Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Perkebunan Kelapa Sawit PT. Lembah Bhakti di Rawa Singkil dengan Kultur *Trapping*

(Exploration of Arbuscular Mycorrhizal Fungi on Oil Palm Plantation PT. Lembah Bhakti at Singkil Swamp with Trapping Culture)

Safran¹, Ashabul Anhar¹, Fikrinda^{1*}

¹Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Syiah Kuala

Abstrak. Penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada perkebunan kelapa sawit PT Lembah Bhakti dengan kultur trapping. Populasi spora dan kolonisasi FMA pada akar kelapa sawit di amati pada kelapa sawit umur 5 tahun, 10 tahun, dan 15 tahun dengan tiga media pembawa (zeolit, pasir dan biochar). Terdapat dua genus yang ditemukan pada rizosfir kelapa sawit yaitu *Glomus* dan *Acaulospora*. *Glomus* merupakan genus yang dominan dan *Glomus* sp1 merupakan spesies yang lebih banyak. Hasil penelitian menunjukkan kepadatan spora tertinggi didapatkan pada rizosfer kelapa sawit umur 5 tahun (65 spora per 50g tanah) sedangkan kolonisasi akar tertinggi didapatkan pada umur 10 tahun (39,6 %). Zeolit merupakan media pembawa terbaik dalam kultur *trapping* yang ditunjukkan oleh lebih tingginya kepadatan spora maupun kolonisasi akar.

Kata kunci : *Glomus*, *Acaulospora*, Media, Perkebunan kelapa sawit

abstract. This research was conducted to explore the arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) at oil palm plantation of PT Lembah Bhakti with trapping culture. AMF Spore populations at colonization at the root of palm oil were observed in oil palm aged were observation at 5 years, 10 years, and 15 years with three carrier media (zeolite, sand and biochar). There are two genera found *Glomus* and *Acaulospora*. *Glomus* was the dominant genus and *Glomus* sp1 was a larger species. The results showed that the highest spore density was found in the 5-year-old palm oil rizosphere (65 spores per 50g of land) while the highest root colonization was obtained at age 10 (39.6%). Zeolite was the best carrier in trapping culture which is shown by higher spore density and root colonization.

Keywords: *Glomus*, *Acaulospora*, Medium, Oil palm plantation

PENDAHULUAN

Fungi mikoriza arbuskula (FMA) adalah kelompok fungi yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman (Suamba, Wirawan dan Adiartayasa 2014). Menurut Smith dan Read (2008), FMA dapat berasosiasi dengan 90% jenis tanaman dikotiledon, monokotiledon. Beberapa jenis tanaman yang dapat bersimbiosis dengan FMA adalah tebu, teh, tembakau, palem, kopi, karet, kapas, jeruk, kakao dan kelapa sawit (Sunarti *et al.*, 2004; Bolan, 1991)

Selain jenis tanaman, keberadaan FMA juga dipengaruhi oleh umur tanaman (Guadarrama *et al.*, 2008; Widiastuti, 2006). Arman *et al.*, (2015) menemukan jumlah dan jenis FMA terbanyak pada rizosfer tanaman kelapa sawit berumur 7 tahun dibandingkan dengan umur 2-3 bulan, 2 tahun dan 10 tahun.

FMA dapat ditemukan hampir pada semua bentang lahan, termasuk lahan gambut (Sibarani, 2011). Rawa Singkil merupakan satu dari tiga rawa gambut yang cukup luas di Provinsi Aceh dengan luasan areal hingga 100.000 hektar (Djufri, Abdullah dan Muchlisin, 2013). Lahan ini banyak dikonversi menjadi perkebunan kelapa sawit (Ariantiningasih 2008) yang dikelola oleh masyarakat itu sendiri dan beberapa perusahaan swasta, salah satunya adalah PT. Lembah Bhakti. Area perkebunan kelapa sawit di PT. Perkebunan Lembah Bhakti terletak di dua kecamatan yaitu Kecamatan Gunung Meriah dengan luas

area tanam 2.560,99 dan Kecamatan Singkil Utara dengan luasan area tanam 3.346,89 ha (PT. Perkebunan Lembah Bhakti, 2014).

