**APLIKASI ENDOMIKORIZA, PUPUK KOMPOS, DAN ASAM HUMAT DALAM
MENINGKATKAN PERTUMBUHAN *Khaya anthoteca* Dx. PADA LAHAN
PASCA PENAMBANGAN BATU GAMPING DI CILEUNGSI-BOGOR**
(*Aplication of Endomycorrhiza, Compos, and Humic Acid to Growth Improvement of
Khaya anthoteca Dx. at Post-Limestone Mining Land, Cileungsi-Bogor*)

Oleh/By:

Darwo; Yadi Setiadi; dan/and Erdy Santoso

ABSTRACT

Reclamation activities at post-limestone mining land used for cement raw material have not showed good result, because they have not yet given attention on characteristics of post mining, revegetation technique and land microbe usage. The aim of this research was to evaluate growth response of *Khaya anthoteca* Dx. which was inoculated by *Glomus aggregatum* Schenk & Smith fungi on utilization of compos, humic acid, and degree of infection of endomycorrhizal fungi at the host plant root. Research design of the study used factorial under Completely Randomized Design technique. The results showed that nutrition contents (P, K, and Mg), Cation Exchange Capacity (CEC) and base saturation fit with the plant growth requirement, but there were limited factors covering alkaline land (high pH), CEC of Ca, high salinity, low C-organic and nitrogen. By giving 2 kg compos and/or 500 ml of humic acid 1,500 ppm, this did not enough for the nutrient content requirement (low C-organic and nitrogen) and the plants indicated a nitrogen deficit. The best growth occurred, if the seedlings were inoculated by *Glomus aggregatum* Schenk & Smith fungi which were planted at the given 500 ml of humic acid 1,500 ppm area. Humic acid has an important role in increasing growth of plant, survival, and root infection percentage. Introduction of the fungi was positively correlated with humic acid and it was a synergistic effect to the growth of *Khaya anthoteca* Dx.

Key words: Reclamation, limestone, endomycorrhiza, compos, humic acid

ABSTRAK

Aktifitas reklamasi pada lahan pasca penambangan batu gamping seperti di PT. Semen Cibinong, Cileungsi, Kabupaten Bogor sebagai bahan baku semen menunjukkan hasil yang tidak baik, hal ini dikarenakan kurang memperhatikan karakteristik bekas penambangan, teknik revegetasi, dan penggunaan mikroorganisme tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang respon pertumbuhan *Khaya anthoteca* Dx. yang diinokulasi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith terhadap pemberian pupuk kompos dan asam humat pada lahan bekas penambangan batu gamping serta tingkat infeksi cendawan endomikoriza pada tanaman tersebut. Rancangan penelitian menggunakan faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap. Hasilnya menunjukkan bahwa kandungan unsur hara (P, K, dan Mg), kapasitas tukar kation, dan kejenuhan basa ada dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman, tetapi yang menjadi faktor pembatas adalah reaksi tanah agak alkalis dengan nilai tukar kation Ca sangat tinggi dan kadar salinitas tinggi serta kandungan C-organik dan nitrogen sangat rendah. Dengan pemberian pupuk kompos 2 kg dan atau 500 ml asam humat 1.500 ppm belum cukup memenuhi kebutuhan hara tanaman (kadar C-organik dan nitrogen masih termasuk rendah) dan ditunjukkan tanaman kekurangan nitrogen. Pertumbuhan tanaman yang terbaik, jika bibit telah diinokulasi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith yang ditanam pada lahan yang diberi 500 ml asam humat 1.500 ppm. Asam humat mampu meningkatkan pertumbuhan, daya hidup, dan persen infeksi akar bermikoriza yang lebih baik. Introduksi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith berkorelasi positif dengan asam humat dan keberadaan cendawan endomikoriza dan asam humat bersifat sinergis terhadap pertumbuhan *Khaya anthoteca* Dx.

Kata kunci : Reklamasi, batu gamping, endomikoriza, kompos, asam humat

I. PENDAHULUAN

Kegiatan penambangan batu gamping untuk bahan baku semen oleh PT. Semen Cibinong Tbk di Kecamatan Cileungsi, Kabupaten Bogor dilakukan secara terbuka. Dalam kegiatan tersebut pembukaan dan pengupasan lapisan tanah tidak terhindarkan. Pengupasan lapisan atas tanah sangat peka terhadap gangguan lingkungan, karena eksistensi makhluk hidup terletak pada horison *topsoil*, A, dan B. Dampak negatifnya berupa kerusakan vegetasi penutup, rusaknya sistem tata air, peningkatan laju erosi, penurunan produktifitas dan stabilitas lahan serta penurunan biodiversitas flora dan fauna tanah. Kalau kegiatannya dilakukan secara terus-menerus dalam jangka panjang, dapat menyebabkan penurunan kesuburan tanah.

Permasalahan yang terjadi pada lahan pasca penambangan batu gamping yaitu reaksi tanah bersifat basa yang disebabkan kandungan kalsium yang sangat tinggi (pH tanah > 7), rendahnya C-organik ($< 2\%$) dan nitrogen ($< 0,2\%$), tanah bertekstur liat yang dapat mengganggu aktivitas mikroorganisme tanah serta aerasi dan drainase tanah yang jelek (Subowo *et al.*, 1996). Untuk mengatasinya perlu suatu teknologi alternatif berupa pemilihan jenis tanaman adaptif, pemanfaatan mikroorganisme yang dapat mendukung pertumbuhan tanaman, dan perbaikan kualitas tempat tumbuh melalui aplikasi pupuk kompos dan asam humat (*humic acid*). Suatu tanaman adaptif apabila tanaman tersebut mampu tumbuh dan berkembang dengan baik serta dapat beradaptasi dengan lingkungan setempat. Peranan pupuk kompos yaitu dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Novizan, 2002). Sedangkan asam humat dapat meningkatkan keanekaragaman dan mendukung kehidupan mikroorganisme tanah lokal serta dapat mempercepat pelepasan unsur-unsur hara terikat (*Organic Technologies*, 1996).

