

**REKLAMASI LAHAN BEKAS TAMBANG BATUBARA
MELALUI PENGAMATAN EFEKTIVITAS *Glomalin*
FUNGSI MIKORIZA ARBUSKULA INDIGENOUS
TERHADAP TANAMAN JAGUNG (*Zea Mays*)**

^{1*}Eti Farda Husin, ²Ujang Khairul, ³Zelfi Zakir, ⁴Oktanis Emalinda

¹Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

²Jurusan Hama dan Penyakit, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

³Jurusan Sosial Ekonomi, Fakultas Pertanian, Universitas Andalas

^{*}Penulis untuk korespondensi: Tel. : +62-8126759956, Email :

etifardahusin@yahoo.co.id

ABSTRAK

Akibat penambangan menyebabkan terjadinya kerusakan lingkungan yang luar biasa dan belum adanya upaya maksimal untuk menanggulangi kerusakan tersebut. Bila kerusakan ini tidak secepatnya diperbaiki akan menimbulkan bencana bagi manusia. Kegiatan penambangan sering diawali dengan membuka lahan dan vegetasi nya, penggalian pelapisan tanah serta bahan batubara dan penimbunan tanah yang dapat mengakibatkan dampak negative lingkungan. Untuk memperbaiki kerusakan lingkungan dengan cepat perlu diterapkan upaya yang mendukung pembangunan pertanian yang berkelanjutan di Indonesia, salah satunya adalah dengan mengaplikasikan pupuk alami FMA (**Fungi Mikoriza Arbuskula**) melalui pengamatan efektifitas *glomalin* nya yang diaplikasikan pada tanaman jagung sebagai tanaman inang. Penelitian ditujukan untuk mendapatkan dosis yang maksimal untuk tanaman jagung yang menghasilkan pertumbuhan tanaman tertinggi dengan tanah dari lahan bekas tambang batubara. Penelitian dilakukan di rumah kaca dan di laboratorium Universitas Andalas, Padang. Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi inokulan FMA dengan dosis 20 gr/ pot dalam bentuk multi spora sudah mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung di lahan bekas tambang batubara.

Kata Kunci: FMA, Indigenous,glomalin, Single, dan Multi spora

PENDAHULUAN

1. Latar Belakang

Di Indonesia penyebaran lahan tambang batubara cukup banyak dan melimpah, salah satunya di Sawah Lunto, Sumatera Barat. Banyak lahan pasca tambang batubara yang dibiarkan setelah dilakukan eksploitasi, terutama pada lahan tambang terbuka. Apabila lahan tersebut tidak direhabilitasi maka akan mengakibatkan lahan mati dan merusak ekosistem yang ada di sekitarnya.

Untuk memperbaiki kerusakan lingkungan dengan cepat, maka perlu diterapkan tahapan reklamasi yang tepat pada lahan yang terdegradasi. Kegiatan ini bertujuan tidak saja untuk memperbaiki kondisi lahan yang labil, dan mengurangi

erosi tanah, tetapi dalam jangka panjang dapat memperbaiki kondisi iklim mikro di dalam kawasan revegetasi. Dengan metoda pra reklamasi yang tepat, salah satunya dengan implementasi FMA melalui pengamatan *glomalin* nya. Pemanfaatan FMA dalam budidaya tanaman, penggunaannya merupakan inokulan berbahan aktif organisme hidup yang berfungsi untuk memfasilitasi tersedianya hara (Simanungkalit, 2000). Mikoriza membantu tanaman dalam ketersediaan air serta memperbaiki agregasi dan stabilitas tanah. Serapan air oleh fungi mikoriza pada kondisi kekeringan air dapat terjadi melalui hifa FMA yang mampu menyerap air yang tidak bisa dijangkau oleh perakaran tanaman serta mampu menembus pori-pori mikro tanah dimana akar tanaman tidak mampu menembusnya. Secara tidak langsung, keberadaan FMA pada akar tanaman dapat mempengaruhi kondisi agregat tanah yang pada gilirannya meningkatkan kemampuan tanah menahan air. Beberapa laporan penelitian melaporkan bahwa fungi mikoriza dapat meningkatkan aktivitas hidrolik akar dan transport air serta unsur hara ke akar tanaman (Husin, Auzar & Kasli, 2002)

