

Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara Dengan Pupuk Hayati Mikoriza Sebagai Media Tanam Jagung Manis

The Used of Ex-Coal Mining Soil With Mycorrhiza Biofertilizers To Growth Sweet Corn

Margarettha¹

ABSTRACT

The research purpose is to study the effect of mycorrhiza fungi on colonization infection of mycorrhiza in the root of sweetcorn in ex coal mining soil. A randomized completely design was applied with six treatments and four replicates. The treatment of level mycorrhiza were consisted of 0, 50, 100, 150, 200 and 250 g pot⁻¹. The results showed that the treatments have significantly affected colonization, percentage of root infection, C_{org}, P availability and the height of plant. The level of 200 g pot⁻¹ gave the highest result on the root infection, while level of 100 g pot⁻¹ gave the highest result on the colonization of sweet corn.

Key words: ex-coal mining soil, mycorrhiza, sweet corn

PENDAHULUAN

Upaya peningkatan produktivitas sektor pertanian menjadi sangat penting karena permintaan hasil yang semakin tinggi. Disisi lain penyempitan lahan pertanian selalu terjadi disebabkan karena adanya alih fungsi lahan dari pertanian menjadi lahan non-pertanian diantaranya disebabkan kegiatan aktivitas pertambangan (batubara, minyak bumi, emas, timah, dan lain-lain).

Secara umum kegiatan pertambangan seperti tambang batubara dapat memberikan keuntungan ekonomis namun juga dapat menimbulkan dampak kerusakan lingkungan dan ekosistem tanah. Kegiatan pertambangan yang dilakukan dengan pertambangan terbuka, akan menimbulkan tumpukan

bahan non-batubara. Tanah sisa galian pertambangan batubara terdiri dari sisa batubara (batubara muda) dan batuan-batuan seperti batu liat (*clay stone*), batu lanau (*silt stone*), batu pasir (*sand stone*) atau tufa vulkan (Tala'ohu, 1995).

Tanah galian batubara umumnya tersusun terbalik dari susunan awalnya. Tanah lapisan atas (*top soil*) berada di bawah tanah lapisan bawah (*sub soil*). Umumnya bahan-bahan ini ditumpuk diatas tanah-tanah yang produktif sehingga dapat menghambat pertumbuhan tanaman dan menurunkan produktivitas tanah.

Umumnya areal bekas timbunan batubara ini dalam beberapa tahun pertama sulit ditumbuhi vegetasi karena berbagai macam kendala.

1 Staf Pengajar pada Fakultas Pertanian Universitas Jambi

Margarettha: Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara

Beberapa kendala fisik yang dihadapi dalam upaya reklamasi tanah bekas penambangan batubara yakni: tanah terlalu padat, struktur tanah tidak mantap, aerasi dan drainase tanah jelek, serta lambat meresapkan air. Selain itu kendala kimia seperti pH sangat masam, tingginya kadar garam, dan rendahnya tingkat kesuburan tanah merupakan pembatas utama dalam mereklamasi area tanah timbunan. Konsekuensinya diperlukan input yang relatif besar (seperti: pupuk buatan dan pupuk organik, berbagai senyawa senyawa kimia untuk mengendalikan hama dan penyakit, sarana dan prasarana untuk menjamin ketersediaan air bagi tanaman) untuk memperbaiki kualitas atau menyehatkan ekosistem tanah agar dapat mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Simarmata (2005) menyebutkan salah satu strategi dan upaya yang ramah lingkungan untuk mengembalikan vitalitas (kualitas dan kesehatan) tanah adalah dengan sistem pertanian ekologis terpadu. Pengembangan pertanian ekologis ini didukung dengan kemajuan dalam bidang bioteknologi tanah yang ramah lingkungan, yaitu pemanfaatan pupuk hayati (*biofertilizers*). Pupuk hayati memberikan alternatif yang tepat untuk memperbaiki dan meningkatkan kualitas tanah dan mempertahankan kualitas tersebut sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan dan menaikkan hasil maupun kualitas dari berbagai tanaman secara signifikan.

