

---

---

## EFEKTIVITAS FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR INDIGEN UNTUK PADI GOGO DI LAHAN KERING MARJINAL

**Margarettha, M. Syarif dan Hasriati Nasution**

Jurusan Agroekoteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jambi  
email: margarettha@unja.ac.id; msyarif@unja.ac.id; hasriati@yahoo.co.id

### ABSTRAK

Peningkatan produksi padi gogo pada lahan kering marjinal seperti Ultisol tidak optimal disebabkan kesuburan tanah yang rendah. Kandungan bahan organik, reaksi tanah dan ketersediaan hara makro sangat rendah, sedangkan unsur-unsur yang bersifat toksik seperti Al, Fe cukup tinggi. Salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan produktivitas lahan kering marjinal adalah dengan memanfaatkan mikroba potensial seperti fungi mikoriza arbuskular (FMA). Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk hayati FMA indigen yang diisolasi langsung dari rizosfir padi gogo terhadap kemampuan kolonisasi FMA pada akar tanaman padi gogo dan hasil padi gogo di lahan kering marjinal Ultisol. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan dan 4 kelompok, yaitu: A = Tanpa inokulan FMA indigen; B = Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-1; C = Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-2; D = Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-5; E Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-8; F = Inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp-1; G = Inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp-2; H = Gabungan inokulan FMA indigen *Glomus* sp 1, 2, 5, 8; I = Gabungan inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp 1, 2; J = Gabungan perlakuan H dan I. Petak percobaan ukuran 2 m x 2 m dengan jarak tanam 25 cm x 25 cm. Inokulan FMA diberikan 15 g per lobang tanam dan bibit padi gogo di tanam sebanyak 3 bibit per lobang tanam. Pupuk yang diberikan adalah 250 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 75 kg ha<sup>-1</sup> SP-36 dan 100 kg ha<sup>-1</sup> KCl. Pengamatan meliputi kolonisasi FMA, tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, jumlah anakan produktif, hasil dan bobot 1000 butir. Data dianalisis secara sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan analisis data dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) taraf 5%. Hasil penelitian diperoleh inokulan FMA indigen yang efektif untuk padi gogo adalah pemberian FMA secara bersamaan antara genus *Glomus* dan *Acaulospora* dengan tingkat kolonisasi sebesar 57,5% - 65%. Untuk anakan produktif terjadi kenaikan sebesar 15% dan 23,78% untuk hasil gabah dari pemberian pupuk hayati FMA untuk semua jenis *Glomus* (FMA *Glomus* sp-1, *Glomus* sp-2, *Glomus* sp-5 dan *Glomus* sp-8).

**Kata kunci: Efektivitas, FMA Indigen, Ultisol, Padi**

### PENDAHULUAN

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) adalah fungi yang hidup secara asosiasi simbiotik dengan akar tumbuhan terestrial (Prasad., 2017) pada lebih 80% jenis tumbuhan (Smith dan Read, 2008; Sánchez-Ramírez., 2017). Manfaat FMA pada tanaman sudah banyak dilaporkan. Tanaman bermikoriza lebih baik pertumbuhannya dibandingkan dengan tanpa mikoriza. Asosiasi FMA dengan tanaman memberikan nilai manfaat antara lain peningkatan serapan hara fosfor (Smith dan Read, 2008; Effendy dan Wijayani, 2011), meningkatkan hara N dan P dari akar tanaman (Teotia., 2017) meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman air (Ruiz-Lozano., 2008; Medina dan Azcón, 2011), melindungi tanaman dari

---

patogen (Tripathi., 2008; Pereira., 2016), revegetasi lahan bekas tambang (Margarettha, 2014).

Efektifitas FMA indigen telah dilaporkan oleh Margarettha., (2013) pada tanaman karet, dimana pemberian FMA indigen mampu meningkatkan ketersediaan P tanah dari 4,32 ppm menjadi 7,56 ppm dibandingkan dengan tanaman karet yang tidak diinokulasi FMA. Syamsiah., (2014) melaporkan pemberian FMA mampu meningkatkan hasil padi gogo (GKG) sebesar 25% dibandingkan dengan padi tanpa inokulasi FMA.

