dan identifikasi spora.

• **Ekstraksi dan identifikasi spora dari hasil penangkaran (*trapping*).**

Ekstraksi dan identifikasi spora menggunakan teknik yang sama dengan ekstraksi dan identifikasi spora langsung dari contoh tanah, namun pada spora hasil trapping tidak perlu digunakan teknik sentrifugasi.

Perhitungan spora. Perhitungan spora dilakukan untuk mengetahui kepadatan spora. Kepadatan spora adalah banyaknya spora tiap contoh tanah yang dianalisis. Kepadatan spora dihitung dengan dengan rumus :

Kepadatan spora = jumlah spora / jumlah tanah yang dianalisis

Sehingga untuk menghitung kepadatan spora pada analisis contoh tanah sebanyak 50 gram adalah :

$$\text{Kepadatan spora} = \text{jumlah spora} / 50 \text{ gram}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil. Hasil pengukuran status infeksi, miselia dan spora, asosiasi genus FMA dari beberapa jenis tanaman yang diamati (Tabel 1-2).

Tabel 1. Status infeksi, miselia dan spora FMA

No	Jenis tanaman	Nama latin	Infeksi	Miselial	Spora
1	Belulang	<i>Stemonurus celebicus</i>	+++	++	+
2	Betao	<i>Calophyllum</i> sp.	++	+	+
3	Bitti	<i>Vitex coffasus</i>	++	++	+
4	Buri	<i>Weinmannia blumei</i>	++	+	+
5	Dengen	<i>Dillenia cerrata</i>	+++	+++	+
6	Ekaliptus	<i>Eucalyptus urograndis</i>	++	++	+
7	Ficus	<i>Ficus</i> sp.	+++	+	+
8	Jambu-jambu	<i>Syzygium</i> sp.	++	+	+
9	Jati	<i>Tectona grandis</i>	+++	+++	++
10	Johar	<i>Cassia siamea</i>	++	++	++
11	Kayu angina	<i>Casuarina equisetifolia</i>	+++	++	++
12	Kayu tanduk	<i>Alstonia spectabilis</i>	+++	+++	++
13	Kolaka	<i>Maranthes corymbosa</i>	++	+	+
14	Krei payung	<i>Filicium decipiens</i>	+	+	+
15	Malotus	<i>Malotus</i> sp.	++	++	++
16	Nyatoh	<i>Palaquium obovatum</i>	+	+	+
17	Saga	<i>Adenantha pavonina</i>	++	+	+++
18	Sengon albizia	<i>Paraserianthes falcataria</i>	+++	++	++
19	Sengon buto	<i>Enterolobium macrocarpum</i>	+++	+++	+++
20	Uru	<i>Elmerillia tsiampacca</i>	+	+	+

Ket:
 + : Sedikit
 ++ : Sedang
 +++ : Banyak

Tabel 2. Asosiasi genus FMA

No	Jenis tanaman	Nama latin	Genus Spora
1	Belulang	<i>Stemonurus celebicus</i>	Glomus
2	Betao	<i>Calophyllum</i> sp.	Glomus
3	Bitti	<i>Vitex coffasus</i>	Glomus, Acaulospora
4	Buri	<i>Weimannia blumei</i>	Glomus
5	Dengen	<i>Dillenia cerrata</i>	Glomus, Acaulospora
6	Ekaliptus	<i>Eucalyptus urograndis</i>	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
7	Ficus	<i>Ficus</i> sp.	Glomus, Gigaspora
8	Jambu-jambu	<i>Syzygium</i> sp.	Glomus
9	Jati	<i>Tectona grandis</i>	Glomus
10	Johar	<i>Cassia siamea</i>	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
11	Kayu angin	<i>Casuarina equisetifolia</i>	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
12	Kayu tanduk	<i>Alstonia spectabilis</i>	Glomus, Gigaspora
13	Kolaka	<i>Maranthes corymbosa</i>	Glomus
14	Krei payung	<i>Filicium decipiens</i>	Glomus
15	Malotus	<i>Malotus</i> sp.	Glomus, Acaulospora
16	Nyatoh	<i>Palaquium obovatum</i>	Glomus
17	Saga	<i>Adenanthera pavonina</i>	Glomus
18	Sengon albizia	<i>Paraserianthes falcataria</i>	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
19	Sengon buto	<i>Enterolobium macrocarpum</i>	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
20	Uru	<i>Elmerillia tsiampacca</i>	Glomus, Acaulospora