Eksplorasi FMA secara langsung dari rizosfer alami sering memperoleh hasil yang rendah (Rengganis, 2013). Untuk mengatasi hal tersebut dapat dilakukan dengan kultur *trapping* (Siregar, 2014; Sibarani, 2011). Penggunaan media yang sesuai dapat mempengaruhi perkembangan FMA pada kultur *trapping* (Prasetia, 2012). Berbagai media dapat digunakan sebagai media tumbuh pada kultur *trapping*, misalnya tanah, pasir, zeolit, dan arang sekam (Nurbaity *et al.*, 2009; Prematuri dan Faiqoh, 1999; Redecker *et al.*, 1998).

Berdasarkan pemikiran tersebut penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi keberadaan FMA lokal di rizosfer kelapa sawit pada perkebunan PT. Lembah Bhakti di kawasan Rawa Singki dengan menggunakan kultur *trapping*.

MATERI DAN METODE

Pengambilan sampel

Penelitian ini merupakan Sampel tanah dan akar diambil di rizosfer berbagai umur kelapa sawit yaitu: 5 tahun, 10 tahun dan 15 tahun pada kedalaman 0-20 cm. Sampel tanah dari tanaman kelapa sawit berumur 5 dan 15 tahun diambil di Afdeling Carli yang berlokasi di Desa Pandan Sari Kecamatan Gunung Meriah, Aceh Singkil, sedangkan umur 10 tahun diambil di Afdeling Fanta yang terletak di Desa Kampung Baru Kecamatan Singkil Utara, Aceh Singkil. Sampel tanah dan akar tanaman untuk setiap ulangan pada setiap umur tanaman merupakan komposit dari lima tanaman dengan jarak 9m dan sedangkan jarak antar ulangan adalah 25m.

Analisis kimia tanah

Sampel tanah yang digunakan untuk kultur *trapping* terlebih dahulu dianalisis kimia tanah dilaksanakan di Laboratorium Departemen Ilmu Tanah Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB. Parameter yang diamati: pH (Elektrometrik), C-organik (pembakaran/pengabuan/ gravimetrik), N-total (kjeldhal), P-tersedia (Bray 1), Kdd (Ekstraksi dengan 1N NH₄OAc pH 7,0), KTK (Ekstraksi dengan 1N NH₄OAc pH 7,0)

Isolasi Spora FMA

Teknik yang digunakan untuk mengisolasi spora FMA adalah teknik tuang saring basah (Pacioni, 1992 dalam Brundrett *et al.*, 1996) dan dilanjutkan dengan teknik sentrifugasi (Brundrett *et al.*, 1996). Tanah sebanyak 50 g dilarutkan dalam 500 ml aiselama 30 menit. Selanjutnya suspensi tanah tersebut disaring dengan saringan bertingkat yang berukuran 600, 250, 106, 53, dan 38 μ m dengan menggunakan air mengalir sampai jernih. Hasil saringan dari sari saringan berukuran 250, 106, 53, dan 38 μ m ditransfer ke tabung sentrifus dan disentrifusi selama 5 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Supernatan hasil sentrifus dibuang, danendapan diresuspensi dengan larutan sukrosa 50% serta disentrifus kembali selama satu menit dengan kecepatan 2500 rpm. Spora dipanen dengan cara menyaring supernatan dengan menggunakan saringan berukuran 38 μ m. Untuk menghilangkan sisa sukrosa, spora dalam saringan dibilas dengan air, dan spora yang tertampung diamati dengan menggunakan mikroskop *dissecting*.

Identifikasi Spora FMA

Identifikasi spesies FMA dilakukan dengan mengamati karakter morfologinya yang meliputi bentuk, ukuran dan warna spora di bawah mikroskop cahaya (100-400 x). Spora tersebut diidentifikasi berdasarkan dengan menggunakan *Manual for the Identification of Mycorrhiza Fungi* seperti dideskripsikan oleh Schenk dan Perez (1990).

Kolonisasi FMA Pada Akar Tanaman

Akar-akar kelapa sawit dari berbagai umur tanaman, dicuci dengan air dan djernihkan dengan 10% KOH dan 100 mL⁻¹ b/v hydrogen peroksida dan diwarnai (staining) dengan .05% trypan blue dalam lactoglycerol (b/v) pada 70°C selama 30–40 menit (Kormanik dan Mc Graw, 1998) dalam Brundrett *et al.*, 1996). Kolonisasi akar dihitung dengan menggunakan metode panjang akar terkolonisasi seperti yang digambarkan oleh Giovannetti dan Mosse (1980 dalam Brundrett *et al.*, 1996) dengan mikroskop *compound*.