Usaha peningkatan produksi padi untuk menjaga kecukupan pangan diantaranya dengan cara perluasan panen terutama di lahan kering untuk padi gogo. Dari sebarannya lahan kering marjinal seperti Ultisol mempunyai potensi besar untuk lahan pertanian. Permasalahan pada lahan kering marjinal Ultisol adalah tingkat kesuburannya rendah, kemampuan menahan air juga rendah serta tingginya kandungan logam yang bersifat toksik bagi tanaman. Menurut Fitriatin., (2014) Ultisol merupakan tanah yang memiliki masalah kemasaman tanah, bahan organik rendah dan nutrisi makro rendah dan ketersediaan P sangat rendah disebabkan difiksasi oleh Al dan Fe. Menurut Effendy dan Wijayani (2011) bahwa Ultisol mempunyai kapasitas tukar kation (KTK), kejenuhan basa (KB) dan C-organik rendah, kandungan aluminium (kejenuhan Al) tinggi, fiksasi P tinggi, kandungan besi dan mangan mendekati batas meracuni tanaman, peka erosi.

Upaya menaikkan produktivitas lahan kering marjinal seperti Ultisol diantaranya dapat dengan aplikasi pupuk hayati (*biofertilizer*) FMA pada tanaman padi gogo. Pemberian FMA merupakan salah satu cara meningkatkan produksi tanaman di lahan kering berbasis ramah lingkungan karena mempunyai fungsi menjaga kesehatan fisiologi tanaman dan siklus unsur hara. Besarnya potensi pupuk hayati FMA untuk tanaman terutama di lahan marjinal, maka perlu usaha untuk pemanfaatannya dalam skala luas sehingga tercipta sistem pertanian yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas pupuk hayati FMA indigen yang diisolasi langsung dari rizosfir padi gogo terhadap kemampuan kolonisasi FMA pada akar tanaman padi gogo dan hasil padi gogo di lahan kering marjinal Ultisol.

## METODE PENELITIAN

Percobaan dilakukan di desa Kasang Kota Karang kecamatan Kumpeh Ulu kabupaten Muaro Jambi. Analisis tanah dan pengamatan kolonisasi FMA dilaksanakan di laboratorium Kimia dan Kesuburan Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi.

Bahan yang digunakan adalah 6 jenis isolat FMA indigen yang diisolasi dari rizosfir padi, yaitu empat jenis isolat *Glomus* (*Glomus* sp-1, *Glomus* sp-2, *Glomus* sp-5, *Glomus* sp-8) dan dua jenis isolat *Acaulospora* (*Acaulospora* sp-1, *Acaulospora* sp-2). Selanjutnya benih padi gogo varitas Impago 5, pupuk *Growmore* (25-5-20), zeolit, benih *P. javanica*, pupuk Urea, SP-36, KCl, air bebas ion, larutan glukosa 60%, KOH 10%, HCl 2%, larutan staining (Trypan blue 0,05%).

Alat-alat yang dipakai adalah pot kecil, gembor, cangkul, kantong plastik, jaring, mikroskop *compound* dan mikroskop *stereo*, seperangkat alat-alat laboratorium yang diperlukan untuk analisis sifat-sifat tanah dan infeksi FMA.

Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) dengan 10 perlakuan dan 4 kelompok, yaitu: A = Tanpa inokulan FMA indigen; B = Inokulan FMA indigen *Glomus*

sp-1; C = Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-2; D = Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-5; E Inokulan FMA indigen *Glomus* sp-8; F = Inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp-1; G = Inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp-2; H = Gabungan inokulan FMA indigen *Glomus* sp 1, 2, 5, 8; I = Gabungan inokulan FMA indigen *Acaulospora* sp 1, 2; J = Gabungan perlakuan H dan I.