Pupuk hayati yang sering digunakan dalam rehabilitasi lahan bekas pertambangan adalah mikoriza. Mikoriza merupakan suatu bentuk simbiosis mutualisme antara jamur dan

akar tanaman tingkat tinggi. Dimana jamur mendapatkan keuntungan dari suplai karbon (C) dan zat-zat esensial dari tanaman inang dan tanaman inang mendapatkan berbagai nutrisi, air, dan proteksi biologis (Turjaman *et al.*, 2005).

Penggunaan mikoriza telah terbukti mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kehutanan (revegetasi) pada lahan bekas pertambangan maupun lahan kritis secara signifikan (Setiadi, 2004). Selain itu mikoriza juga memiliki peranan yang sangat penting untuk melindungi tanaman dari serangan patogen, dan kondisi tanah dan lingkungan yang kurang kondusif seperti: pH rendah, stress air, temperatur ekstrim, salinitas yang tinggi, dan tercemar logam berat (Brundret *et al.*, 1996).

Hasil berbagai penelitian pada lahan marjinal di Indonesia menunjukkan bahwa aplikasi pupuk biologis seperti mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan berbagai tanaman (Jagung, Kedelai, Kacang Tanah, Tomat, Padi, dan tanaman lainnya) dan ketersediaan hara bagi tanaman antara 20 hingga 100% (Simarmata dan Herdiani, 2004). Tanaman jagung sendiri merupakan salah satu jenis tanaman yang banyak dijadikan objek dalam penelitian mengenai mikoriza. Menurut Simanungkalit (2004) dosis mikoriza yang dianjurkan dalam budidaya tanaman jagung adalah sebanyak 50 g spora/ pot.

Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh jumlah inokulan cendawan mikoriza terhadap kolonisasi dan derajat infeksi mikoriza pada akar jagung manis serta beberapa

sifat kimia tanah dan pertumbuhan tanaman jagung manis dengan media tanaman lahan bekas timbunan galian tambang batubara.

BAHAN DAN METODE

Penelitian telah dilaksanakan di Rumah Kaca, Laboratorium Bioteknologi Tanaman serta Laboratorium Kimia Tanah dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi, dari bulan Maret sampai dengan Juli 2007.

Bahan yang digunakan adalah tanah yang diambil secara komposit pada kedalaman 0 – 30 cm dari areal bekas timbunan tambang batubara yang berasal dari Desa Rantau Pandan Kec. Rantau Pandan Kab. Bungo Provinsi Jambi, inokulum mikoriza mikofer (*Gigaspora margarita*, *Glomus manihotis*, *Glomus etunicatum*, dan *Acaulospora tuberculata*), benih jagung manis, pupuk kandang sapi (125 g pot⁻¹), pupuk Urea (8,33 g pot⁻¹), pupuk KCl (5,63 g pot⁻¹), pupuk SP₃₆ (5,21 g pot⁻¹).

Penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Perlakuan yang dicobakan adalah takaran inokulan CMA, terdiri dari A = tanpa mikoriza; B=50 g pot⁻¹; C=100 g pot⁻¹; D= 150 g pot⁻¹; E= 200 g pot⁻¹; F=250 g pot⁻¹.

Pengamatan meliputi kolonisasi mikoriza dan infeksiya, beberapa sifat kimia tanah sebelum dan sesudah penelitian (C organik, N

total, P tersedia), serta pertumbuhan dan berat kering tanaman.

Data sifat kimia yang diamati pada percobaan ini dianalisis secara statistik dengan sidik ragam pada taraf 5 %, dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan (DNMRT) pada taraf 5 %. Untuk data biologi dan tanaman dianalisis secara deskriptif.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Dari hasil analisis awal menunjukkan bahwa media tanam yang digunakan dalam penelitian ini memiliki sifat kimia yang miskin unsur hara. Hal ini dapat dilihat dari pH tanah yang sangat masam, yang merupakan salah satu indikator kesuburan tanah. Karena sifat pH tanah mempunyai hubungan langsung maupun tidak langsung dengan sifat kimia tanah yang lain, seperti ketersediaan hara terutama hara makro (unsur P dan K) dan kation seperti Al. Hasil analisis sifat fisika dan kimia tanah sisa galian tambang batubara pada awal penelitian, disajikan pada Tabel 1.