Didefinisikan **mikoriza** adalah sebagai hubungan simbiotik antara fungi dan tanaman tingkat tinggi karena tanaman mendapatkan hara yang lebih banyak melalui perubahan morfologi akar dibagian dalam dan luar akar dengan terbentuknya struktur baru. Struktur akar seperti itu memungkinkan tanaman mampu mentolerir faktor tumbuhnya pada lahan yang bermasalah sehingga tanaman dapat tumbuh dengan baik. Hal penting untuk diperhatikan dalam perbanyakan inokulan FMA adalah inang kompatibel, tempat tumbuh, dan lingkungan. Hal tersebut penting dipertimbangkan karena FMA bersifat obligat, dan kebutuhan masing-masing FMA terhadap faktor tersebut tidak selalu sama. Menurut Bagyaraj (1992) perbanyakan inokulan harus mempunyai daya infektivitas dan efektivitas tinggi, serta ada kolonisasi akar inang spesifik. Semua tanaman berpotensi terinfeksi, namun tingkat infektivitas dan efektivitas berbeda setiap asosiasi inang dan peranan *glomalin* pada FMA nya.

Hanya inang yang sesuai FMA, memberi tanggapan simbiotik dan kolonisasi maksimal (Bagyaraj 1992). Seperti tanaman jagung, paling banyak digunakan sebagai tanaman untuk memperbanyak inokulan FMA, tetapi berapa dosis inokulan yang terbaik kalau diaplikasikan pada tanaman dengan tanah bekas lahan batubara melalui peranan *glomalin* nya.

2. Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan dosis inokulan FMA terbaik bagi tanaman jagung di rumah kaca melalui pengamatan *glomalin* nya dengan menggunakan tanah bekas tambang batu bara.

BAHAN DAN METODA

1. Tempat dan Waktu Penelitian

Pelaksanaan penelitian diawali dengan pengambilan sampel tanah pada 4 titik lokasi di lahan bekas tambang batu bara di kota Sawahlunto Sumatera Barat yaitu utara, timur, selatan dan barat. Selanjutnya Spora pada sampel tanah diamati jumlah dan jenisnya di laboratorium . Penelitian di laboratorium dilakukan selama 2 bulan untuk mengidentifikasi spora FMA yang ditemukan dominan pada lahan tambang kemudian dilanjutkan dirumah kaca dengan mengaplikasikan spora FMA itu terhadap tanaman jagung dalam bentuk spora tunggal dan multi spora yang dosisnya berbeda dan diamati selama 3 bulan.

2. Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan merupakan rancangan acak lengkap dengan uji lanjut DNMR taraf 5% . Perlakuan yang dicobakan dirumah kaca ada 3 (tiga) yaitu : (A). Perlakuan tanpa diberi FMA sebagai pembanding, (B). Bibit diberi 20gr inokulan spora tunggal, dan (C). Bibit diberi 20gr inokulan ,multi spora.

Penelitian laboratorium diawali dengan pengambilan contoh tanah dan spora FMA diisolasi dari sampel tanah mengikuti metoda penyaringan basah berurut dengan penyaring 410, 125 dan 45 mesh. Bahan yang tertinggal di alat penyaring (45 mesh) kemudian dimasukkan kedalam cawan petridis, kemudian spora diamati dan diidentifikasi dibawah mikroskop. Identifikasi dapat dilakukan terhadap karakter morfologi spora yaitu bentuk, warna, dan ukurannya yang berbeda menurut buku petunjuk Hall dan Fish (1979). Spora yang telah diidentifikasi dan infentarisasi, kemudian diperbanyak secara single spora dan multi spora. Spora di skriming dulu sehingga didapatkan spora unggulan bagi tanah dan tanaman, efisiensi dalam penggunaan pupuk, efektif dalam pengendalian hama dan penyakit serta mampu mengatasi keracunan logam berat bagi tanaman.