Petak percobaan dengan ukuran 2 m x 2 m dengan jarak antar petak 0,5 m dan jarak antar kelompok 1 m. Inokulan FMA diberikan sebanyak 15 g per lobang tanam dan bibit padi gogo di tanam sebanyak 3 bibit per lobang tanam. Jarak tanam adalah 25 cm x 25 cm. Pupuk yang diberikan adalah 250 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 75 kg ha<sup>-1</sup> SP-36 dan 100 kg ha<sup>-1</sup> KCl.

Pengamatan meliputi kolonisasi FMA, tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, jumlah anakan produktif, hasil dan bobot 1000 butir. Semua data dianalisis secara sidik ragam dan untuk mengetahui perbedaan pengaruh antar perlakuan analisis data dilanjutkan dengan Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5%.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Kondisi Sifat Kimia Tanah Percobaan

Kesuburan tanah lokasi percobaan (Tabel 1) secara umum relatif kurang subur. Reaksi tanah termasuk masam dengan tingkat ketersediaan unsur hara rendah (P tersedia dan K-dd). Untuk N total termasuk sedang, diduga lahan lokasi percobaan mempunyai residu N yang cukup banyak akibat pemakaian pupuk organik dan pupuk Urea yang cukup intensif oleh petani.

Tabel 1. Sifat Kimia Tanah Ultisol Lokasi Percobaan Sebelum Tanam

Sifat Kimia Tanah	Nilai*	
pH H <sub>2</sub> O	5,02	Masam
pH KCl	4,57	
C organik (%)	1,85	Rendah
N total (%)	0,22	Sedang
C/N	8,41	Rendah
P tersedia (ppm)	12,65	Rendah
K – dd (me/100 g)	0,22	Rendah
KTK (me/100 g)	13,25	Rendah
Al-dd (me/100 g)	2,55	
H-dd (me/100 g)	0,89	

\*Sumber: Balai Penelitian Tanah (2009)

Secara umum tingkat kesuburan tanah lokasi percobaan adalah miskin. Rendahnya kandungan hara terutama hara fosfor dan kalium mengindikasikan bahwa kondisi tanah dalam keadaan marjinal. Reaksi tanah yang bersifat masam mengakibatkan sulitnya tanaman menyerap unsur hara terutama P dari dalam tanah dikarenakan hara P yang terfiksasi oleh Aluminium. Pada kondisi tanah yang bereaksi masam juga mengakibatkan mudah terlarutnya unsur-unsur mikro dalam jumlah besar yang bersifat racun bagi tanaman. Kandungan C organik tanah yang rendah berpengaruh terhadap rasio C/N tanah. Kandungan C organik sangat berpengaruh kepada kehidupan biota tanah.

Pencucian basa-basa merupakan penyebab utama kemasaman tanah pada Ultisol, yang ditandai dengan rendahnya nilai basa-basa dapat tukar. Kondisi ini menyebabkan kedudukan kation-kation basa digantikan oleh ion  $H^+$  dan  $Al^{+3}$ . Selanjutnya reaksi tanah masam akan berhubungan dengan kandungan aluminium dapat dipertukarkan dan kejenuhan aluminium. Semakin meningkat nilai pH tanah maka nilai Al-dd dan kejenuhan aluminium di dalam tanah akan semakin menurun. Begitu juga sebaliknya dengan menurunnya pH tanah maka nilai Al-dd di dalam tanah akan semakin meningkat. Hasil ini sejalan dengan yang dilaporkan oleh Syahputra., (2015), terhadap sifat-sifat tanah Ultisol di beberapa lokasi di Sumatera Utara. Lebih lanjut dilaporkan bahwa pH tanah 4,3 – 4,9 dengan kadar Al-dd 0,55 – 4,72 me  $100\ g^{-1}$ , C organik 0,13 – 1,12%, N total 0,09 – 0,18%, P tersedia 0,53 – 2,00 ppm, K-dd 0,03 – 0,32 me  $100\ g^{-1}$ .

### Kolonisasi FMA

Efektivitas FMA pada tanaman inang ditandai dengan kemampuan FMA dalam mengkolonisasi akar tanaman inang. Inokulasi FMA indigen asal rizosfir padi gogo mampu mengkolonisasi akar tanaman padi gogo disajikan pada Tabel 2.