Analisis Data

Hasil pengamatan dipaparkan secara deskriptif kuantitatif dengan menyajikan tabel jumlah spora, jenis spora, dan kolonisasi FMA pada berbagai media pembawa (zeolit, pasir, dan biocar)

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Tanah

Sifat kimia tanah merupakan salah satu faktor yang dapat mempengaruhi jumlah spora fungi mikoriza arbuskular. Hasil analisis kimia tanah pada lokasi pengambilan sampel dapat dilihat pada Tabel 2 di bawah ini.

Tabel 2. Hasil Analisis Sifat Kimia Tanah pada perkebunan PT. Lembah Bhakti di Rawa Singkil

Sampel Tanah	pH	KTK (cmol.kg ⁻¹)	C-Organik (%)	N-Total (%)	P-Tersedia (ppm)	K-dd (cmol/kg ⁻¹)
5 Tahun	3,56	20,21	7,66	0,31	16,37	0,22
10 Tahun	5,98	6,74	3,71	0,18	15,80	0,16
15 Tahun	4,45	18,23	5,41	0,40	14,84	0,79

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Departemen Ilmu Tanah Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian, IPB (2016)

Kemasaman tanah dapat mempengaruhi populasi dan aktivitas mikroorganisme (Noor, 2001). Berdasarkan Kriteria Penilaian sifat kimia tanah (LPT, 1983) (Lampiran 1) pH tanah pada rizosfer kelapa sawit pada tiga tingkatan umur di perkebunan kelapa sawit PT. Lembah Bhakti di Lahan Gambut Rawa Singkil memiliki tingkat kemasaman yang berbeda-beda. pH tanah pada rizosfer kelapa sawit berumur 5 tahun dan 15 tahun tergolong kedalam kriteria yang rendah, sedangkan untuk sampel umur 10 tahun tergolong netral.

Nilai pH optimum untuk perkembangan FMA 5,6-7 untuk *Glomus*, pH 4-6 *Gigaspora* dan pH 4-5 *Acaulospora* (Tuheru, 2003).

KTK merupakan salah satu sifat kimia tanah yang dapat dijadikan sebagai indikator kesuburan tanah karena memiliki kaitan erat dengan ketersediaan hara bagi tanaman. Menurut Puspitasari *et al.* (2012) perkembangan FMA dan jumlah spora akan menurun seiring meningkatnya KTK tanah. Nilai KTK pada sampel umur 10 tahun tergolong rendah yaitu $6,74 \text{ cmol kg}^{-1}$ dibandingkan dengan nilai KTK pada umur lainnya yang tergolong kedalam kategori sedang ($18,23\text{-}20,21 \text{ cmol kg}^{-1}$).

Kandungan C-organik tergolong sangat tinggi pada kelapa sawit umur 5 tahun dan 15 tahun yaitu 7,66 dan 5,41 % sedangkan pada sampel umur 10 tahun tergolong tinggi (3,71 %). Menurut Nurhalimah *et al.* (2014) semakin tinggi kadar C-organik dalam tanah maka jumlah FMA juga semakin banyak.

Nilai N total pada umur kelapa sawit 10 tahun tergolong rendah (0,18 %) namun pada umur 5 dan 15 tahun tergolong sedang (0,31 dan 0,40 %). Menurut Setiadi *et al.* (1992) ketersediaan unsur hara N yang rendah akan meningkatkan ketergantungan tanaman untuk berasosiasi dengan mikoriza, karena ketersediaan unsur hara yang rendah dapat mengoptimalkan mikoriza dalam penyerapan hara.

Menurut Octavianti, (2014) ketersediaan P yang tinggi pada tanah secara langsung dapat menurunkan aktivitas FMA, sehingga keberadaan FMA mengalami penurunan, sebaliknya pada P yang rendah dapat meningkatkan kolonisasi FMA dengan akar untuk meningkatkan luas kontak akar untuk mendapatkan unsur hara dari dalam tanah. Nilai P tersedia pada sampel umur 5 tahun lebih tinggi (16,37 ppm) dibandingkan dengan nilai P tersedia untuk umur sampel 10 dan 15 tahun yang keduanya tergolong sedang (15,80 dan 14,84 ppm).