Perbanyak inokulan dilakukan 2 tahap yaitu : tahap pertama di laboratorium (identifikasi spora yang maksimal terhadap *glomalin* dan tahap yang kedua adalah mengaplikasikan inokulan yang didapat terhadap tanaman jagung dirumah kaca. Inokulan dasar FMA yang didapat dari laboratorium kemudian dituangkan ke dalam pot yang telah diisi pasir sungai yang berlapis-lapis antara pasir dan inokulan secara tunggal dan multi spora. Kemudian tanam benih jagung sampai akhir pertumbuhannya (muncul bunga) untuk bisa dipanen.

3. Analisis Data

Pengamatan dilakukan untuk mendapatkan data dari analisis tanah sebelum dan sesudah perlakuan inokulan. Selanjutnya, pengamatan tanaman (tinggi, kadar hara, persentase infeksi FMA, dan total *glomalin* pada tanaman).

HASIL DAN PEMBAHASAN

1. Analisis Tanah

Hasil analisis tanah awal dilakukan pada tanah sebelum diberi perlakuan (tabel 1). Sedangkan analisis tanah selanjutnya adalah pada tanah sesudah panen tumbuh jagung (tabel2). Dari hasil analisis tanah terhadap beberapa sifat kimianya menunjukkan bahwa seluruh sampel tanah memiliki nilai pH yang agak masam, dan nilai C organiknya berada dalam kriteria sangat rendah sampai sedang. Dari tabel 1 diatas terbukti bahwa lokasi bekas tambang batubara ini memiliki sifat kimia dan kesuburan tanah yang kurang bagus karena sering diawali dengan pembukaan lahan dan penebangan vegetasi karena penggalian pelapisan tanah serta bahan batubara dan penimbunan tanah dapat mengakibatkan dampak negatif terhadap lingkungan yang salah satunya adalah kerusakan terhadap sifat kimia tanah dan unsur hara tanah. Untuk memperbaiki kerusakan lingkungan yang cepat maka, perlu diterapkan reklamasi yang tepat pada lahan yang terdegradasi. Dengan metoda pra reklamasi yang tepat adalah salah satunya dengan implementasi inokulan FMA yang mengandung *Glomalin* di kegiatan tahap awal reklamasi.

Dari analisis pH tanah pemberian perlakuan FMA berpengaruh terhadap pH tanah dimana terjadi peningkatan pH dari 5,87 (tanpa perlakuan) menjadi 6,80 pada dosis 20 gr. Inokulan dalam bentuk multi dan spora tunggal dapat mengakibatkan terjadinya peningkatan pH tanah.

Tabel 1 : Hasil analisis tanah awal

Parameter	Nilai
pH	5,8 (agak masam) 1.2(rendah)
C-organik (%)	1,2 (rendah)
N (%)	0,2 (rendah)
P (ppm)	16(rendah)
K(me/100g)	0,26(rendah)
Ca (mg/100g)	0,3 (sangat rendah)
Glomalin (mg g)	1,2

Tabel 2. Hasil analisis tanah sesudah perlakuan

Perlakuan	Parameter						
	pH	C-org (%)	N (%)	P (ppm)	K (mg/100g)	Ca (me/100g)	Glomalin (mg/g)
0	5,9 (r)	1,8 (r)	0,4 (s)	17 (r)	0,27 (r)	0,48(sr)	1,7
Spora tunggal	6,8 (t)	2,2 (s)	0,49(s)	29 (s)	0,32 (r)	0,66 (r)	6,92
Multispora	7,0 (t)	2,38 (s)	0,62 (s)	22 (s)	0,36 (r)	0,36 (r)	8,18

Ket. t = tinggi, s = sedang, sr = sangat rendah,

Sumber : Lembaga Penelitian Tanah (Sit Syarif, 1986)

Pemberian perlakuan multispora memperlihatkan pengaruh yang besar terhadap kandungan Nitrogen tanah, dimana terjadi peningkatan N-total tanaman sebesar 0,16 % dan 0,08%, sementara pemberian perlakuan spora tunggal cenderung tidak berpengaruh pada kandungan N-total tanah dengan pemberian perlakuan terjadi peningkatan terhadap kadar C-organik tanah. Pemberian perlakuan dengan inokulan spora tunggal maupun majemuk dapat menunjukkan peningkatan kadar kation tanah baik Ca, Mg K dan Na.