Cendawan mikoriza merupakan suatu mikroorganisme yang dapat bersimbiosis mutualisme dengan tanaman yang berperan dalam peningkatan penyerapan unsur-unsur hara terutama fosfor, memperbaiki agregat tanah dan menekan pertumbuhan mikroba patogen tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman (Sieverding, 1991).

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan informasi tentang respon pertumbuhan *Khaya anthoteca* Dx. yang diinokulasi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith terhadap pemberian pupuk kompos dan asam humat pada lahan bekas penambangan batu gamping serta tingkat infeksi cendawan endomikoriza pada tanaman tersebut.

II. METODE PENELITIAN

A. Tempat dan Waktu

Penelitian dilakukan di Laboratorium Silvikultur SEAMEO BIOTROP Bogor, Laboratorium Mikrobiologi Tanah Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan dan Konservasi Alam Bogor, dan PT Semen Cibinong Tbk. Waktu yang dibutuhkan dalam penelitian ini yaitu enam bulan di lapangan dan satu bulan di laboratorium.

B. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah larutan asam humat, pupuk NPK (15, 15, 15), kompos, bibit *K. anthoteca* yang diinokulasi cendawan *G. aggregatum* (OG-105), bahan-bahan untuk analisis histologi akar bermikoriza (berupa air, formalin, asam asetat, alkohol 50 %, KOH 10 %, HCL 2 %, *glycerin* 50 %, sukrosa 60 % dan asam fuhsin), label, media tanah, dan akar tanaman.

Peralatan yang digunakan adalah botol vial, *scalpell*, gunting kecil, alat tulis, cawan petri, saringan, gelas ukur, labu erlenmeyer, *stop watch*, pisau, skop,

mikroskop binokuler, kaliper, meteran, timbangan analitik, mistar, oven, pipet tetes, alat injeksi, pinset, kaca preparat, dan kamera.

C. Prosedur Penelitian

Dalam pelaksanaan penelitian meliputi kegiatan:

1. Pembuatan lubang tanam ukuran 30 cm x 30 cm x 30 cm dengan jarak tanam 2 m x 3 m.
2. Penyiapan bibit *K. anotheca* (umur 4 bulan) yang diinokulasi cendawan *G. aggregatum* dan 60 bibit tidak diinokulasi.
3. Perbaikan kualitas tempat tumbuh berupa pemupukan NPK 50 gram tiap lubang untuk semua perlakuan sebagai pupuk dasar. Pemberian pupuk kompos dua kg tiap lubang dan atau 500 ml asam humat 1.500 ppm tiap lubang pada masing-masing perlakuan.

D. Rancangan Penelitian

Rancangan penelitian menggunakan faktorial dalam Rancangan Acak Lengkap ($2 \times 2 \times 2$) yang terdiri dari faktor endomikoriza 2 taraf, faktor pupuk kompos 2 taraf, dan faktor asam humat 2 taraf dengan ulangan 9. Masing-masing faktor sebagai berikut:

- a. Faktor endomikoriza 2 taraf:
 - 1) M1 = bibit tidak bermikoriza
 - 2) M2 = bibit diinokulasi cendawan *G. aggregatum*
- b. Faktor pupuk kompos 2 taraf:
 - 1) B1 = tanpa pupuk kompos
 - 2) B2 = pupuk kompos 2 kg
- c. Faktor asam humat 2 taraf:
 - 1) A1 = tanpa asam humat
 - 2) A2 = 500 ml asam humat 1.500 ppm

E. Pengamatan dan Pengambilan Data

Untuk melihat pengaruh perlakuan yang diberikan, maka diamati variabel pertumbuhan diameter dan tinggi

tanaman, persen hidup dan persen infeksi akar bermikoriza dengan penentuan sebagai berikut:

1. Pengukuran diameter dan tinggi tanaman dilakukan setiap bulan selama enam bulan.
2. Persen hidup tanaman (PHT) dilakukan pada akhir pengamatan dengan perhitungan sebagai berikut:

$$PHT = \frac{\text{Jumlah tanaman yang hidup}}{\text{Jumlah tanaman dalam plot}} \times 100 \%$$

3. Persen infeksi akar bermikoriza dilakukan pada bibit sebelum ditanam dan setelah akhir pengamatan. Untuk melihat tanda-tanda anatomis yang mencirikan ada atau tidaknya akar terinfeksi, maka akar tersebut diwarnai (*staining*) dan dilihat di bawah mikroskop menurut prosedur (Brundrett *et al.*, 1996):

Persentase akar yang terinfeksi dihitung dengan rumus:

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

4. Masing-masing kombinasi perlakuan dianalisis karakteristik sifat tanahnya yaitu pH tanah, sifat kimia, dan tekstur tanah.

F. Analisis Data

Data dianalisis secara statistik dengan menggunakan Uji-F dan pengujian lanjutan menggunakan Uji Perbandingan Berganda Duncan dengan taraf kepercayaan 95 % dan 99 % (Mattjik dan Sumertajaya, 2000).