Inokulasi FMA indigen dalam bentuk spora tunggal (*Glomus* – sp atau *Acaulospora* – sp) pada akar padi gogo memberikan persentasi infeksi (membentuk kolonisasi) kategori sedang. Kemampuan kolonisasi FMA pada akar tanaman padi gogo semakin besar bila inokulan diberikan secara konsorsium, sehingga terjadi peningkatan persentase kolonisasi dari sedang menjadi tinggi.

Tabel 2. Rata-Rata Kolonisasi FMA Indigen Pada Akar Padi Gogo di Lahan Kering Marjinal Ultisol

Perlakuan	Kolonisasi FMA (%)	Keterangan*
A	10,0 a	rendah
B	37,5 b	sedang
C	42,5 b	sedang
D	30,0 b	sedang
E	35,0 b	sedang
F	32,5 b	sedang
G	40,0 b	sedang
H	57,5 c	tinggi
I	60,0 c	tinggi
J	65,0 c	tinggi

\*Sumber: The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA; SR (0 – 5%); R (6 – 25%); Sedang (26 – 50%); T (51 – 75%); ST (> 75%)

Keterangan: Angka rata-rata pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

Tingginya infeksi akar oleh FMA indigen dimungkinkan karena terbentuk hifa eksternal. Infeksi dicirikan oleh adanya hifa dengan struktur yang disebut arbuskula (*arbuscules*) dan ada juga yang membentuk struktur berbentuk oval yang disebut vesikula (*vesicules*) yang

---

berbentuk jaring pada bagian badan akar. Kolonisasi tertinggi sebesar 57,5% - 65% dari konsorsium genus *Glomus* dan *Acaulospora* pada akar padi gogo selama 4 bulan. Bila dikaji dari waktu untuk proses kolonisasi FMA pada akar tanaman, maka hasil ini cukup baik bila dibandingkan dengan penelitian yang dilakukan oleh Babu dan Reddy (2011), dimana diperoleh kolonisasi FMA sebesar 55% pada akar tanaman bambu yang ditanam selama 12 bulan pada media tanam tanah bekas pembakaran tambang batubara di Orissa India.

Winata., (2014) telah menguji infeksi FMA pada 25 kultivar padi (padi sawah dan padi gogo). Diperoleh infeksi FMA tertinggi (> 70%) pada padi gogo kultivar Lumbuk. Laporan ini memperkuat temuan dari hasil percobaan yang dilakukan bahwa FMA indigen mempunyai kemampuan kolonisasi tinggi jika dikembalikan ke habitatnya.

Perkembangan kolonisasi FMA dimulai dengan pembentukan apresorium. Apresorium merupakan struktur penting dalam siklus hidup FMA. Hal ini diinterpretasikan sebagai kejadian kunci bagi pengenalan interaksi yang berhasil dengan bakal calon tanaman inang. Fase kontak akan diikuti dengan fase simbiotik. Sejak fase itu, fungi menyempurnakan proses morfogenesis kompleks dengan memproduksi hifa interseluler dan intraseluler, vesikel, dan arbuskular (Smith dan Read, 2008).

Menurut Prasad., (2017) arbuskular adalah struktur hifa yang berasal dari percabangan hifa di dalam sel korteks akar tanaman inang. Bentuk arbuskular menyerupai pohon kecil yang berfungsi sebagai tempat pertukaran zat-zat metabolit primer (terutama Glukosa dan Fosfor) antara fungi dan akar tanaman. Arbuskular mempunyai peran yang sangat penting karena berfungsi sebagai tempat masuknya hara mineral dari tanah yang diabsorpsi oleh akar dan hifa ke dalam sel inang. Proses tersebut menyebabkan terjadinya peningkatan sitoplasma, respirasi, dan aktivitas enzim pada kedua organisme tersebut sehingga tanaman inang akan dapat memanfaatkan fosfor dari fungi dan sebaliknya fungi endomikoriza mengabsorpsi glukosa dan karbon dari inangnya.