Kandungan K tanah juga dapat mempengaruhi perkembangan spora dan kolonisasi akar oleh FMA (Nurhandayani *et al.*, 2013). Kandungan K-dd untuk umur sampel 5 dan 10 tahun tergolong rendah ($0,20$ dan $0,16 \text{ cmol Kg}^{-1}$), sedangkan untuk umur sampel 15 tahun tergolong tinggi dengan nilai K-dd $0,79 \text{ cmol Kg}^{-1}$.

Jumlah Spora FMA

Spora adalah komponen yang penting sebagai sumber inokulum dibandingkan potongan akar yang telah dikolonisasi oleh FMA (Kartika 2006). Berikut Gambar 3 menunjukkan rata-rata jumlah spora pada berbagai umur kelapa sawit dengan kultur trapping.

Gambar 3. Rata-rata jumlah spora FMA pada berbagai umur kelapa sawit

Jumlah spora FMA pada rizosfer kelapa sawit umur 5 tahun lebih tinggi dari pada umur 10 dan 15 tahun. Hal ini diduga berkaitan dengan nilai C-organik yang lebih tinggi dibandingkan pada rizosfer kelapa sawit umur lainnya. Menurut Nurhalimah *et al.* (2014) semakin tinggi kadar C-organik dalam tanah maka jumlah FMA juga semakin banyak. Menurut Muzakkir (2011) karena C-organik dapat menjamin mineralisasi yang hasilnya dapat menyediakan hara bagi simbiosis FMA dan tanaman.

Selain itu kondisi pH diduga juga mempengaruhi jumlah spora, dimana pada rizosfer kelapa umur 5 tahun memiliki derajat kemasaman yang rendah (masam) yang lebih disukai oleh FMA. Hal ini sesuai dengan pernyataan menurut Prihastuti (2007) menyatakan bahwa FMA dapat hidup dengan baik pada pH tanah masam dan mampu menghasilkan asam-asam organik yang dapat membebaskan P terikat. Pengaruh media terhadap jumlah spora tertera pada Gambar 4.

Gambar 4. Rata-rata jumlah spora FMA pada berbagai media pembawa

Ketiga media pembawa menunjukkan media zeolit mempunyai jumlah spora yang lebih tinggi dibandingkan media pasir dan biocar. Kartika (2006) menyatakan media zeolit menunjukkan jumlah spora yang lebih banyak dibandingkan dengan media tumbuh pasir. Hasil penelitian Denis *et al.* (2013) bahwa media tumbuh zeolit dan tanaman inang jagung menunjukkan hasil yang positif baik itu persentase infeksi maupun pada jumlah populasi spora FMA.

Keragaman Spora FMA

Keragaman FMA pada berbagai media pembawa dan umur tanaman kelapa sawit PT. Lembah Bhakti di Lahan Gambut Rawa Singkil tertera pada Tabel 3 dan 4.

Tabel 3. Jumlah FMA dan Keragaman FMA pada Berbagai Media Pembawa

Media Tanam	Spora FMA				
	<i>Acaulospora</i> sp1	<i>Glomus</i> sp1	<i>Glomus</i> sp2	<i>Glomus</i> sp3	<i>Glomus</i> sp4
Zeolit	16	18	7	7	17
Pasir	14	17	8	8	16
Biochar	15	14	7	8	15
Rata-Rata	15	16	7	8	16

Tabel 4. Jumlah FMA dan Keragaman FMA pada Berbagai Umur Kelapa Sawit

Umur Tanaman	Spora FMA				
	<i>Acaulospora</i> sp1	<i>Glomus</i> sp1	<i>Glomus</i> sp2	<i>Glomus</i> sp3	<i>Glomus</i> sp4
5 Tahun	16	17	7	8	17
10 Tahun	14	16	7	8	16
15 Tahun	15	16	8	8	16
Rata-Rata	15	16	7	8	16

Hasil penelitian ini menunjukkan terdapat dua genus FMA pada rizosfer kelapa sawit berbagai umur dan media pembawa yaitu *Acaulospora* dan *Glomus*. *Glomus* merupakan genus dominan yang ditemukan pada berbagai umur tanaman kelapa sawit dan berbagai media pembawanya. Menurut Suamba *et al.* (2014) *Glomus* memiliki adaptasi yang sangat luas, sehingga hampir ditemukan di berbagai kondisi lingkungan. Hasil yang sama juga ditemukan oleh Husin *et al.* (2007) yang telah mengobservasi dan mengidentifikasi spora FMA jenis *Glomus* sp. dalam jumlah dominan pada berbagai rizosfir tanaman di lahan kritis Sumatera.