III. KEADAAN UMUM LOKASI PENELITIAN

Iklim di daerah penelitian termasuk tipe iklim A dengan curah hujan rata-rata 3.315 mm/tahun. Musim hujan terjadi antara Oktober sampai April dengan curah hujan terbesar terjadi pada bulan Desember sampai Februari, sedangkan

musim kemarau umumnya terjadi antara Mei sampai September.

Tanah di daerah penelitian termasuk jenis tanah litosol yang bertekstur halus dengan bahan induk berasal dari batu gamping. Berdasarkan hasil penelitian Harloft (1937), Geoi (1963), dan Effendi (1973) dalam PT. Semen Cibinong (1993) secara regional daerah penelitian disusun oleh batuan-batuan berumur Miosin Tengah hingga Resen yang terdiri dari batuan sedimen dan endapan vulkanik muda.

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN

Kegiatan penelitian yang dilakukan di lahan bekas penambangan batu gamping ini dalam rangka upaya awal rehabilitasi lahan bekas penambangan guna mewujudkan pemulihan lahan tersebut untuk memperbaiki lahan yang terganggu ekologiannya. Tingkat keberhasilan reklamasi lahan bekas tambang tersebut tergantung dari kondisi tanah, tingkat adaptabilitas tanaman, pertumbuhan tanaman, dan keberadaan mikroorganisme tanah yang mampu bersimbiosis secara mutualisme dengan tanaman.

A. Karakteristik Tanah

Penilaian status kesuburan tanah dengan didasarkan kriteria TOR (*Term of Reference*) Survei Kapabilitas Tanah Pusat Penelitian Tanah (1982) menunjukkan kondisi tanah (kontrol) di lahan bekas timbunan batu gamping bertekstur liat dengan salinitas (kadar garam) yang tinggi, pH tanah tergolong agak alkalis yang disebabkan oleh kandungan Ca tinggi, kandungan C-organik sangat rendah dan nitrogen rendah. Walaupun telah dilakukan pemupukan kompos dua kg dan atau pemberian 500 ml asam humat 1.500 ppm serta pemberian pupuk dasar NPK 50 gram tiap pohon ternyata tingkat kesuburan tanahnya masih rendah yaitu kandungan C-organik dan nitrogen, kadar

garam dan Ca tinggi serta pH tanah yang bersifat alkalis (Lampiran 1). Sedangkan kandungan unsur hara (P, K, dan Mg), kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa berada dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman.

Dampak negatif kekurangan nitrogen yaitu dapat menimbulkan pertumbuhan tanaman lambat, kerdil, daun berwarna pucat, daun-daun yang lebih tua menguning dan akhirnya kering. Nitrogen dibutuhkan dalam jumlah relatif besar pada setiap tahap pertumbuhan tanaman, khususnya pada tahap pertumbuhan vegetatif, seperti pembentukan tunas atau perkembangan batang dan daun (Nyakpa *et al.*, 1988; Novizan, 2002).

B. Daya Hidup Tanaman

Tingkat adaptabilitas tanaman diantaranya ditentukan oleh daya hidup. Daya hidup *K. anthotoca* pada umur enam bulan setelah tanam untuk semua perlakuan antara 80 % dan 100 %, walaupun saat pengamatan mengalami musim kemarau. Kondisi ini sekaligus untuk menguji sejauh mana tingkat daya hidup kedua tanaman tersebut di lapangan. Ternyata daya hidupnya telah memenuhi syarat dalam kriteria keberhasilan reklamasi lahan, di mana menurut Direktorat Jenderal RRL (1997) syarat persen hidup tanaman di lapangan minimal mencapai 80 %. Dengan adanya pemberian asam humat daya hidupnya cenderung lebih baik dibandingkan dengan yang tanpa diberi asam humat yaitu daya hidupnya lebih dari 93 % (Lampiran 2).

C. Pertumbuhan Tanaman

Tingkat keberhasilan lainnya ditunjukkan oleh pertumbuhan tanaman dengan indikator pertumbuhan diameter dan tinggi. Keberhasilan pertumbuhan tanaman tersebut tergantung dari kondisi tanahnya, tingkat adaptabilitas tanaman dan keberadaan mikroorganisme tanah

yang mampu bersimbiosis secara mutualisme dengan tanaman.

Cendawan *G. aggregatum* mampu menginfeksi akar *K. anthoteca* pada tingkat semai sebesar 60 %. Di lapangan pengaruh endomikoriza mampu menginfeksi akar sebesar 60,00 % sampai 83,33 % (rata-rata 74,17 %) dan yang tertinggi pada perlakuan endomikoriza + pupuk kompos 2 kg + 500 ml asam humat 1.500 ppm sebesar 83,33 %.

Dari hasil analisis statistik (Lampiran 3) menunjukkan bahwa pengaruh cendawan endomikoriza *G. aggregatum* nyata terhadap pertumbuhan tinggi *K. anthoteca* dan sangat nyata terhadap persen infeksi akar bermikoriza, sedangkan terhadap diameternya tidak nyata. Pengaruh asam humat sangat nyata terhadap pertumbuhan diameter, dan nyata terhadap pertumbuhan tinggi, sedangkan terhadap persen infeksi akar bermikoriza tidak nyata. Sedangkan pengaruh pupuk kompos tidak nyata terhadap diameter, tinggi, dan persen infeksi akar bermikoriza. Pengaruh interaksi antara endomikoriza dengan pupuk kompos sangat nyata dan antara endomikoriza dengan asam humat nyata, sedangkan pengaruh interaksi lainnya tidak nyata.