Vesikel biasanya dibentuk lebih banyak di antara dinding sel korteks pada daerah infeksi yang sudah tua, dan terbentuk setelah pembentukan arbuskular. Jika suplai metabolik dari tanaman inang berkurang, cadangan makanan akan digunakan oleh fungi yang menyebabkan vesikel mengalami degenerasi (Prasad., 2017).

Perbedaan keefektifan FMA sangat ditentukan oleh kombinasi fungi dengan inang. Perbedaan jenis inokulan FMA akan menyebabkan adanya perbedaan kemampuan dalam mengkolonisasi akar tanaman. Menurut Babu dan Reddy (2011), ini disebabkan reaksi kompatibilitas, reaksi inkompatibilitas, serta keefektifan FMA. Kolonisasi FMA pada akar tanaman juga sangat ditentukan adanya kesesuaian mikoriza dengan inang dalam mekanisme transfer atau pertukaran nutrisi antara keduanya, kemampuan hidup mikoriza, dan kepekaan inang.

Menurut Novikusianti., (2005) adanya perbedaan kolonisasi FMA menunjukkan bahwa vegetasi dengan jumlah persentase spora yang besar tidak berarti bahwa persentase infeksi akan besar pula. Dengan kata lain, tidak ada korelasi antara jumlah spora dengan persentase infeksi akar pada inang. Jadi, walaupun jumlah spora yang terdeteksi ada sedangkan infeksi tidak ada sama sekali, hal tersebut sangat mungkin terjadi. Menurut Kageyama *et al.*, (2008) FMA genus *Glomus* mempunyai kemampuan adaptasi dan toleransi yang lebih luas terhadap kondisi lingkungan yang marjinal dibandingkan dengan genus FMA lainnya. Kemampuan bertahan dari FMA genus *Glomus* menurut Medina dan Azcón (2010) bisa dikarenakan

keberadaannya pada akar tanaman di tanah yang tidak begitu dalam. Kedalaman tanah dapat mempengaruhi jumlah dan jenis mikoriza. Semakin bertambah kedalaman maka jumlah dan jenis spora yang ditemukan semakin sedikit hal ini dipengaruhi oleh kandungan air, kandungan oksigen, dan bahan organik.

### Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo

Pertumbuhan dan hasil padi gogo yang diinokulasi FMA indigen pada padi gogo di lahan kering marjinal Ultisol disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Rata-Rata Pertumbuhan dan Hasil Padi Gogo Yang Diinokulasi FMA Indigen

Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)	Jumlah Anakan Maksimum	Jumlah Anakan Produktif	Hasil (g/petak)	Bobot 1000 butir ( g )
A	70,50 a	45 a	20,00 a	1681,6 a	21,28 a
B	87,06 b	56 b	21,75 a	1898,1 b	22,35 a
C	86,88 b	52 ab	20,00 a	1729,3 b	21,35 a
D	88,83 b	66 c	20,75 a	1723,4 b	23,55 a
E	94,49 c	67 c	20,25 a	1742,5 b	21,15 a
F	98,03 c	47 a	20,75 a	1654,3 a	22, 20 a
G	96,79 c	49 a	23,00 b	2081,6 c	23,28 a
H	114,06 d	56 b	21,75 a	1898,1 b	22,35 a
I	112,41 d	62 b	20,32 a	1929,3 b	23,35 a
J	115,83 d	56 b	20,75 a	1923,4 b	23,55 a

Keterangan: Angka rata-rata pada kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama berbeda tidak nyata menurut uji DMRT pada taraf 5%.

Pemberian pupuk hayati FMA indigen pada padi gogo nyata meningkatkan tinggi tanaman, jumlah anakan maksimum, anakan produktif serta hasil gabah dibandingkan dengan tanaman tanpa diberi FMA. Terjadinya perbaikan pertumbuhan tanaman padi gogo yang diberi pupuk hayati FMA disebabkan kolonisasi FMA menjadikan daya jelajah akar terhadap serapan unsur hara dan air lebih luas. Kondisi ini telah dijelaskan oleh Teotia., (2017) bahwa hifa FMA selain berkembang di dalam jaringan akar, hifa FMA juga berkembang di luar akar. Hifa FMA yang berkembang di luar akar akan membantu akar dalam menyerap unsur hara terutama P serta air.