2. Hasil pengamatan tanaman jagung (*Zea mays L*) dirumah kaca

Hasil pengamatan terhadap spora FMA pada rhizosfir tanaman dilahan bekas tambang dapat dilihat pada (tabel 1). Hasil pengamatan menunjukkan bahwa pemberian inokulan FMA dengan dosis yang lebih banyak (40 gr) menunjukkan pertumbuhan tinggi tanaman jagung lebih besar dibandingkan dengan pemberian inokulan FMA lainnya dan tanpa diberi FMA. Hal penting yang perlu diperhatikan

dalam perbanyakannya inokulan adalah inang kompatibel, tempat tumbuh dan lingkungannya. Hal tersebut penting dipertimbangkan karena FMA bersifat obligat dan kebutuhan masing-masing FMA terhadap faktor tersebut tidak sama.

Tabel 1. Data pengamatan aplikasi FMA pada tanaman jagung di rumah kaca

Perlakuan	Perlakuan inokulan FMA Dosis (gr)	Rata-rata Tinggi tanaman (cm)	Rata-rata jumlah daun
Jagung	0 inokulan	108,75	14,00
	20 gr (tunggal)	209,20	16,75
	20 gr (multispora)	185,33	16,50
	40 gr (tunggal)	209,30	16,20
	40 gr (multispora)	171,60	15,00

B. Jumlah Spora, Persentase infeksi FMA dan berat segar Akar Tanaman Jagung (*Zea mays* L)

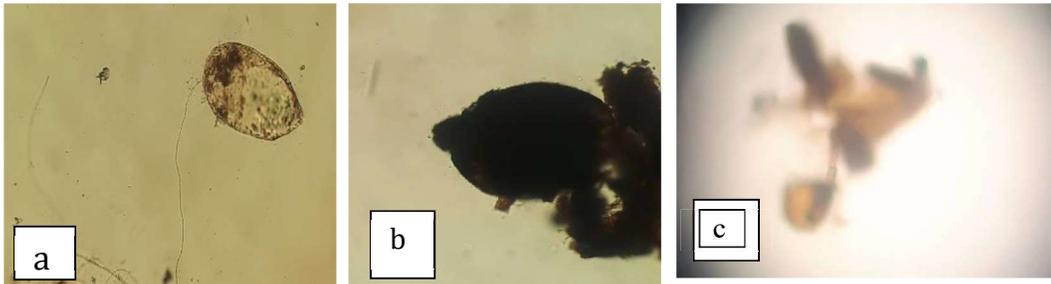
Jumlah inokulan yang diberikan ternyata tidak terlalu menggambarkan jumlah spora yang ditemui pada saat panen tanaman inang jagung (*Zea mays* L.). Bahkan pada percobaan yang tanpa diberi inokulan juga masih dijumpai spora di media tanam. Secara umum spora yang ditemui rata-rata pada setiap 100 g media tanam jagung sebanyak 10 – 80 spora. Demikian pula persentase infeksi FMA di perakaran tanaman jagung berkisar 20-80% (Tabel 2).