Pada penelitian ini terdapat beberapa spesies spora FMA yaitu *Acaulospora* sp 1, *Glomus* sp 1, *Glomus* sp 2, *Glomus* sp 3, *Glomus* sp 4. Dari kedua spesies, *Glomus* sp1. merupakan spesies yang dominan dijumpai dibanding *acaulospora* sp. Karakteristik spesies spora FMA yang ditemukan pada berbagai umur kelapa sawit dengan berbagai media pembawanya terdapat pada Tabel 5.

Tabel 5. Karakteristik spora FMA yang ditemukan pada berbagai umur kelapa sawit dengan berbagai media pembawanya

No	Genus FMA	Deskripsi	Dokumentasi
1	Acaulospora sp1	Spora dari genus Acaulospora dengan ukuran $>100\ \mu\text{m}$, ornament berupa lubang (pitted), berwarna bening kekuningan
2	Glomus sp1	Spora dari genus Glomus dengan ukuran $<100\ \mu\text{m}$, berwarna bening
3	Glomus sp2	Spora dari genus Glomus dengan ukuran $<100\ \mu\text{m}$, berwarna kuning tua
4	Glomus sp3	Spora dari genus Glomus dengan ukuran $<100\ \mu\text{m}$, berwarna merah kecoklatan
5	Glomus sp4	Spora dari genus Glomus dengan ukuran $<100\ \mu\text{m}$, berwarna kuning

4.1 Kolonisasi FMA

Kolonisasi akar FMA ditandai dengan ditemukannya struktur-struktur dari FMA yang mengisi sel korteks seperti arbuskular, versikel, hifa maupun spora (Setiadi & Setiawan, 2011). Infeksi akar merupakan bentuk awal dari simbiosis antara FMA dengan akar tanaman (Chalimah, *et al.*, 2007). Kolonisasi akar dapat mencerminkan tingkat asosiasinya antara FMA dengan tanaman. Rata-rata kolonisasi FMA pada berbagai umur dan media pembawanya dapat dilihat pada Gambar 5.

Gambar 5. Rata-rata kolonisasi FMA pada berbagai umur tanaman kelapa sawit.

Umur kelapa sawit menunjukkan bahwa kolonisasi FMA paling tinggi dijumpai pada umur 10 tahun. Hasil penelitian Arman *et al.*, (2015) menunjukkan bahwa kolonisasi FMA pada berbagai umur tanaman kelapa sawit tertinggi dijumpai pada umur 2-3 bulan. Hal ini diduga kolonisasi akar yang tinggi terjadi berhubungan dengan nilai KTK yang rendah, sehingga merangsang akar FMA untuk memperluas kontak dengan tanah untuk menyuplai hara bagi tanaman. Menurut Puspitasari *et al.* (2012) KTK tanah mempengaruhi perkembangan FMA dan jumlah spora akan menurun dengan meningkatnya KTK tanah. KTK merupakan sifat kimia yang sangat erat hubungannya dengan kesuburan tanah. Tanah dengan KTK tinggi mampu menyerap dan menyediakan unsur hara lebih baik dari pada tanah dengan KTK rendah (Hardjowigeno, 1993). Kolonisasi FMA pada akar tanaman jagung dari kultur trapping pada berbagai media pembawa dapat dilihat pada Gambar 6.

Gambar 6. Rata-rata kolonisasi FMA pada berbagai media pembawa

Dari ketiga media pembawa termasuk kedalam kategori sedang (26-50%). Tetapi media zeolit memiliki tingkat kolonisasi FMA lebih tinggi dibandingkan media lainnya. Media zeolit diduga memiliki pori-pori yang terbentuk lebih besar sehingga memiliki aerasi yang lebih baik untuk perkembangan FMA. Menurut Denis, *et al.* (2012) perbedaan jumlah persentase kolonisasi akar dikarenakan masing-masing media mempunyai kadar, struktur, dan karakteristik hara yang berbeda untuk mendukung perkembangan spora dan hifa FMA, sehingga didapat jumlah persentase infeksi FMA yang berbeda pula. Kolonisasi FMA pada akar ditunjukkan pada Gambar 7.