Hasil Pengukuran rata-rata kepadatan dan genus spora (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata kepadatan dan genus spora tiap blok

BLOK	Rata-rata kepadatan spora / 50 g	Genus spora
Fiona	253	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
Petea	234	Glomus, Acaulospora
Manggali	209	Glomus, Acaulospora
Konde	122	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
Deby	55	Glomus, Acaulospora, Gigaspora
Nursery	46	Glomus, Acaulospora

Hasil pengukuran analisis tanah (Tabel 4).

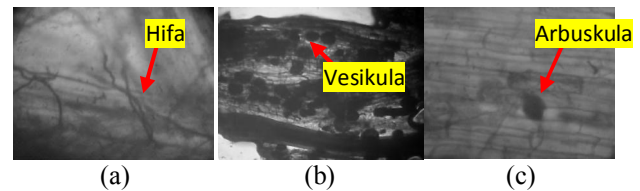
Tabel 4. Analisis tanah

Lokasi	Ph (1:1)	N	P	K	Al	Jenis
Deby	6,5	0,18	4,3	70	Tr	lempung berdebu
Fiona	6,6	0,17	4,6	38,75	Tr	lempung berdebu
Konde	6,7	0,19	4,1	30	Tr	lempung berdebu
Manggali	6,5	0,2	3,9	52,5	Tr	lempung berdebu
Nursery	6,7	0,52	18,6	154,3	Tr	lempung berpasir
Petea	6,6	0,12	9,4	56,25	Tr	lempung berdebu

Pembahasan

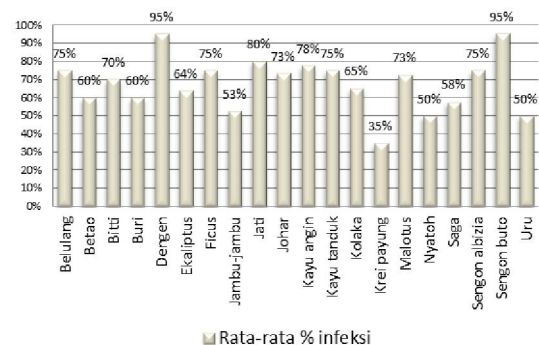
Infeksi FMA. Terjadinya asosiasi antara fungi mikoriza arbuskula (FMA) dapat diketahui dengan ada tidaknya infeksi yang terjadi. Infeksi FMA dapat diketahui dengan adanya struktur-struktur yang dihasilkan oleh FMA antara lain, yaitu : hifa, miselia, vesikula, arbuskula, maupun spora. Hifa adalah salah satu struktur dari FMA berbentuk seperti benang-benang halus yang berfungsi sebagai penyerap unsur hara dari luar. Miselia merupakan kumpulan dari hifa. Arbuskula adalah unit kolonisasi yang telah mencapai sel korteks yang lebih dalam letaknya dan menembus dinding sel serta membentuk sistem percabangan hifa yang kompleks, tampak seperti pohon kecil yang mempunyai cabang-cabang (Gunawan 1993), struktur ini berperan sebagai tempat pertukaran unsur hara dan karbon (Hudson 1989). Hudson (1989) menjelaskan bahwa vesikula adalah struktur menggelembung yang dibentuk pada hifa-hifa utama, berfungsi sebagai organ penyimpan. Struktur ini juga berfungsi sebagai spora istirahat (Setiadi 1989). Dengan adanya satu atau lebih struktur FMA tersebut, maka dapat dikatakan terjadi infeksi oleh FMA.