Cendawan endomikoriza *G. aggregatum* secara tunggal dapat meningkatkan pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca* umur enam bulan setelah tanam masing-masing sebesar 7,35 % dan 6,67 % dibandingkan dengan yang tidak bermikoriza dan persen infeksi akar bermikoriza 74,17 % (Lampiran 4). Sedangkan Twn dan Rohayati (2000) melaporkan bahwa isolat cendawan *G. aggregatum* pada semai jati hasil kultur jaringan mampu memberikan respon pertumbuhan tinggi (283,06 %) dan diameter (314,93 %) dibandingkan dengan kontrol serta persen infeksi akar bermikoriza antara 89,29 % dan 91,57 %, dan hasil penelitian Dharmawan (2002) pada semai *gmelina* umur empat bulan pada media *tailing* hanya mampu

meningkatkan pertumbuhan diameter dan tinggi sebesar 5,95 % dan 16,30 % dibandingkan dengan kontrol dengan persen akar terinfeksi 43,13 %.

Isolat *G. aggregatum* telah mampu menginfeksi akar *K. anthoteca* dengan baik, tetapi pertumbuhan kedua tanaman masih rendah. Hal ini menunjukkan bahwa besarnya nilai infeksi tidak selalu diikuti dengan proses pertumbuhan kedua tanaman tersebut, sesuai dengan pendapat Powel dan Bagyaraj (1984) dalam Setyaningsih *et al.* (2000) bahwa banyak tidaknya infeksi akar tanaman yang diinokulasi cendawan endomikoriza tidak selalu berhubungan erat dengan keefektifan cendawan endomikoriza.

Aplikasi inokulum cendawan *G. aggregatum* dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif yang perlu dikembangkan dalam mereklamasi lahan bekas penambangan batu gamping. Menurut Setiadi (2000) bahwa cendawan endomikoriza pada masa mendatang dapat dijadikan sebagai salah satu alternatif teknologi untuk membantu pertumbuhan, meningkatkan produktivitas, dan kualitas tanaman hutan terutama yang ditanam pada lahan-lahan *marginal* yang kurang subur. Hal ini karena cendawan endomikoriza mampu memperbaiki status nutrisi tanaman yang dapat dijadikan sebagai alat biologis untuk mengefisienkan penggunaan pupuk buatan (terutama fosfat), di mana cendawan endomikoriza dapat menggantikan kira-kira 50 % kebutuhan fosfat, 40 % nitrogen, dan 25 % kalium pada anakan *Leucaena leucocephala* (De La Cruz, 1988 dalam Setiadi, 2000). Pada tanaman bonu (*Trichospermum burretii*), sengo (*Paraserianthes falcataria*), dan mangium (*Acacia mangium*), ketiga tanaman tersebut dapat beradaptasi dan tumbuh pada lahan pasca penambangan nikel dengan peningkatan pertumbuhannya dua sampai tiga kali lipat dibandingkan dengan kontrol (Setiadi, 2000).

Pengaruh tunggal pemberian pupuk kompos dua kg ternyata belum mampu meningkatkan pertumbuhan *K. anthoteca* secara nyata di lapangan sampai umur enam bulan setelah tanam (Lampiran 4). Hal ini disebabkan karena pemberian pupuk kompos dua kg menunjukkan kandungan C-organik dan nitrogen tanahnya masih tergolong rendah sehingga pertumbuhan tanaman terhambat. Menurut Adiningsih dan Sudjadi (1993) menyatakan bahwa apabila bahan organik dalam tanah rendah, maka efisiensi pupuk yang diberikan juga rendah. Seperti hasil penelitian Purnomo *et al.* (1997) bahwa pada tanaman *Acacia auriculiformis* yang kondisi tanahnya miskin bahan organik dengan pemberian pupuk nitrogen 0,5 kg urea/pohon tidak meningkatkan kadar N dalam tanah.

Pengaruh tunggal pemberian asam humat 1.500 ppm mampu mempengaruhi pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca* yang lebih baik dibandingkan dengan kontrol, yaitu dapat meningkatkan pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca* masing-masing sebesar 16,92 % dan 6,67 % dibandingkan dengan kontrol (Lampiran 4). Dengan demikian, pemberian 500 ml asam humat 1.500 ppm telah mampu menstimulasi pertumbuhan tanaman. Hal ini sesuai dengan Ekyastuti (1998) bahwa melalui perbaikan kualitas media *tailing* dengan cara penambahan *biogrow-2* (campuran *concentrate* dan *humate* 3 : 2 sebanyak 6 ml/pot) pada semai *A. mangium* dan *P. falcataria* menghasilkan biomassa 1,2 kali dibandingkan dengan kontrol. Selain itu, asam humat berperan penting dalam perbaikan sifat fisik tanah seperti dapat mengikat partikel-partikel tanah yang menyebabkan terbentuknya agregat lebih stabil sehingga dapat meningkatkan laju pertumbuhan tanaman (Tan, 1995).

Pengaruh endomikoriza dengan pupuk kompos terhadap pertumbuhan diameter *K. anthoteca* terjadi interaksi

yang sangat nyata. Jika tanaman telah diinokulasi cendawan *G. aggregatum* dan diberi pupuk kompos dapat menimbulkan pertumbuhan diameter *K. anthoteca* akan lebih rendah daripada yang tidak dipupuk kompos dan begitu juga terhadap pertumbuhan tingginya ada kecenderungan seperti itu. Hal ini diduga di dalam pupuk kompos masih terdapat mikroorganisme dekomposer yang masih aktif dan berkembang dengan baik. Dalam keadaan demikian, mikroorganisme dekomposer dalam perkembangannya membutuhkan nitrogen sehingga terjadi kompetisi dalam memperoleh nitrogen antara tanaman dengan dekomposer (Hardjowigeno, 1987). Hasilnya menunjukkan bahwa pemberian asam humat 500 ml pada tanaman yang bermikoriza meningkatkan pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca* sebesar 25,42 % dan 13,77 % dengan persen infeksi akar bermikoriza 80,00 % (Lampiran 5).