Tabel 2. Pengaruh inokulan terhadap jumlah spora, persentase infeksi dan berat segar akar tanaman jagung

No	Perlakuan	Jumlah spora/100g media tanah	Berat segar akar inang jagung (g)	Infeksi FMA di akar tanaman inang (jagung) (%)
1	Tanpa FMA	6	9,12	20
2	inokulan tunggal	10	13,99	20
4	inokulan multi spora	30	21,3	40

Jumlah spora FMA Pada Gambar 1 disajikan berbagai jenis FMA yang berada di lahan bekas tambang batu bara sebagai media tumbuh jagung. Gambar 1. menampilkan bahwa ada spora yang hidupnya tunggal maupun multi. Gambar 1c

menunjukkan spora berangkai, selebihnya merupakan spora tunggal. Untuk lebih jelasnya Gambar 1 dapat dibandingkan dengan Gambar 2 dan 3,



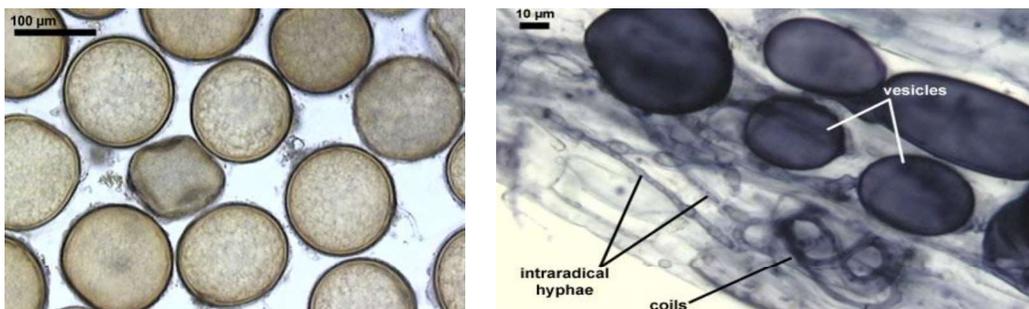
Gambar 1. *Scutelospora sp*



Glomus sp



Gambar 2. *Acaulospora scrobiculata* dan spora dari *Glomus etunicatum* paling kanan (Sumber; Schenck & G.S. Sm. 2007; Becker & Gerd. 2005).



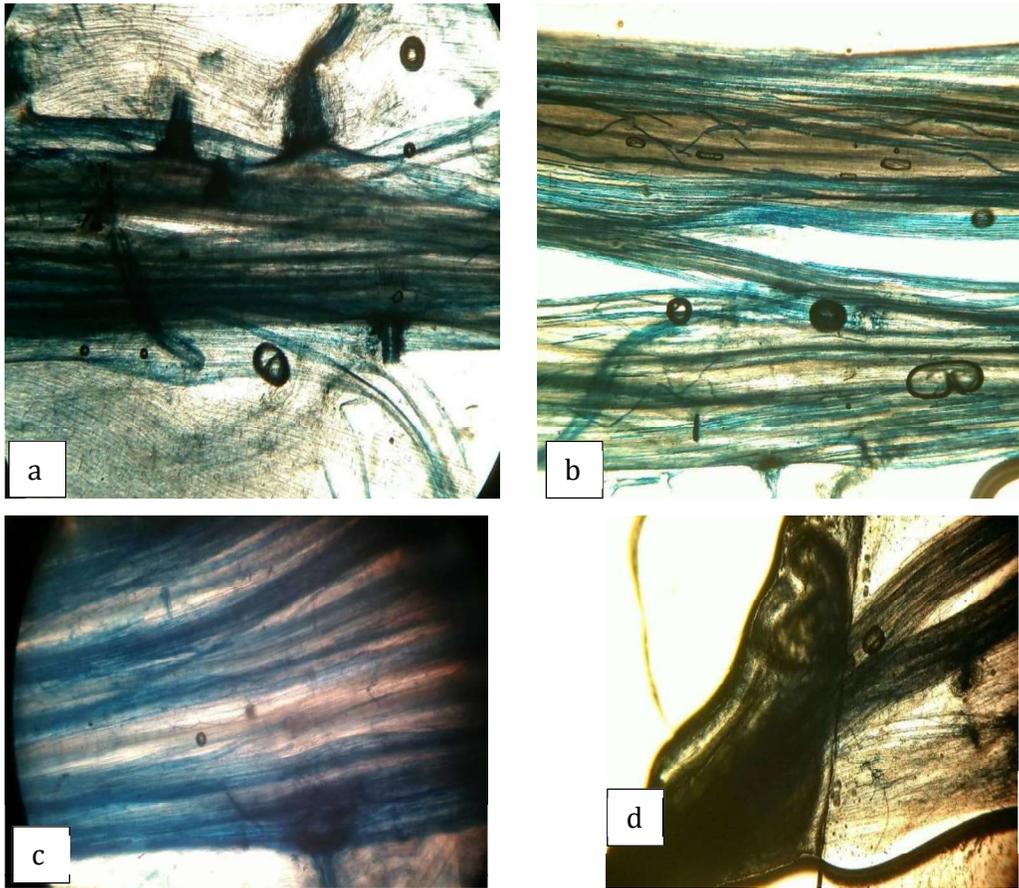
Gambar 3. *Glomus claroideum/Glomus claroideum-34-1-bf-r-1.psd* dan infeksiya di akar *P. lanceolata* (Sumber; Schenck & G.S. Sm. 2007).