Dari hasil pengamatan, beberapa struktur yang ditemukan dalam contoh akar antara lain, yaitu : hifa, miselia, vesikula dan arbuskula. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini :



Gambar 1. Hifa (a), Vesikula (b), Arbuskula (c).

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa 100% tanaman atau seluruh tanaman telah terinfeksi oleh FMA. Hal ini menunjukkan bahwa asosiasi antara FMA dengan akar tanaman berkembang sangat baik. Namun persentase infeksi tiap tanaman berbeda satu dengan yang lain. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada diagram berikut.



Gambar 2. Diagram % infeksi pada tiap tanaman

Pada tiap-tiap tanaman memiliki persentase infeksi yang berbeda-beda, hal ini kemungkinan disebabkan oleh perbedaan beberapa faktor yang mempengaruhi infeksi mikoriza terhadap tanaman, antara lain yaitu :

kebergantungan tanaman terhadap mikoriza, efektifitas isolat, maupun kondisi nutrisi terutama unsur P (Setiadi 1995).

Secara umum infeksi yang terjadi cukup baik, dimana terdapat 8 jenis tanaman yang terinfeksi $\geq 75\%$, 11 jenis tanaman dengan infeksi 51-74% , dan hanya 3 tanaman yang terinfeksi $\leq 50\%$. Jenis-jenis tanaman dapat dilihat di gambar 2. Diagram % infeksi pada tiap tanaman.

Dari diagram diatas, persentase infeksi tertinggi terdapat pada jenis Sengon buto (*Enterolobium macrocarpum*) dan juga Dengen (*Dillenia serrata*) dengan persentase infeksi mencapai 95%. Sengon buto merupakan jenis eksotik yang digunakan untuk revegetasi, jenis ini termasuk pohon cepat tumbuh. Sedangkan Dengen merupakan jenis lokal yang digunakan untuk program revegetasi.

Walaupun hasil dari pengamatan menunjukkan bahwa 100% tanaman terinfeksi mikoriza, akan tetapi tidak semua jenis tanaman selalu memberikan respon positif terhadap aplikasi FMA. Hal ini selain ditentukan oleh tingkat efektifitas isolat dan juga status nutrisi substrat yang dipakai, juga sangat ditentukan oleh ketergantungan tanaman tersebut terhadap mikoriza (Setiadi 1995).

Genus spora yang ditemukan. Dalam penelitian ini status FMA dibatasi hingga tingkat genus. Dari hasil pengamatan, diperoleh tiga genus dari tujuh genus FMA yang ada. Genus yang ditemukan dari yang terbanyak antara lain, yaitu: *Glomus*, *Acaulospora*, dan *Gigaspora*. Ketiga genus tersebut telah teruji efektif dan mampu berkembang dengan baik pada areal revegetasi.

Glomus adalah genus mikoriza dari family glomaceae. *Glomus* adalah genus yang memiliki keberagaman jenis tertinggi dari yang lain, beberapa ciri khas dari genus ini yaitu spora terbentuk secara tunggal ataupun berpasangan dua pada terminal hifa non-gametangium yang tidak berdiferensiasi dalam sporocarp, pada saat dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat, spora berbentuk globos sub-globos, ovoid ataupun obovoid dengan dinding spora terdiri dari lebih dari satu lapis, berwarna hyaline sampai kuning, merah kecoklatan, coklat, dan hitam, berukuran antara 20 – 400 μm (Sen dan Hepper, 1986; Invam, 2010).