Menurut Tala'ohu *et al.* (1995) bahwa rendahnya pH tanah pada sisa galian tambang batubara ini terjadi karena proses pembongkaran dan pengangkatan bahan induk tanah timbunan ke permukaan, sehingga terjadi perubahan lingkungan yang reduktif menjadi oksidatif. Dalam kondisi reduktif, terbentuk mineral jerosite yang berasal dari pirit

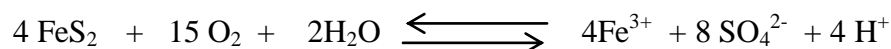
Margarettha: Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara

Tabel 1. Hasil analisis awal sifat fisika dan kimia tanah bekas tambang batubara

Sifat Fisika dan Kimia Tanah	Nilai	Kriteria*
Tekstur Tanah	Pasir : 9,87 (%)	Liat Berdebu
	Debu : 46,66 (%)	
	Liat : 43,48 (%)	
C-Organik (%)	17,14	Sangat Tinggi
N-Total (%)	0,41	Sedang
Nisbah C/N	41,80	Sangat Tinggi
P tersedia (ppm)	6,16	Sangat Rendah
Al _{dd} (me 100 g ⁻¹)	4,25	
K _{dd} (me 100 g ⁻¹)	0,26	Rendah
KTK (me 100 g ⁻¹)	38,10	Tinggi
pH H ₂ O	3,31	Sangat Masam

* Sumber: Pusat Penelitian Tanah (1983)

(FeS₂), mineral ini bersifat mantap namun pada kondisi oksidatif mineral ini akan berubah sebagai :



Adanya ion SO₄²⁻ dan H⁺ inilah yang menyebabkan kondisi tanah menjadi sangat masam. Tabel 1 menunjukkan tingginya kadar C didalam tanah, namun hal ini bukan merupakan indikator kesuburan tanah, karena C yang tinggi ini diduga berasal dari serpihan batubara muda. Hal ini dapat dilihat dengan tingginya nisbah C/N yaitu sebesar 41,80, yang menunjukkan bahwa proses dekomposisi bahan organik tanah belum berlangsung sempurna. Dai dan Suseno (1993) menyebutkan bahwa bahan timbunan ini terdiri dari bahan galian lapisan berupa fragmen atau bongkahan yang sangat masif dan keras yang terdiri dari batu liat, batu lanau, batu pasir, dan serpihan batubara muda. Rendahnya kandungan C organik tanah ini, menyebabkan perlunya penambahan bahan organik

ke dalam media tanam. Dengan meningkatnya kandungan bahan organik diharapkan dapat meningkatkan aktivitas mikroba tanah sehingga komunitas mikroba di rhizosfer semakin meningkat.

Tanah dengan tekstur halus (Liat berdebu) menunjukkan tingginya aktivitas kimia, yang ditandai dengan tingginya KTK. Tingginya nilai KTK pada tanah ini bukanlah indikasi bagusnya kesuburan tanah, karena reaksi tanah sangat masam sehingga diduga ion yang mendominasi kompleks jerapan adalah ion H⁺. Reaksi tanah yang sangat masam menyebabkan rendahnya ketersediaan hara makro seperti N, P, dan K yang pada akhirnya dapat menghambat pertumbuhan tanaman.