Persentase infeksi FMA pada tanaman inang jagung menunjukkan tingkat keefektifan suatu FMA yang mempunyai hubungan simbiosis dengan tanaman inangnya. Makin tinggi tingkat infeksi di akar berarti FMA tersebut berasosiasi dengan baik pada tanaman inang. Jika dilihat pada Tabel 1 sudah memperlihatkan bahwa ada hubungan antara jumlah spora yang dijumpai di perakaran dengan infeksi FMA di akar. Infeksi FMA yang tertinggi di akar tanaman jagung jika diberi multispora infeksiusnya jadi lebih tinggi.

Kemampuan FMA sudah terbukti di dalam memperbaiki pertumbuhan sekalipun di lahan marginal. Hal ini sudah dibuktikan oleh Straker et al., (2010) bahwa tanaman seperti ubi kayu yang baik tumbuh di tanah yang kesuburannya rendah, namun dapat tumbuh meskipun tanahnya sangat tidak subur atau disebut sebagai lahan marginal. Hal ini terbukti disebabkan karena adanya *Glomus manihotis* yang bersifat invasif yang kuat, efektif dan tergolong FMA yang kompetitif yang mampu meningkatkan angkutan hara P dan biomassa tanaman. Selanjutnya menurut Yokoyama, (2002); Mayumi & Mitsuro (2005); Bhartia et al., (2016) bahwa FMA tergolong fungi yang mampu bersimbiosis dengan banyak jenis tanaman. FMA mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perbaikan angkutan hara dan air tanah. Namun demikian permasalahannya adalah adanya persaingan antara FMA inokula dengan FMA alami. Liu et al., (2015) menyatakan bahkan *Glomus versiforme* dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan tahan terhadap toksisitas yang dihasilkan oleh logam berat yang berkontribusi dalam fitoremediasi. Hal ini dibuktikannya terhadap ketahanan tanaman kentang dari keracunan Cd, karena terjadi peningkatan asam fosfatase tanah. *Glomus versiforme* meningkatkan secara nyata DTPA-terekstrakan (phytoavailable) dari konsentrasi 25-50 mg Cd kg⁻¹ di tanah. Selain itu Lanfranco, Garnero, & Bonfante (1999) telah membuktikan bahwa *Glomus versiforme* memiliki gen kitin sintase, membantu pertumbuhan tanaman inang melalui penambahan P. Takanishi, Ohtomo, Hayatsu, & Saito, (2009) menyatakan fosfat anorganik diserap dari tanah oleh hifa ekstra radikal, lalu ditransformasi ke bentuk polyposfat, kemudian ditranslokasikan ke dalam hifa intraradikal di dalam akar bermikoriza dan disuplai ke tanaman melalui hidrolisis di dalam arbuskula.