Gabungan inokulan FMA semua spesies *Glomus* (perlakuan G) memberikan jumlah anakan produktif dan hasil gabah tertinggi dibandingkan spora tunggal FMA lainnya maupun gabungan inokulan *Acaulospora* atau gabungan semua genus yang diuji. Konsorsium dari semua jenis *Glomus* yang diuji ternyata mempunyai potensi yang lebih besar dalam anakan produktif dan hasil gabah. Terjadi peningkatan anakan produktif sebesar 15% dan 23,78% untuk hasil gabah dari pemberian pupuk hayati FMA untuk semua jenis *Glomus* (perlakuan G). Kondisi ini memberi petunjuk bahwa inokulan FMA *Glomus* sp-1, *Glomus* sp-2, *Glomus* sp-5 dan *Glomus* sp-8 berpeluang besar sebagai inokulan potensial untuk dikembangkan dan diaplikasikan pada padi gogo di lahan kering marjinal.

Pupuk hayati FMA sangat berguna untuk meningkatkan serapan hara bagi tanaman, khususnya unsur P. Inokulan FMA mempunyai jaringan hifa eksternal sehingga dapat memperluas bidang penyerapan air dan hara. Effendy dan Wijayani (2011) melaporkan bahwa

---

kecepatan masuknya hara P ke dalam hifa FMA dapat mencapai enam kali lebih cepat pada akar tanaman yang terinfeksi FMA dibandingkan dengan yang tidak terinfeksi FMA. Hal ini terjadi karena jaringan hifa eksternal FMA mampu memperluas bidang serapan.

Disamping itu, ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro), sehingga hifa dapat menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Medina dan Azcón, 2011). Penyerapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran masa, seperti N, K, dan S, sehingga serapan unsur hara semakin meningkat (Teotia., 2017). Disamping penyerapan hara melalui aliran massa, penyerapan unsur P dapat meningkat disebabkan karena hifa mikoriza mengeluarkan enzim fosfatase yang mampu melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik, sehingga unsur P tersedia bagi tanaman. Pada tanah yang terdegradasi, inokulasi FMA sangat efektif bagi tanaman.

### KESIMPULAN

Hasil penelitian diperoleh inokulan FMA indigen yang efektif untuk padi gogo adalah pemberian FMA secara bersamaan antara genus *Glomus* dan *Acaulospora* dengan tingkat kolonisasi sebesar 57,5% - 65%. Untuk anakan produktif terjadi kenaikan sebesar 15% dan 23,78% untuk hasil gabah dari pemberian pupuk hayati FMA untuk semua jenis *Glomus* (FMA *Glomus* sp-1, *Glomus* sp-2, *Glomus* sp-5 dan *Glomus* sp-8).

### DAFTAR PUSTAKA

- Babu, Giridhar A, Reddy MS. 2011. Diversity Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Associated With Plants Growing In Fly Ash Pond And Their Potential Role In Ecological Restoration. *Current Microbiology* 63: 273–28.
- Effendy, M dan B. W. Wijayani. 2011. Estimation Of Available Phosphorus In Soil Using The Population Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi Spores. *J Trop Soils* 16 (3): 225-232.
- Fitriatin, B. N., A. Yuniarti., T. Turmuktini., dan F. K. Ruswandi. 2014. The Effect Of Phosphate Solubilizing Microbe Producing Growth Regulators On Soil Phosphate, Growth And Yield Of Maize And Fertilizer Efficiency On Ultisol. *J. of Soil Sci. Indonesia*. 101-107.
- Kageyama, S.A., K. G. Mandyam, and A. Jumpponen. 2008. Diversity, Function and Potential Applications of the Root-Associated Endophytes. In Ajit Varma (Ed.) *Mycorrhiza, Genetics and Molecular Biology, Eco-function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p:29-57.
- Margarettha, Suryanto dan E. Kartika. 2013. Uji efektivitas mikoriza dari tanah yang tercemar senyawa hidrokarbon aromatik polisiklik pada bibit karet. *Prosiding Seminar Nasional dan Semirata BKS Barat Bidang Ilmu-ilmu Pertanian*, 19-20 Maret 2013. hal:211-217.
- Margarettha, 2014. Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular Indigen Untuk Bibit Karet pada Tanah Bekas Tambang Batubara. *Jurnal Lahan Suboptimal* 3(2): 193-200.