Gambar 7. Struktur mikoriza yang ditemukan pada akar tanaman jagung kultur trapping

Hasil menunjukkan tingginya jumlah spora tidak diikuti dengan tingkat kolonisasi akar yang tinggi pula. Hal ini yang sama juga ditunjukkan oleh Tuheteru (2003)

SIMPULAN DAN SARAN

Jumlah spora pada umur 5 tahun memiliki jumlah lebih tinggi dibandingkan pada umur 10 tahun, dan 15 tahun. Media zeolit menunjukkan jumlah spora dan persentase kolonisasi lebih tinggi dibandingkan pasir dan biocar. Terdapat dua genus pada rizosfer kelapa sawit berbagai umur dan media yaitu *Glomus* dan *Acaulospora*. *Glomus* merupakan genus yang dominan yang ditemukan. Saran dari penelitian ini adalah perlu penelitian lanjut terhadap perbanyakan FMA lokal terkait potensinya sebagai pupuk hayati. Eksplorasi FMA juga perlu dilakukan di lokasi lain dengan jenis tanaman yang sama atau berbeda karena sebaran dan keragaman fma berbeda pada kondisi tanah, tanaman, dan pengelolaan yang berbeda.

DAFTAR PUSTAKA

- Ariantiningih, F. 2008. Suaka Marga Satwa Aceh Singkil Program Kampanye Banga. Yayasan Ekosistem Lestari, Medan.
- Arman, A. R., Fikrinda, Muyasir, A. Anhar, N. F. Mardatin dan T. Arabia. 2015. Status fungi mikoriza arbuskula pada berbagai sistem pengelolaan dan umur tanaman kelapa sawit. *Florateg* 10 (2): 12-18.
- Bolan, N. S. 1991. A Critical Review on The Role of Mycorrhizal Fungi in The Uptake of Phosphorus by Plant. *Plant and Soil* 134:189-207.
- Brundrett, M., L. Melville, and L. Peterson. 1994. Practical methods in mycorrhiza research. Mycologue Publications, p. 95- 100.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove and N. Malajczuk. 1996. Working with Mycorrhiza in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Canberra, Australia.
- Brundrett, M. 2004. Diversity and Classification of Mycorrhizal Associations. *Biology Review*. 79: 473 – 495.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, and N. Malajczuk. 2008. Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture. Australian Centre for International Agriculture Research, ACIAR Monograph 32. Canberra. Australia.

- Chalimah, S, Muhadiono, L Azman, S Haram dan N Toruan, 2007. Perbanyak *Gigaspora sp.* dan *Aclaulospora sp.* dengan kultur pot di rumah kaca. Biodiversitas 7: 12-19.
- Denis, P., T. S. Haryani, dan O. Trisilawati. 2012. Efektivitas Media dan Tanaman Inang untuk Perbanyak Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Biodiversitas. 64 : 394-399
- Djufri., Abdullah dan Muchlisin. 2013. Biodiversitas. Scientific Studies For The Rehabilitation and Mangement of The Tripa Peat-swamp Forest. Project Implementation Unit. Universitas Syiah Kuala. Banda Aceh.
- Guadarrama P., S. Castillo-Arguero., J.A. Ramos-Zapata. 2008. Propagules of arbuscular mycorrhizal fungi in secondary dry forest of Oaxaca, Mexico Tropica Biologi 56 (1) : 269-277.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi tanah dan Pedogenesis. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Husin, E. F., Marlis, R., Trimitri., Auzan., Burhanuddin., dan Zelfi, Z. 2007. Observasi dan identifikasi spora Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada berbagai rhizosfir di lahan kritis Sumatera. Disajikan pada Se-minar Nasional Mikoriza “Percepat-an Sosialisasi Teknologi Mikoriza untuk Mendukung Revitalisasi Ke-hutanan, Pertanian dan Perkebunan. Sri W.B, Maman T, Noor F.M, Abimanyu D.N, Octivia T, Irnayuli R.S, Arum S.W, Melya R, Luluk S (eds). Bogor, 19–20 Juli 2007.
- Kartika, E. 2001. Isolasi, Karakterisasi dan pengujian keefektifan cendawan mikoriza vesikula arbuskular terhadap bibit kelapa sawit pada tanah gambut bekas hutan. Agronomi 10 (2) : 63-70.
- Kartika, E. 2006. Isolasi, karakterisasi dan pemurnian CMA dari tiga lokasi perkebunan kelapa sawit (tanah PMK bekas hutan, PMK bekas kebun karet, dan gambut bekas hutan). Disertasi. Sekolah Pasca sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Muzakkir. 2011. Hubungan Antara Cendawan Mikoriza Arbuskula Indigeneous dan Sifat Kimia Tanah di Lahan Kritis Tanjung Alai, Sumatera Barat. Sains dan seni 8 (2) : 53-57.
- Noor, M., 2001. Pertanian Lahan Gambut. Kanisius. Yogyakarta.
- Nurbaity, A., Herdiyantoro, D & A. Setiawan. 2008. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Bahan Organik Untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Sorgum Terhadap Kekeringan. Kuku M, Fahmuddin A, Suria D. Tarigan, Ai D, Neneng L. Nurida, Harry S, Naik, dan Ngaloken A G. (ads). Seminar dan Kongres Nasional Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia ke VI. Biologi 13 (1) : 17- 11
- Nurbaity A., D. Herdiyantoro dan O. Mulyani. 2009. Pemanfaatan bahan organik sebagai bahan pembawa inokulan fungi mikoriza arbuskula. Biologi 13 (1) : 17- 11
- Nurhalimah, S., S. Nurhatika, dan A. Muhibuddin. 2014. Explorasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Indegenus pada Tanah Regosol di Pamekasan, Madura. Jurnal Sains dan Seni Pomits. 3 (2) :30-34
- Nurhandayani, R., R. Linda, dan S. Khotimah. 2013. Inventarisasi Jamur Mikoriza Vesikular Asbukular dari Rhizosfer Tanah Gambut Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). Jurnal Protobiont. 02:146-251.