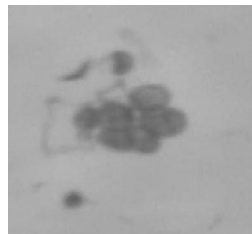
Dalam satu genus mikoriza terdapat banyak jenis atau spesies. Dari pengamatan diperoleh beberapa jenis *glomus* dengan karakteristik yang berbeda (jenis/spesies yang berbeda). Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



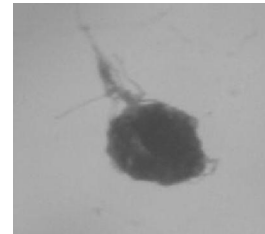
Gambar 3. *Glomus* sp.1



Gambar 4. *Glomus* sp.2



Gambar 5. *Glomus* sp.3



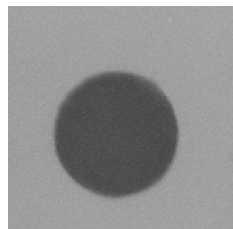
Gambar 6. *Glomus* sp.4



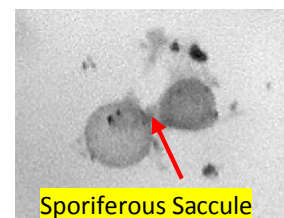
Gambar 7. *Glomus* sp. pada larutan melzer's reagent

Acaulospora adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family Acaulosporaceae. Genus ini memiliki beberapa ciri khas antara lain yaitu memiliki 2-3 dinding spora, spora terbentuk di sisi samping leher *Sporiferous Saccule*, berbentuk globos hingga elips, berwarna hyaline, kuning, ataupun merah kekuningan, berukuran antara 100-400 μm (Invam, 2010).

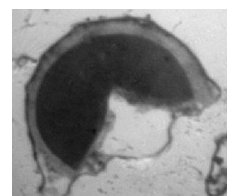
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 8. *Acaulospora* sp.



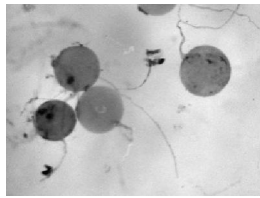
Gambar 9. *Sporiferous Saccule*



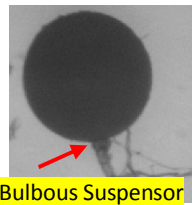
Gambar 11. *Acaulospora* sp. pada larutan melzer's reagent

Gigaspora adalah genus mikoriza yang termasuk dalam family Gigasporaceae. Genus ini memiliki ciri khas, antara lain yaitu spora dihasilkan secara tunggal didalam tanah, tidak memiliki lapisan dinding spora dalam, terdapat *Bulbous Suspensor*, berbentuk globos atau sub-globos, berwarna krem hingga kuning, berukuran 125-600 μm (Wilson *et al.*, 1983; Invam, 2010)

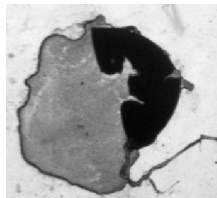
Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada gambar berikut ini.



Gambar 12. *Gigaspora* sp.



Gambar 13. *Bulbous Suspensor*



Gambar 14. *Gigaspora* sp. pada larutan melzer's reagent

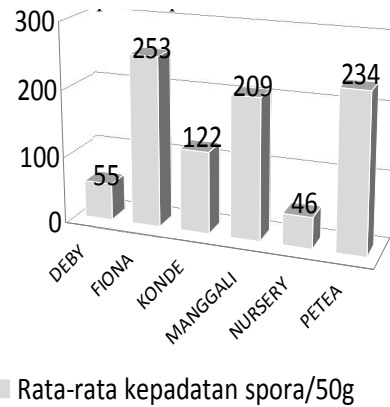
Perkembangan FMA pada areal rehabilitasi. Dari beberapa penelitian diketahui bahwa simbiosis FMA dipengaruhi oleh level P, sumber P, pH, efektifitas isolat FMA dan kebergantungan tanaman inang terhadap mikoriza (Setiadi, 1995).

Dari hasil analisis tanah diketahui bahwa kondisi lahan memiliki pH berkisar antara 6,5-6,7 dan kandungan logam Al tidak teramati atau sangat kecil, dan kandungan P rendah hingga sedang, serta tekstur tanah berupa lempung berdebu.