- 
- Medina A, dan Azcón R. Effectiveness of the application of Arbuscular mycorrhiza fungi and organic amendments to improve soil quality and plant performance under stress conditions. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition* 10 (3): 354–372.
- Novikusianti W, Nurtjahya E, Khodijah NS, Setiadi Y. 2005. Status cendawan mikoriza arbuskula (CMA) di lahan pasca penambangan timah di desa Sempan Bangka. *Prosiding Seminar Nasional dan Workshop Pemanfaatan Cendawan Mikoriza untuk Meningkatkan Produksi Tanaman Pada Lahan Marginal. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Jambi.* Hal.121-131.
- Pereira, J., Vieira, I., Freitas, M., Prins, C., Martins, M., & Rodrigues, R. 2016. Effects of arbuscular mycorrhizal fungi on *Capsicum* spp. *The Journal of Agricultural Science*, 154(5): 828-849.
- Prasad R., Bholá D., Akdi K., Cruz C., Sairam KVSS, Tuteja N., dan Varma A. 2017. Introduction to Mycorrhiza: Historical Development. In Ajit Varma, Ram Prasad dan Narendra Tuteja (Eds). *Mycorrhiza - Function, Diversity, State Of The Art.* Springer International Publishing. p:1-7.
- Ruiz-Lozano, J.M., R. Porcel, and R. Aroca. 2008. Evaluation of the Possible Participation of Drought-induced Genes in the Enhanced Tolerance of Arbuscular Mycorrhizal Plants to Water Deficit In Ajit Varma (Ed.) *Mycorrhiza, Genetics and Molecular Biology, Eco-function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p:185-205.
- Sánchez-Ramírez S., Wilson A.W., dan Ryberg M. 2017. Overview of Phylogenetic Approaches to Mycorrhizal Biogeography, Diversity and Evolution. In Leho Tedersoo (Ed). *Biogeography of Mycorrhizal Symbiosis.* Springer International Publishing. p:1-37.
- Smith, S.E. dan D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis.* 3<sup>th</sup> Edt. Elsevier. 789 p.
- Syahputra E., Fauzi dan Razali. 2015. Karakteristik Sifat Kimia Sub Grup Tanah Ultisol di Beberapa Wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroekoteknologi* 4(1):1796 – 1803.
- Syamsiyah J., Hendro B. S, Hanudin E., Widada J. 2014. Pengaruh Inokulasi Jamur Mikoriza Arbuskula Terhadap Glomalin, Pertumbuhan Dan Hasil Padi. *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi* 11 (1):39-46.
- Teotia P., Kumar M., Prasad R., Kumar V., Tuteja N., and Ajit Varma. 2017. Mobilization of Micronutrients by Mycorrhizal Fungi. In In Ajit Varma, Ram Prasad dan Narendra Tuteja (Eds). *Mycorrhiza - Function, Diversity, State Of The Art.* Springer International Publishing. p:9-26.
- Tripathi, S., S. Kamal, I. Sheramati, R. Oelmuller, and A. Varma. 2008. Mycorrhizal Fungi and Other Root Endophytes as Biocontrol Agents Against Root Pathogens In Ajit Varma (Ed.) *Mycorrhiza, Genetics and Molecular Biology, Eco-function, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg. p:281-306.
- Winata N. A., Basunanda P., Supriyanta. 2014. Tanggapan Dua Puluh Lima Kultivar Padi (*Oryza sativa* L.) Terhadap Infeksi Cendawan Mikoriza Arbuskular. *Vegetalika* 3(3):38 – 48