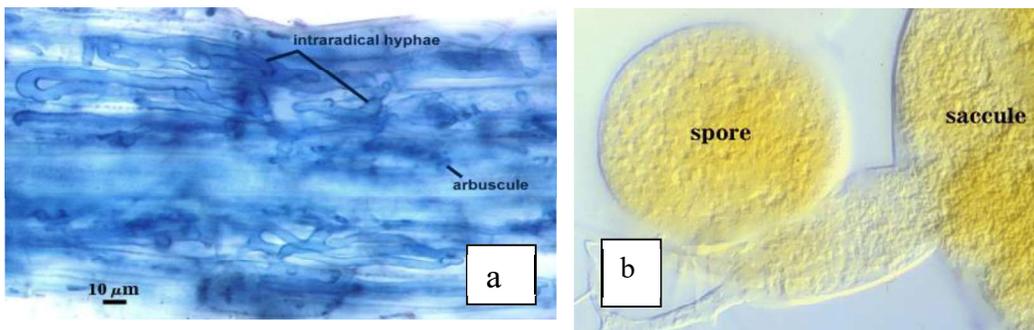
Tanaman memiliki mekanisme seluler yang mungkin terlibat dalam detoksifikasi logam berat dan dengan demikian memberi kemampuan tanaman bertoleransi yang lebih baik terhadapnya. Kolonisasi jamur mikoriza arbuskular adalah salah satu mekanisme ini. Di sini, ada pengaruh jamur mikoriza *G. etunicatum*

terhadap toleransi toksisitas Zn melalui peningkatan aktivitas beberapa enzim antioksidan pada tanaman. Farshian, Khara, Parviz. (2007).



Gambar 4. a-d (a=40 g inokulan *G. Etunicatum*, b= 40 g inokulan multi spora, c=20 g inokulan multi spora, d=40 g inokulan *G. Luteum*). Tampilan perakaran tanaman jagung yang diinfeksi oleh *G. Etunicatum*, *G. Luteum* (single spora) dan b-c (multi spora)

Kemampuan infeksi FMA secara umum tergolong rendah berkisar 20% kecuali yang diinfeksi oleh *G. Etunicatum* dapat mencapai 80%. Kondisi infeksi tersebut dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 5. Struktur FMA di perakaran jagung (West Virginia University, 2007)

Dari laporan penelitian Malekzadeh, Khara, Farshian. (2007), membuktikan bahwa bahwa tanaman tomat yang diinokulasikan dengan FMA *G.etunicatum* yang diberi Co hingga tingkat meracun, menunjukkan pada semua parameter pertumbuhan meningkat dibandingkan tanaman yang tidak dinokulasi FMA. Konsentrasi P berhubungan dengan semua pembentukan chlorofil dan gula yang meningkat. Konsentrasi P meningkat, karena ada hubungannya dengan infeksi FMA.

KESIMPULAN DAN SARAN

1. Kesimpulan

- a. Aplikasi inokulan FMA dalam bentuk multispora sampai dosis 20gr/tanaman mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung di lahan bekas tambang batu bara.
- b. Reklamasi lahan terbukti dari hasil analisis tanah bahwa pH dan kandungan unsur hara lainnya dapat meningkat setelah diaplikasikan FMA.
- c. efektifitas glomalin yang terdapat pada FMA terhadap tanaman sangat menguntungkan

2. Saran

Inokulan FMA sebagai pupuk alami dapat digunakan untuk mereklamasi lahan bekas tambang batubara. Aplikasi FMA terhadap tanaman cukup sekali seumur hidupnya dan dapat memberikan efektifitas yang tinggi pada lahan kritis lainnya.

DAFTAR PUSTAKA

- Bagyara.D.J. 1992. Ecology Of Vesicular-Arbuscular mycorrhizae. P. 3-34 in D.K. Arora, B.Rai,K.G. Mukerti and G.R. Knudsen (Ed.) Handbook of applied Mycology, Soil and plants. New York : Marcel Dekker.
- Bakhtiar.Y.2002. Selection of vascular mycorrhizha (VAM) fungi, host plants and spore numbers for producing inoculum. *J. Biosains dan Bioteknologi Indonesia* 2 (1); 36-40
- Becker W.N. & Gerd. 2005. *Glomus etunicatum*. <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Glomus%20etunicatum.html>. akses tanggal 2 Agustus 2017.
- Bhartia, N., Barnawala, D., Shuklaa, S., Tewarib, S. K., Katiyarb, R. S., & Kalra, A. (2016). Integrated application of Exiguobacterium oxidotolerans, Glomus fasciculatum, and vermicompost improves growth, yield and quality of Mentha arvensis in salt-stressed soils. *Industrial Crops & Products*. <https://doi.org/10.1016/j.indcrop.2015.12.021>
- Farshian S¹, Khara J, Parviz M.. 2007. Effect of arbuscular mycorrhizal (*G. etunicatum*) fungus on antioxidant enzymes activity under zinc toxicity in lettuce plants. *Pak J Biol Sci*. 2007 Jun 1;10(11):1865-9
- Gao, Y., Zhou, Z., Ling, W., Hu, X., & Chen, S. (2017). *Soil Biology & Biochemistry*