Tabel 2. Jumlah kolonisasi dan persentase infeksi pada berbagai takaran inokulan Mikoriza

Perlakuan	Kolonisasi Mikoriza (Spora 50 g ⁻¹ tanah)	Infeksi CMA (%)
A	17,25	0
B	20,25	1,50
C	30,75	4,50
D	16,25	6,75
E	14,75	28,75
F	6,25	21,75

Tabel 2 diatas menunjukkan bahwa kolonisasi tertinggi diperoleh pada perlakuan C (100 g pot⁻¹) dengan jumlah koloni rhizosfer sebesar 30,75 spora 50 g⁻¹ tanah dan kolonisasi terendah diperoleh pada perlakuan F (250 g pot⁻¹) dengan jumlah koloni pada rhizosfer sebesar 6,25 spora 50⁻¹ g tanah. Namun infeksi mikoriza tertinggi pada akar tanaman diperoleh pada perlakuan E (200 g pot⁻¹) dengan persentase infeksi sebesar 28,75%.

Tabel 2 diatas juga memperlihatkan bahwa peningkatan takaran inokulan mikoriza dapat meningkatkan persentase infeksi akar. Hal ini menunjukkan bahwa inokulan yang diberikan dapat menginfeksi akar tanaman jagung. Namun, peningkatan infeksi pada akar ini tidak sejalan dengan kolonisasi pada rhizosfer tanaman.

Pada perlakuan B dan C menunjukkan koloni di daerah rhizosfer lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan lain, sehingga infeksi pada perakaran tanaman jagung justru lebih sedikit. Hal ini diduga karena lingkungan tumbuh yang tidak mendukung perkembangan spora mikoriza. Kandungan karbon aktif yang tinggi menyebabkan kehahatan unsur P dan K pada media

tanam yang merupakan faktor penghambat perkembangan spora mikoriza. Selanjutnya disebutkan oleh Simarmata (2004) mikoriza mengambil berbagai nutrisi dari dalam tanah untuk perkembangan hidupnya, terutama C organik dari dalam tanah. Gunawan (1993) menambahkan bahwa vesikula mikoriza cenderung menurun pada ketersediaan karbon yang terbatas.

Delvian (2004) menyebutkan bahwa inokulum yang berlimpah bukanlah faktor penentu keberhasilan asosiasi cendawan mikoriza dan perakaran. Ditambahkan oleh Sleverding (1991) bahwa O₂, CO₂, kelembaban, suhu, status hara tanah, dan sumber hara berpengaruh pada perkecambahan spora mikoriza. Hal yang sama juga dinyatakan oleh Subiksa (2004) bahwa efektivitas mikoriza dipengaruhi oleh faktor lingkungan tanah yang meliputi faktor abiotik (konsentrasi hara, pH, kadar air, temperatur, pengolahan tanah, dan penggunaan pupuk/pestisida) dan faktor biotik (interaksi mikrobial, spesies cendawan, tanaman inang, tipe perakaran tanaman inang, dan kompetisi antar cendawan).

Adanya kolonisasi mikoriza di rhizosfer pada perlakuan kontrol (A) menunjukkan bahwa terdapat mikoriza

Margarettha: Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara

indigenus di dalam tanah. Iriani (2004) menyebutkan bahwa pada tanah dengan kandungan unsur P alam rendah, secara teoritis mempunyai kandungan cendawan indigen yang

mampu berasosiasi dengan akar tanaman yang tumbuh disekelilingnya, karena tingkat kolonisasi mikoriza adalah berbanding terbalik dengan tingkat ketersediaan P dalam tanah.

Tabel 3. Pengaruh mikoriza terhadap pH tanah, N-total tanah, P tersedia, C-organik tanah.

Perlakuan	pH H ₂ O	N-total (%)	P- tersedia (ppm)	C-organik (%)
A	3,65 a	0,427 a	19,95 a	12,33 ab
B	3,56 a	0,428 a	25,27 b	14,57 b
C	3,51 a	0,434 a	24,93 b	12,64 ab
D	3,54 a	0,436 a	15,62 a	11,29 a
E	3,58 a	0,429 a	23,61 b	11,39 a
F	3,52 a	0,440 a	29,56 b	11,13 a