Adanya peningkatan pertumbuhan tanaman menandakan bahwa asam humat mendukung keberadaan cendawan endomikoriza dalam meningkatkan penyerapan hara sehingga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara nyata. Introduksi cendawan endomikoriza berkorelasi positif dengan asam humat, oleh karena itu keberadaan cendawan endomikoriza dan asam humat bersifat sinergis. Hal ini mendukung pendapat Noertjahyani (2000) bahwa inokulasi endomikoriza disertai aplikasi asam humat dapat meningkatkan serapan hara kalium hingga 23,5 % serta memberikan status cukup kalium pada tanaman kedelai.

Pengaruh faktor endomikoriza, pupuk kompos, dan asam humat menunjukkan respon pertumbuhan diameter dan tinggi serta persen infeksi akar bermikoriza yang beragam. Tanaman *K. anthoteca* mampu tumbuh yang terbaik pada lahan timbunan bekas penambangan batu gamping dengan perlakuan bibit telah diinokulasi endomikoriza *G. aggregatum*

yang ditanam pada lahan yang diberi 500 ml asam humat 1.500 ppm. Peningkatan diameter dan tingginya masing-masing 54,90 % dan 18,29 % dibandingkan dengan kontrol, persen infeksi akar

bermikoriza 76,67 % dan persen hidup 93 % (Lampiran 5). Grafik pertumbuhannya dapat dilihat pada Gambar 1 dan Gambar 2.

Keterangan (Remarks) :

- M1B1A1 = Tanpa endomikoriza + tanpa pupuk kompos + tanpa asam humat (Non endomycorrhiza + non compos + non humic acid)
- M1B1A2 = Tanpa endomikoriza + tanpa pupuk kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Non endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm)
- M1B2A1 = Tanpa endomikoriza + 2 kg pupuk kompos + tanpa asam humat (Non endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm)
- M1B2A2 = Tanpa endomikoriza + 2 kg pupuk kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Non endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm)
- M2B1A1 = Endomikoriza + tanpa pupuk kompos + tanpa asam humat (Endomycorrhiza + non compos + non humic acid)
- M2B1A2 = Endomikoriza + tanpa pupuk kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm)
- M2B2A1 = Endomikoriza + 2 kg pupuk kompos + tanpa asam humat (Endomycorrhiza + 2 kg of compos + non humic acid)
- M2B2A2 = Endomikoriza + 2 kg pupuk kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm)

Gambar (Figure) 1. Pertumbuhan diameter K. anthoteca sampai umur 6 bulan setelah tanam di lahan pasca penambangan batu gamping (The diameter growth of K. anthoteca until 6 months after planted at post- limestone mining)

Gambar (Figure) 2. Pertumbuhan tinggi K. anthoteca sampai umur 6 bulan setelah tanam di lahan pasca penambangan batu gamping (The hieght growth of K. anthoteca until 6 months after planted at post- limestone mining)

Dari hasil penelitian ini bahwa peranan endomikoriza dan asam humat telah menunjukkan hasil yang positif dalam reklamasi lahan pasca penambangan batu gamping yang ditunjukkan persen akar bermikoriza, pertumbuhan, dan daya hidup *K. anthoteca* yang terbaik. Selain itu, perlu juga dilakukan peningkatan dosis pupuk kompos agar terjadi peningkatan bahan organik di lahan tersebut dan juga perlu diberi pupuk anorganik dari jenis pupuk tunggal nitrogen yang bereaksi asam seperti jenis ZA (amonium sulfat) $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$. Sedangkan pemupukan anorganik yang mengandung fosfor dan kalium tidak perlu diberikan karena dari hasil analisis tanah kedua hara tersebut telah cukup tersedia.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Kondisi lahan pasca penambangan batu gamping di Cileungsi-Bogor yang menjadi faktor pembatas adalah reaksi tanah agak alkalis dengan nilai tukar kation Ca sangat tinggi dan kadar salinitas tinggi serta kandungan C-organik dan nitrogen sangat rendah. Sedangkan kandungan unsur hara (P, K, dan Mg), kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa ada dalam jumlah yang cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman. Dengan pemberian pupuk kompos dua kg dan atau 500 ml asam humat 1.500 ppm belum cukup memenuhi kebutuhan hara tanaman (kadar C-organik dan nitrogen masih termasuk rendah) yang ditunjukkan dengan *Khaya anthoteca* Dx. daunnya berwarna kuning.

Dari perlakuan yang diujicobakan, tanaman *Khaya anthoteca* Dx. mampu tumbuh yang terbaik pada lahan timbunan pasca penambangan batu gamping dengan perlakuan bibit telah diinokulasi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith yang

ditanam pada lahan yang diberi 500 ml asam humat 1.500 ppm.

Peranan asam humat mampu meningkatkan pertumbuhan, daya hidup, dan persen infeksi akar bermikoriza yang lebih baik. Introduksi cendawan *Glomus aggregatum* Schenk & Smith berkorelasi positif dengan asam humat, keberadaan cendawan endomikoriza dan asam humat bersifat sinergis.