Sifat kimia relatif normal, dimana tanah tersebut memiliki pH netral dan tidak mengalami keracunan logam Al (kandungan Al sangat kecil). Kondisi ini sangat berbeda dari kondisi lahan pasca penambangan nikel, dimana lahan biasanya memiliki tanah yang masam (pH rendah), keracunan logam Al dan Fe, rendahnya aktivitas mikroba dan juga mengalami stress air sehingga lahan menjadi marginal (Setiadi 1995). Hal ini kemungkinan dikarenakan pada areal rehabilitasi telah dilakukan penimbunan top soil pada saat proses penataan lahan. Sehingga kondisi lahan menjadi lebih mendukung untuk proses revegetasi.

Namun demikian pada lahan rehabilitasi tersebut memiliki kandungan P yang sangat rendah, dimana $P < 10$ ppm (Hardjowigeno 1995). Faktor pembatas dari areal ini adalah rendahnya unsur P yang penting bagi tanaman. Unsur P merupakan unsur hara makro bagi tumbuhan. Dimana P berperan dalam proses fotosintesis, metabolisme karbohidrat, dan transfer energi dalam tubuh tanaman (Ernita 2004).

Beberapa FMA dapat berkembang baik pada lahan tersebut, dimana pH optimum untuk perkembangan FMA adalah berkisar antara 5,6-7 untuk *Glomus* sp; 4-6 untuk *Gigaspora* sp. dan 4-5 untuk *Acaulospora* sp. (Setiadi 1992; Gunawan, 1993; Hepper, 1984 dalam Tuheteru 2003).



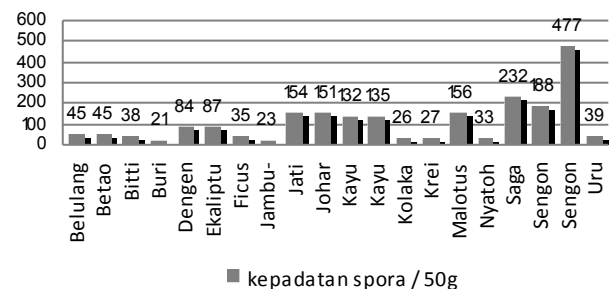
Gambar 15. Diagram rata-rata kepadatan spora tiap blok

Dari diagram diatas dapat dilihat bahwa perkembangan spora cukup baik, dimana dapat dilihat dari rata-rata kepadatan spora/50 g. Untuk areal rehabilitasi perkembangan paling baik terdapat di Fiona, kemudian Petea, Manggali, Konde dan terakhir Deby. Untuk dilapangan, diketahui bahwa spora berkembang cukup baik, hal ini dikarenakan pada areal tersebut mengalami defisiensi P. Menurut Hepper (1983) dalam Tuheteru (2003) bahwa perkecambah *Glomus* sp. Akan berkurang dengan meningkatnya konsentrasi P, sehingga makin kecil konsentrasi P maka FMA akan berkembang lebih baik.

Untuk di Nursery, perkembangan FMA relatif lebih sedikit, hal ini dikarenakan tanaman di Nursery mendapatkan hara yang cukup terutama P yang berasal dari pemupukkan sebagai langkah perawatan bibit. Dengan adanya pemupukkan kandungan P meningkat, sehingga perkembangan FMA berkurang, hal ini sesuai dengan Delvian (2006) perkembangan mikoriza akan terhambat dengan adanya pemupukkan P.

Apabila ditinjau dari sifat fisik tanahnya, dari hasil analisis tanah diketahui bahwa tanah tersebut bertekstur lempung. Tanah lempung memiliki aerasi yang buruk terutama saat terjadi hujan, hal ini akan menyebabkan tanah kekurangan oksigen. Menurut Setiadi (1992) penurunan konsentrasi oksigen dapat menghambat perkecambahan spora FMA dan kolonisasi akar. Oleh karena itu perkembangan FMA akan menurun.