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %

Pada Tabel 3 menunjukkan inokulasi Mikoriza belum memberikan pengaruh nyata terhadap pH tanah. Hal ini disebabkan adanya asam-asam organik akibat kegiatan jasad mikro. Adanya asam-asam organik ini terlihat dari turunnya kadar C/N ratio tanah setelah perlakuan bila dibandingkan dengan kadar C/N ratio tanah pada awal penelitian yang mencapai angka 41,80. Adanya penurunan kadar C/N ratio ini mengindikasikan bahwa telah terjadi proses dekomposisi bahan organik pada media tanam, yang selanjutnya akan menghasilkan asam-asam organik. Selanjutnya ditambahkan oleh Simarmata (2004) bahwa akar tanaman menghasilkan asam organik atau zat asam arang sebagai hasil pernapasan. Hal ini juga ditunjukkan dari hasil penelitian Sitorus (2000) dan Gofar (2003) bahwa pemberian inokulasi mikoriza tidak menunjukkan perbedaan nilai pH dibandingkan dengan kontrol.

Nilai pH perlakuan kontrol yang lebih tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan lain, juga menunjukkan tidak adanya pengaruh perlakuan terhadap pH tanah. Penambahan bahan organik berupa pupuk kandang sapi sebanyak 6,67 ton/Ha, lebih berperan terhadap perubahan nilai pH tanah. Delvian (2004) menyebutkan bahan organik mutlak diperlukan dalam rehabilitasi lahan bekas tambang batubara, karena selain sebagai sumber hara dan mikroba, bahan organik juga dapat memperbaiki struktur tanah sehingga merangsang perkembangan akar pada tahap awal pertumbuhan. Hasil penelitian Wiryono (2006) menunjukkan terjadinya peningkatan pH tanah tambang yang diberi serasah atau diberi serasah dan cacing tanah. Hal ini diduga disebabkan oleh menurunnya kandungan H dan Al, serta meningkatnya K, Ca, dan Mg.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penginokulasian mikoriza dapat meningkatkan kandungan N total tanah

dibandingkan kontrol. Kandungan N total tertinggi diperoleh pada perlakuan F (250 g pot-1) yaitu sebesar 0,44% dan semakin rendah pada perlakuan D, C, E, B, dan A. Namun secara statistik penginokulasian mikoriza tidak memberikan pengaruh nyata terhadap kandungan N total tanah.

Ketersediaan P tanah meningkat secara signifikan dengan peningkatan jumlah inokulan Mikoriza yang diberikan. Efektivitas mikoriza dalam meningkatkan ketersediaan P pada tanah marginal telah banyak dilaporkan, hal yang sama juga dibuktikan oleh Margarettha (2007) dimana pemberian inokulan Mikoriza 100 g pot-1 meningkatkan ketersediaan P menjadi 75,21 ppm.

Pada Tabel 3 terlihat adanya pengaruh inokulasi Mikoriza terhadap kandungan C-organik tanah. Dimana perlakuan B (100 g pot-1) memberikan

kandungan C-organik tertinggi sebesar 14,57 % dan diikuti oleh perlakuan C, A, E, D, dan F. Secara keseluruhan, kandungan C-organik pada penelitian ini masih sangat tinggi, namun bukan merupakan indikator kesuburan tanah, diduga merupakan sisa dari batubara yang masih muda. Kandungan karbon yang tinggi, pada kondisi pH yang rendah menunjukkan bahwa karbon yang terdapat dalam media tanam berupa karbon aktif yang berasal dari serpihan batubara muda. Penurunan kadar karbon ini diduga disebabkan oleh kegiatan dekomposisi bahan organik yang sudah mulai berjalan. Hal ini terlihat dari turunnya nisbah C/N ratio tanah bila dibandingkan dengan perlakuan kontrol. Pupuk kandang sapi yang cepat terdekomposisi telah mampu menurunkan kemasaman tanah dan meningkatkan ketersediaan hara.