B. Saran

Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut dengan berbagai dosis pupuk kompos dan asam humat sampai dihasilkan pertumbuhan *Khaya anthoteca* Dx. yang maksimal. Dan sebagai pupuk dasar sebaiknya menggunakan pupuk anorganik dari jenis pupuk nitrogen yang bereaksi asam seperti amonium sulfat $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S.J. dan M. Sudjadi. 1993. Peranan sistem bertanam lorong (*alley cropping*) dalam meningkatkan kesuburan tanah pada lahan kering masam. Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Puslittanak, Bogor. Hlm. 33-40.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajzuk. 1996. Working with mycorrhizas fungi in forestry and agriculture. ACIAR Monograph 32. Australia.
- Dharmawan, I.W.S. 2002. Pemanfaatan endomikoriza dan pupuk organik dalam memperbaiki pertumbuhan *Gmelina arborea* Linn pada tanah *tailing*. Tesis Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor (Tidak diterbitkan).
- Direktorat Jenderal RRL. 1997. Pedoman reklamasi lahan bekas tambang. Dirjen RRL Departemen Kehutanan, Dirjen Pertambangan

- Umum dan Kantor Menteri Negara Lingkungan Hidup. Jakarta.
- Ekyastuti, W. 1998. Pengaruh perbaikan kualitas media *tailing* terhadap pertumbuhan semai *Acacia mangium* Willd. dan *Paraserianthes falcataria* (L.) Nielsen yang diinokulasi *rhizobium* dan mikoriza. Tesis Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor (Tidak diterbitkan).
- Hardjowigeno, S. 1987. Ilmu Tanah. Mediatama Sarana Perkasa. Jakarta.
- Mattjik, A.A. dan M. Sumertajaya. 2000. Perancangan percobaan dengan aplikasi SAS dan Minitab. Jilid 1. IPB Press. Bogor.
- Noertjahyani. 2000. Aplikasi *bio-stimulan* dan mikoriza Vaskula Arbuskula (MVA) pada *tailing* Timika Irian Jaya dan pengaruhnya terhadap infeksi mikoriza serta kandungan N, P, K, dan Cu tanaman kedelai (*Glycine max* (L.) Merr.). Publikasi Berkala Penelitian Pascasarjana Universitas Pajajaran, Bandung. Jilid 11 (1): 34-51.
- Novizan. 2002. Petunjuk Pemupukan yang Efektif. Agro Media Pustaka. Jakarta.
- Nyakpa, M.Y., A.M. Lubis, M.A. Pulung, A.G. Amrah, A. Munawar, G.B. Hong dan N. Hakim. 1988. Kesuburan Tanah. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Organic Technologies. 1996. New technologies for revegetation and acid mine drainage treatment: Executive Workshop, 3 Maret 1996. Balikpapan.
- PT. Semen Cibinong Tbk. 1993. Studi evaluasi lingkungan pabrik semen PT Semen Cibinong, Cileungsi-Bogor. Jakarta.
- Purnomo, J., Sukristyonubowo dan R. Muchtar. 1997. Pengaruh pupuk NPK terhadap sifat kimia tanah timbunan bekas tambang batubara. Dalam Kumpulan Makalah Prosiding Komunikasi Tanah dan Agroklimat, Cisarua-Bogor, 4-6 Maret 1997. Hlm. 207-216.
- Pusat Penelitian Tanah. 1982. TOR Survei Kapabilitas Tanah. Pusat Penelitian Tanah. Bogor.
- Setiadi, Y. 2000. Status penelitian dan pemanfaatan CMA dan *rhizobium* untuk merehabilitasi lahan terdegradasi. Dalam Pemanfaatan cendawan mikoriza sebagai agen bioteknologi ramah lingkungan dalam meningkatkan produktivitas lahan di bidang kehutanan, perkebunan dan pertanian di era milenium baru. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I. Bogor, 15-16 Nopember 1999. Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI), Pusat Antar Universitas (PAU) Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan, The British Council (Jakarta). Hlm.11-23.
- Setyaningsih, L., Y. Manawar dan M. Turjaman. 2000. Efektivitas CMA dan pupuk NPK terhadap bitti. Dalam Pemanfaatan cendawan mikoriza sebagai agen bioteknologi ramah lingkungan dalam meningkatkan produktivitas lahan di bidang kehutanan, perkebunan dan pertanian di era milenium baru. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I. Bogor, 15-16 Nopember 1999. Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI), Pusat Antar Universitas (PAU) Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan, The British Council (Jakarta). Hlm. 192-203.
- Sieverding, E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical indigenous glomales. Deutsche GTZ GmbH. Eschborn. Jerman.
- Subowo, R. Sunyoto dan D. Santoso. 1996. Pengelolaan kesuburan tanah alkalin di daerah Besikama, Propinsi Nusa Tenggara Timur. Kumpulan

Makalah Seminar Forum Komunikasi Penelitian Tanah dan Agroklimat. Nomor 1: 25-33. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.

Tan, H.K. 1995. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

Twn, C. dan Rohayati. 2000. Studi efektivitas jenis endomikoriza pada pembibitan jati (*Tectona grandis* Linn. F.). Dalam Pemanfaatan cendawan mikoriza sebagai agen

bioteknologi ramah lingkungan dalam meningkatkan produktivitas lahan di bidang kehutanan, perkebunan dan pertanian di era milenium baru. Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I. Bogor, 15-16 Nopember 1999. Asosiasi Mikoriza Indonesia (AMI), Pusat Antar Universitas (PAU) Bioteknologi Institut Pertanian Bogor, Badan Litbang Kehutanan dan Perkebunan, The British Council (Jakarta). Hlm.154-191.