Dari beberapa jenis tanaman yang diamati, diketahui bahwa kepadatan spora tiap jenis tanaman berbeda-beda. Hasil pengamatan dapat dilihat pada diagram dibawah ini.



Gambar 16. Diagram kepadatan spora pada tiap jenis tanaman (/50 gram)

Kepadatan spora tertinggi terdapat pada Sengon buto (*Enterolobium macrocarpum*) dengan kepadatan mencapai 477 spora/50 g tanah kemudian Saga (*Adenanthera pavonina*) dengan kepadatan spora sebesar 232 spora/50g. Kemudian diikuti oleh Sengon Albizia, Malotus, Jati, Johar, Kayu tanduk, Kayu angin, Ekaliptus, Dengen, Belulang, Betao, Uru, Bitti, Ficus, Nyatoh, Krei payung, Kolaka, Jambu-jambu dan paling sedikit adalah Buri.

Dari hasil penelitian ini, dapat dilihat bahwa persentase infeksi tidak berbanding lurus dengan kepadatan spora, dimana tingginya persentase infeksi tidak selalu memperbesar kepadatan spora. Hal ini sesuai dengan Tuheteru (2003) bahwa antara infeksi akar dan jumlah spora yang dihasilkan tidak memiliki korelasi yang erat, sehingga spora yang banyak belum tentu persentase infeksi akar akan tinggi pula.

Potensi FMA dalam revegetasi lahan pasca penambangan nikel. Telah banyak penelitian mengenai potensi dari FMA baik dalam pertanian maupun kehutanan. Dimana kebanyakan hasil penelitian menunjukkan hasil yang membuktikan bahwa FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, meningkatkan penyerapan hara, pelindung hayati (*Bio-protector*), memperbaiki siklus biogeokimia, meningkatkan resistensi terhadap kekeringan dan keracunan logam berat, serta memperbaiki struktur tanah (Setiadi 2001)

Masalah yang terjadi dalam program revegetasi antara lain adalah tanaman yang ditanam banyak yang mengalami kematian, apabila tanaman tersebut mampu hidup, biasanya pertumbuhannya buruk (Setiadi, 1995). Untuk itu FMA sangat diperlukan untuk meningkatkan keberhasilan program revegetasi.

Secara ekologis, FMA adalah pupuk hayati yang ramah lingkungan dan tidak menyebabkan pencemaran lingkungan seperti pupuk kimia. Selain itu secara ekonomis, aplikasi FMA sangat efektif dan efisien, dimana FMA mampu mengefisienkan penggunaan pupuk dengan hifa eksternalnya yang bisa mengirimkannya hingga 80% P, 25% N, 10% K, 25% Zn, dan 60 % Cu (marschner dan dell, 1994, dalam Setiadi, 1995) ditambahkan oleh Santoso *et al.* (2006) penggunaan mikoriza mengefisienkan penggunaan pupuk kimia hingga lebih dari 50% di tingkat persemaian. Menurut Ambodo (2004) Aplikasi mikoriza pada penanaman di lapangan mampu menurunkan pemakaian pupuk hingga 40%, dan meningkatkan pertumbuhan tanaman hingga 466% dibandingkan dengan pemakaian pupuk konvensional.

Selain itu FMA merupakan pupuk yang hanya cukup sekali digunakan (*once application*), karena FMA merupakan makhluk hidup yang dapat terus tumbuh dan berkembang.

Evaluasi status FMA. Dilaporkan oleh Setiadi (1995) bahwa tiga genus yang di uji coba memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan *Acacia mangium*, *Paraserianthes falcataria*, dan *Trichospermum burretii* di persemaian, dimana genus yang digunakan merupakan genus eksotik yaitu *Glomus* sp. (INVAM-FL216) dan *Gigaspora* sp. (INVAM-FL105), serta

genus indigenous yaitu *Acaulospora* sp. (INCO-1 dan INCO-2).