Tabel 4. Rata-rata pengaruh Mikoriza terhadap tinggi dan berat kering tanaman

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Berat Kering (g)
A	54,30	14,65
B	34,58	4,43
C	45,58	11,33
D	53,85	11,93
E	62,15	8,15
F	67,93	12,05

Keterangan: Angka yang diikuti dengan huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Duncan pada taraf 5 %

Tabel 4 diatas menunjukkan bahwa penginokulasian mikoriza dapat meningkatkan pertambahan tinggi tanaman. Inokulasi Mikoriza sebesar 250 g pot-1 (F) memberikan pertambahan tinggi tanaman tertinggi yaitu sebesar 67,93 cm, dan semakin menurun secara tidak berurutan pada perlakuan E, D, A, C, dan B.

Penginokulasian Mikoriza juga dapat meningkatkan berat kering tanaman, kecuali pada perlakuan E. Berat kering tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan F (250 g pot-1) yaitu sebesar 12,05 g dan semakin rendah pada perlakuan D, C, E, dan B.

Pertumbuhan tanaman pada semua perlakuan lebih rendah bila

Margarettha: Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara

dibandingkan dengan pertumbuhan pada kondisi tanah normal. Hasil penelitian Fitriatin *et al.* (2003) menunjukkan perlakuan CMA dan ekstrak cacing 50 g pot-1 memberikan pertambahan tinggi tanaman jagung manis sebesar 117,33 cm. Rendahnya pertumbuhan tanaman pada media tanam ini diduga disebabkan hilangnya lapisan tanah atas (*top soil*) yang merupakan sumber hara makro dan mikro esensial bagi pertumbuhan tanaman. Selain itu kekahatan unsur hara esensial seperti nitrogen dan fosfor, toksisitas mineral, dan kemasaman tanah merupakan kendala umum dan utama yang ditemui pada tanah-tanah bekas kegiatan pertambangan (Delvian, 2004).

Penambahan *top soil* diduga dapat memperbaiki sifat fisik lahan kritis pasca tambang, seperti kekompakan struktur dan kemampuan memegang air yang lebih baik, sehingga pertumbuhan tanaman akan menjadi lebih baik. Delvian (2004) merekomendasikan penambahan *top soil* paling sedikit 20 % dari volume tanah yang digunakan bagi pertumbuhan tanaman pada tanah-tanah yang miskin hara.

KESIMPULAN

Pemberian mikoriza dapat mempengaruhi kolonisasi mikoriza pada rhizosfer, derajat infeksi akar, C-organik, P tersedia dan tinggi tanaman, namun belum berpengaruh terhadap pH tanah, N-total tanah, dan berat kering tanaman. Pemberian mikoriza pada takaran 200 g pot-1 memberikan pengaruh tertinggi terhadap derajat infeksi akar, dan perlakuan 100 g pot-1 memberikan pengaruh tertinggi

terhadap kolonisasi mikoriza di rhizosfer tanaman jagung manis.

DAFTAR PUSTAKA

- Delvian. 2004 . Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskula dalam Reklamasi Lahan Kritis Pasca Tambang. Jurusan Kehutanan Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara. Medan. 21 Hal
- Dinas Pertambangan dan Energi Provinsi Jambi. 2003. Laporan Akhir Tahun. Jambi
- Iriani, Farida. 2004. Identifikasi Cendawan Mikoriza serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Stek Tebu yang ditanam pada Media Bekas Pertanaman Padi Gogo dan Ubikayu Bermikoriza *Dalam* Prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal 49-54
- Gofar, Nuni. 2003. Reaksi Tanah, P tersedia, Pertumbuhan Tanaman Padi Gogo pada Ultisol yang Diinokulasi dengan CMA, BPF, dan Kompos Jerami Padi. *Dalam* Prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal 86-102
- Gunawan, Agustin Widya. 1993. Bahan Pengajaran Mikoriza Arbuskula. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut

- Pertanian Bogor. Bogor. 174 Hal
- Margareththa. 2007. Peranan Cendawan Mikoriza terhadap Ketersediaan P, Kolonisasi Minoriza serta Hasil Jagung pada Ultisol. Makalah pada Ekspose dan Seminar Nasional PENNAS, Sembawa Sumatera Selatan, Juli 2007.
- Turjaman, Maman., Yana Sumarba. Winarto. Erdy Santoso. 2005. Prospek Aplikasi Teknologi Cendawan Ektomikoriza (ECM) untuk Mempercepat Rehabilitasi Hutan dan Lahan Tergredasi. Seminar Nasional dan Workshop Cendawan Mikoriza. Universitas Jambi. Jambi. 19 Hal
- Sihaloho, EL. 1999. Pengaruh Mikoriza Vesikular Arbuskular dan Kaptan Super Fosfat Terhadap ketersediaan P, Konsentrasi P Daun, dan Hasil Jagung (*Zea Mays*) pada Ultisol. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Jambi. 51 Hal
- Simanungkalit, RDM. 2004. Teknologi Cendawan Mikoriza Arbuskula: Produksi Inokulan dan Pengawasan Mutunya. *Dalam* Prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal 7-17
- Simarmata, T. Reginawati,H. Mieke,RS. Betty,RF. Pujawati Suryatmana. Yuyun Sumarni. D.H. Arief.2004. Strategi Pemanfaatan Pupuk Hayati CMA dalam Revitalisasi Ekosistem Lahan Marginal dan Tercemar. *Dalam* Prosiding Workshop Produksi Inokulan Cendawan Mikoriza Arbuskula. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal1-33
- Simarmata,T. 2004. Pemanfaatan Pupuk Hayati CMA dan Kombinasi Pupuk Organik dengan Biostimulan untuk Meningkatkan Kolonisasi Mikoriza, Serapan Hara P, dan Hasil Tanaman Kedelai Pada Ultisol. Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Agroland. Volume 11 (3)
- _____. 2005. Revitalisasi Kesehatan Ekosistem Lahan Kritis dengan Memanfaatkan Pupuk Biologis Mikoriza dalam Percepatan Pengembangan Pertanian Ekologis di Indonesia. Seminar Nasional dan Workshop Cendawan Mikoriza. Universitas Jambi. Jambi. 18 Hal
- Sitorus, M. Pengaruh Pemberian Batu Fosfat Alam dan Mikoriza Vesikular Arbuskular Terhadap Ketersediaan dan Konsentrasi P daun Jagung pada Ultisol. Skripsi. Fakultas Pertanian Universitas Jambi. Jambi. 38 Hal
- Subiksa. 2002. Pemanfaatan Mikoriza untuk Penanggulangan Lahan Kritis. http://timoutou.net/702_04212/igm_subiksa (diakses Februari 2007)
- Surya, MA. R Budiasih. Nur Ikhsan. 2004. Pemanfaatan Tumbuhan Tahan Kekeringan sebagai

Margarettha: Pemanfaatan Tanah Bekas Tambang Batubara

- Inang Cendawan Mikoriza Arbuskula. *Dalam* Prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal 111-113
- Tala'ohu, SH. Moersidi, S. Sukristiyorubowo. Gunawan. 1995. Sifat Fisiko Kimia Tanah Timbunan Tambang Batubara (PTBA) di Tanjung Enim, Sumatera Selatan. *Dalam* Prosiding Pertemuan pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bidang Konservasi Tanah dan Air, serta Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. Hal 39-47
- Tala'ohu, SH. 1999. Reklamasi Areal Timbunan Pasca Penambangan Batubara Suatu Peluang danKendala. *Dalam* Prosiding Kongres Nasional VII HITI, Komisi Fisiska, Mekanika, dan Konservasi Tanah. Bandung. Hal 47-49
- Setiadi, Y. 2004. Arbuscular Mycorrhizal Inoculum Production. *Dalam* prosiding Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan. Asosiasi Mikoriza Indonesia-Jawa Barat. Bandung. Hal 18-31
- Wiryono. 2006. Pengaruh Pemberian Serasah dan Cacing Tanah Terhadap Pertumbuhan Tanaman Lamtoro (*Leucaena leucocephala* Lam De aWit) dan Turi (*Sesbania grandiflora*) pada Media Tanam Tanah Bekas Penambangan Batubara. *Dalam* Jurnal Ilmu-ilmu pertanian Indonesia. Volume 8 No. 1