Lampiran (Appendix) 1. Analisis tanah pada lahan pasca penambangan batu gamping, Cileungsi- Bogor (*The analysis of land at post-limestone mining, Cileungsi-Bogor*)

Karakteristik (Characteristics)	Kontrol (Control)	2 kg kompos (2 kg of Compos)	500 ml asam humat 1.500 ppm (500 ml of humic acid 1,500 ppm)	2 kg kompos & 500 ml asam humat 1.500 ppm (2 kg of compos & 500 ml of humic acid 1,500 ppm)
1. Ph H ₂ O	7,8	7,6	7,4	7,6
2. Bahan organik (<i>Organic matters</i>)				
a. C (%)	0,31	1,62	1,71	1,62
b. N (%)	0,03	0,18	0,18	0,19
c. C/N	10,33	9,00	9,50	8,53
3. P ₂ O ₅ HCl 25 % (mg/100 g)	90	104	103	129
4. K ₂ O HCl 25 % (mg/100 g)	21	22	21	24
5. P ₂ O ₅ Olsen (ppm)	59	61	61	62
6. K ₂ O Morgan (ppm)	121,8	135,2	130,1	147,4
7. Nilai Tukar Kation (<i>Cation exchange values</i>):				
a. Ca (me/100 g)	69,77	66,35	67,02	98,51
b. Mg (me/100 g)	2,61	5,46	5,53	3,02
c. K (me/100 g)	0,30	1,19	1,21	0,30
d. Na (me/100 g)	0,83	1,24	1,42	1,01
e. KTK/CEC (me/100 g)	29,72	28,02	27,88	26,97
8. Kejenuhan basa (%) (<i>Base saturation</i>)	> 100	> 100	> 100	> 100
9. Tekstur (<i>Texture</i>)	liat (<i>clay</i>)	liat (<i>clay</i>)	liat (<i>clay</i>)	liat (<i>clay</i>)
a. Pasir (<i>Sand</i>) (%)	8	7	6	7
b. Debu (<i>silt</i>) (%)	11	60	53	60
c. Liat (<i>clay</i>) (%)	81	33	41	33

Lampiran (Appendix) 2. Persen hidup *K. anthoteca* pada umur 6 bulan setelah tanam di lahan pasca penambangan batu gamping, Cileungsi-Bogor (*The survival of K. Anthoteca on 6 month-old after planted at post-limestone mining, Cileungsi-Bogor*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Persen hidup (<i>Survival</i>) (%)	Peningkatan (<i>increase</i>) (%)
1. Tanpa endomikoriza + tanpa p. kompos + tanpa asam humat (<i>Non endomycorrhiza + non compos + non humic acid</i>)	80	-
2. Tanpa endomikoriza + tanpa p. kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (<i>Non endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm</i>)	93	13,98
3. Tanpa endomikoriza + 2 kg p. kompos + tanpa asam humat (<i>Non endomycorrhiza + 2 kg compos + non humic acid</i>)	87	-
4. Tanpa endomikoriza + 2 kg p. kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (<i>Non endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm</i>)	93	6,90
5. Endomikoriza + tanpa p. kompos + tanpa as. humat (<i>Endomycorrhiza + non compos + non humic acid</i>)	93	-
6. Endomikoriza + tanpa p. kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (<i>Endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm</i>)	93	-
7. Endomikoriza + 2 kg p. kompos + tanpa asam humat (<i>Endomycorrhiza + 2 kg of compos + non humic acid</i>)	80	-
8. Endomikoriza + 2 kg p. kompos 2 kg + 500 ml asam humat 1.500 ppm (<i>Endomycorrhizae + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1,500 ppm</i>)	100	25,00

Lampiran (Appendix) 3. Rekapitulasi sidik ragam pertumbuhan diameter, tinggi dan persen infeksi akar bermikoriza pada tanaman *K. anthoteca* umur 6 bulan setelah tanam (*Analysis of variance of growth of diameter, height, mycorrhizal root infection percentage for K. anthoteca on 6 month-old after planted*)

No.	Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Variabel (<i>Variable</i>)		
		Diameter	Tinggi (<i>Hieght</i>)	% infeksi (<i>infection percentage</i>)
1	Endomikoriza (<i>endomycorrhiza</i>) (M)	tn	*	**
2	Pupuk kompos (<i>Compos</i>) (B)	tn	tn	tn
3	Asam humat (<i>Humic acid</i>) (A)	**	*	tn
4	MxB	**	tn	tn
5	MxA	*	tn	tn
6	BxA	tn	tn	tn
7	MxBxA	tn	tn	tn

Keterangan (*Remarks*) : * = berbeda nyata pada taraf 5 % (*significantly different at 5 % level*)
 ** = berbeda sangat nyata pada taraf 1 % (*significantly different at 1 % level*)
 tn = tidak berbeda nyata pada taraf 5 % (*non significantly different at 5 % level*)

Lampiran (Appendix) 4. Pengaruh utama endomikoriza, pupuk kompos dan asam humat terhadap pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca*, dan persen infeksi akar bermikoriza pada umur 6 bulan setelah tanam (*The role effect of endomycorrhiza, compos, and humic acid to growth of diameter and height of K. anthoteca, and the mycorrhizal root infection percentage on 6 month-old after planted*)