- Glomalin-related soil protein enhances the availability of polycyclic aromatic hydrocarbons in soil. *Soil Biology and Biochemistry*, 107, 129–132. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2017.01.002>.
- Lanfranco, L., Garnero, L., & Bonfante, P. (1999). Chitin synthase genes in the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus versiforme*: full sequence of a gene encoding a class IV chitin synthase. *FEMS Microbiology Letter*, 170, 59–67.
- Husin E.F, Azwar & Kasli . 2002. *Mikoriza Pendukung Pertanian Berkelanjutan*. Universitas Andalas. Padang.
- Liu, H., Yuan, M., Tan, S., Yang, X., Lan, Z., Jiang, Q. Jing, Y. (2015). Enhancement of arbuscular mycorrhizal fungus (*Glomus versiforme*) on the growth and Cd uptake by Cd-hyperaccumulator *Solanum nigrum*. *Applied Soil Ecology*, 89, 44–49. <https://doi.org/10.1016/j.apsoil.2015.01.006>
- Malekzadeh P, Khara J, Farshian S. 2007. Effect of Arbuscular Mycorrhiza (*Glomus etunicatum*) on some physiological growth parameters of tomato plant under copper toxicity in solution. *Pak J Biol Sci*. 2007 Apr 15;10(8):1326-30.
- Mayumi, W. A. C., & Mitsuro, K. (2005). Interaction between arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae* and plant growth promoting fungus *Phoma* sp . on their root colonization and growth promotion of cucumber (*Cucumis sativus* L .). *Mycoscience*, 3(3), 201–204. <https://doi.org/10.1007/s10267-005-0230-3>
- Schenck, N.C. & G.S. Sm. 2007. *Glomus claroideum*. <http://www.zor.zut.edu.pl/Glomeromycota/Glomus%20claroideum.html>. akses tanggal 2 Agustus 2017.
- Simanungkalit. R.D.M. 2000. Pemanfaatan jamur Mikoriza sebagai pupuk hayati untuk memberlanjutkan produksi pertanian. Makalah Seminar Sehari. Peranan mikoriza dalam pertanian yang berkelanjutan. Univ Padjajaran. Bandung
- Straker, C. J., Hilditch, A. J., & Rey, M. E. C. (2010). Arbuscular mycorrhizal fungi associated with cassava (*Manihot esculenta* Crantz) in South Africa. *South African Journal of Botany*, 76(1), 102–111. <https://doi.org/10.1016/j.sajb.2009.09.005>
- Takanishi, I., Ohtomo, R., Hayatsu, M., & Saito, M. (2009). Soil Biology & Biochemistry Short-chain polyphosphate in arbuscular mycorrhizal roots colonized by *Glomus* spp .: A possible phosphate pool for host plants. *Soil Biology and Biochemistry*, 41(7), 1571–1573. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2009.04.002>
- West Virginia University, 2017. *Acaulospora spinosa* (reference accession WV861A). <http://fungi.invam.wvu.edu/the-fungi/classification/acaulosporaceae/acaulospora/spinosa.html>
- Yokoyama, K. (2002). A molecular marker diagnostic of a speci c isolate of an arbuscular mycorrhizal fungus , *Gigaspora margarita*. *FEMS Microbiology Letter*, 212, 171–175.