Dari hasil pengamatan diketahui bahwa genus *Glomus* sp; *Gigaspora* sp; dan *Acaulospora* sp. dapat berkembang cukup baik di lapangan. Genus *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. ditemukan berkembang baik di semua blok, sedangkan *Gigaspora* sp. hanya ditemukan di tiga blok saja yaitu blok deby, fiona dan konde.

Genus-genus indigenous mampu beradaptasi dan berkembang baik pada daerah asalnya, hal ini dibuktikan dengan genus *Acaulospora* sp. yang ditemukan disetiap blok. Namun tidak menutup kemungkinan bahwa genus-genus eksotik mampu berkembang baik, bahkan lebih baik daripada genus-genus indigenous, seperti *Glomus* sp. yang dapat berkembang sangat baik di semua areal rehabilitasi pasca penambangan dan persemaian PT INCO Tbk.

KESIMPULAN

Dari penelitian ini dapat disimpulkan bahwa terdapat tiga genus FMA yang mendominasi areal rehabilitasi pasca penambangan nikel di PT INCO Tbk, yaitu : *Glomus* sp; *Acaulospora* sp; dan *Gigaspora* sp. Genus-genus tersebut terbukti berkembang baik pada areal rehabilitasi dan sangat potensial dikembangkan sebagai inokulum untuk kegiatan rehabilitasi lahan pasca penambangan nikel.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad, Wilerso S, Mansur I, dan Setiadi Y.1992. Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan. Bogor. Centre for International Forestry Research.
- Brundrett M, Neale B, Bernei D, Tim G dan Nick M. 1996. Working With Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agriculture Research (ACIAR). Canberra: Australia.
- Ernita. 2004. Pemanfaatan Mikroba Pelarut Fosfat dan Mikoriza sebagai Alternatif Pengganti Pupuk Fosfat Pada Tanah Ultisol Kabupaten Langkat Sumatera Utara. Jurnal Penelitian Bidang Pertanian Vol 2 No 3. Desember 2004: 45-55. UMN Al-Washllyah Medan.
- Gerdemann JW. 1968. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza and Plant Growth. Annu. Rev. Phytopath. 6: 397-418.
- Invam. 2010. Classification of Glomeromycota [terhubung berkala]. <http://invam.caf.wvu.edu/> [18 Oktober 2010].
- Sari LM. 2008. Keberadaan Mikoriza pada areal Sistem Silvikultur Tebang Pilih Tanam Indonesia Intensif (Studi kasus di Areal IUPHHK PT Bumi Kusuma Unit Sungai Seruyan Kalimantan Tengah [Skripsi]. Bogor: Program Sarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Schenk NC, Perez Y. 1990. Manual for Identification of VA Mycorrhizal Fungi. Florida. University of Florida.

- Setiadi Y. 1989. Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Kehutanan. PAU-IPB. Bogor.
- Setiadi Y. 1992. Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB. Bogor
- Setiadi Y. 1993. Mycorrhiza for reforestation. Makalah presentasi di Biodiversity-Biotechnology Inovation Symposium. British Council. Jakarta, 3 Mei 1993.
- Setiadi Y. 1995. The Practical Application of Arbuscular Mycorrhizae Fungi for Reforestation in Indonesia [Thesis]. Kent: Research School of Biosciences, University of Kent.
- Setiadi Y dan Hariangbanga G. 2007. Revegetation Techniques for Rehabilitating Degraded Land After Post Mining and Oil/Gas Operation. [tidak dipublikasikan]
- Sieverding E. 1991. Vesicular Arbuscular Mycorrhizal Management in Tropical Agrosystems (GTZ). Federal Republic of Germany.
- Sondergaard M, Laegaard S. 1977. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza in Some Aquatic Vascular Plants. *Nature* 268: 232-233.
- Tuheteru FD. 2003. Aplikasi Asam Humat Terhadap Sporulasi CMA Dari Bawah Tegakan Alami Sengon [Skripsi]. Bogor: Program Sarjana, Institut Pertanian Bogor.