Faktor utama (<i>Main factors</i>)	Diameter		Tinggi (<i>height</i>)		% infeksi (<i>Infection percentage</i>) (%)
	cm	Pertambahan (<i>Increase</i>) (%)	cm	Pertambahan (<i>Increase</i>) (%)	
a. Endomikoriza (<i>Endomycorrhiza</i>)	0,73 a	7,35	27,2 a	6,67	74,17 a
b. Tanpa endomikoriza (<i>Non endomycorrhiza</i>)	0,68 a	-	25,5 b	-	50,83 b
a. Pupuk kompos (<i>Compos</i>)	0,71 a	-	26,2 a	-1,13	65,00 a
b. Tanpa pupuk kompos (<i>Non compos</i>)	0,71 a	-	26,5 a	-	60,00 a
a. Asam humat (<i>Humic acid</i>)	0,76 a	16,92	27,2 a	6,67	65,83 a
b. Tanpa asam humat (<i>Non humic acid</i>)	0,65 b	-	25,5 b	-	59,17 a

Keterangan (*Remark*) : Nilai dalam kolom yang diikuti dengan huruf yang sama, tidak berbeda nyata pada taraf 5 % (*Values in columns followed by the same letters, are not significantly different at 5 % level*)

Lampiran (Appendix) 5. Pengaruh interaksi antara endomikoriza dengan pupuk kompos; endomikoriza dengan asam humat; pupuk kompos dengan asam humat; endomikoriza, pupuk kompos dengan asam humat terhadap pertumbuhan diameter dan tinggi *K. anthoteca*, dan persen infeksi akar bermikoriza (*The interaction effect between endomycorrhiza with compos; endomycorrhiza with humic acid; compos with humic acid; endomycorrhiza, compos with humic acid to growth of diameter and hieght of K. anthoteca, and the mycorrhizal root infection percentage*)

Perlakuan (Treatments)	Diameter		Tinggi (Hieght)		% infeksi (Infection percentage) (%)
	cm	Pertam- bahan (Increase) (%)	cm	Pertam- bahan (Increase) (%)	
Interaksi antara endomikoriza dengan pupuk kompos (Interaction between endomycorrhiza with compos) :					
a. Endomikoriza + tanpa pupuk kompos (Endomycorrhiza + compos)	0,78 a	21,88	27,5 a	7,84	68,33 ab
b. Tanpa endomikoriza + 2 kg pupuk kompos (Non endomycorrhiza + 2 kg of compos)	0,73 ab	14,06	26,8 a	5,10	50,00 b
c. Endomikoriza + 2 kg pupuk kompos (Endomycorrhiza + 2 kg of compos)	0,68 ab	6,25	25,6 a	0,39	80,00 a
d. Tanpa endomikoriza + tanpa pupuk kompos (Non endomycorrhiza + non compos)	0,64 b	-	25,5 a	-	51,67 b
Interaksi endomikoriza dengan asam humat (Interaction between endomycorrhiza with humic acid) :					
a. Tanpa endomikoriza + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Non endomycorrhiza + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,78 a	32,20	26,3 ab	6,48	50,00 b
b. Endomikoriza + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Endomycorrhiza + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,74 a	25,42	28,1 a	13,77	80,00 a
c. Endomikoriza + tanpa asam humat (Endomycorrhiza + non humic acid)	0,72 a	22,03	26,2 ab	6,07	68,33 ab
d. Tanpa endomikoriza + tanpa asam humat (Non Endomycorrhiza + non humic acid)	0,59 b	-	24,7 b	-	51,67 b
Interaksi antara pupuk kompos dengan asam humat (Interaction between compos with humic acid) :					
a. Tanpa pupuk kompos + 500 ml as. humat 1.500 ppm (Non compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,78 a	23,81	27,7 a	9,49	65,00 a
b. Pupuk kompos 2 kg + 500 ml as. humat 1.500 ppm (2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,74 ab	17,46	26,8 ab	5,93	66,67 a
c. Pupuk kompos 2 kg + tanpa asam humat (2 kg of compos + non humic acid)	0,67 bc	6,35	25,6 ab	1,19	63,33 a
d. Tanpa p. kompos + tanpa asam humat (Non compos + non humic acid)	0,63 c	-	25,3 b	-	55,00 a
Interaksi endomikoriza, p. kompos, asam humat (Interaction between endomycorizae, compos with humic acid):					
a. Endomikoriza + tanpa kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,79 a	54,90	29,1 a	18,29	76,67 a
b. Tanpa endomikoriza + 2 kg kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Non endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,79 a	54,90	26,4 ab	7,32	50,00 b
c. Tanpa endomikoriza + tanpa kompos + 500 ml as.am humat 1.500 ppm (Non endomycorrhiza + non compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,76 a	49,02	26,3 ab	6,91	53,33 b
d. Endomikoriza + tanpa pupuk kompos + tanpa asam humat (Endomycorrhiza + non compos + non humic acid)	0,76 a	49,02	26,0 ab	5,69	60,00 ab
e. Endomikoriza + 2 kg p. kompos + 500 ml asam humat 1.500 ppm (Endomycorrhiza + 2 kg of compos + 500 ml of humic acid 1.500 ppm)	0,68 a	33,33	27,2 ab	10,57	83,33 a
f. Endomikoriza + 2 kg p. kompos + tanpa asam humat (Endomycorrhiza + 2 kg of compos + non humic acid)	0,68 a	33,33	26,4 ab	7,32	76,67 a
g. Tanpa endomikoriza + 2 kg p. kompos + tanpa asam humat (Non endomycorrhiza + 2 kg of compos + non humic acid)	0,67 a	31,37	24,8 b	0,81	50,00 b
h. Kontrol (Control)	0,51 b	-	24,6 b	-	50,00 b

Keterangan (Remark) : Nilai yang diikuti dengan huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5 % (*Values in columns followed by the same letters, are not significantly different at 5 % level*)