- Octavianti, E.N., & D. Ermavitalini. 2014. Identifikasi mikoriza dari lahan Desa Poteran, Sumenep Madura. *Sains dan Seni Pomits* 3 (2): 2337-3520
- Prasetya, D. 2012. Efektivitas Media Dan Tanaman Inang Untuk Perbanyak Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Fakultas MIPA, Universitas Pakuan, Bogor.
- Prematuri, R., dan Noor Faiqoh. 1999. Produksi Inokulum Cendawan Mikoriza Arbuskula. Laboratorium Bioteknologi Hutan, PAU Bioteknologi IPB.
- Prihastuti. 2007. Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. *Berk. Penel. Hayati*: 12 : 99-106.
- Puspitasari D., K. I. Purwani., & A. Muhibuddin. 2012. Eksplorasi vesicular mycorrhiza indigenous pada lahan jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. Surabaya. *Sains dan Seni* 1 :19-22 .
- Redecker, D.,H., Thierfelder, and D. Werner. 1998. Production Of Biomass Of Arbuscular Mycorrhizal Fungi in The Glass Bead Compartment system. In *Mycorrhiza Manual* Ed: A.Varma, Springer, New York.
- Rengganis, D. 2013. Studi Keanekaragaman Genus Fungi Mikoriza Arbuskula Di Sekitar Perakaran Pohon Jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb Miq) Alami. Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Setiadi, Y. & A. Setiawan. 2011. Studi status Fungi Mikoriza Arbuskular di areal rehabilitasi pasca penambangan nikel (Studi kasus PT. INCO Tbk. Sorowako, Sulawesi Selatan) *Silvikultur Tropika* 3 (1):88-89.
- Sibarani, A.S. 2011. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada tegakan karet dan tegakan sawit di ekosistem lahan gambut Desa Telaga Suka Kecamatan Panai Tengah Kabupaten Labuan Batu. Skripsi. Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Medan.
- Siregar, R.A.D. 2014. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula pada Areal Tanaman Karet (Studi Kasus di PTPN III Kebun Batang Toru Kabupaten Tapanuli Selatan. Skripsi. Fakultas MIPA, Universitas Sumatera Utara, Medan
- Smith, S.E., and D.J. Read. 2008. *Mycorrhizal symbiosis*. 3rd ed. Academic Press. San Diego, USA.
- Suamba I.W., I.G.P. Wirawan dan W. Andriatayasa. 2014. Isolasi dan identifikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) secara mikroskopis pada rhizosfer tanaman jeruk (*Citrus* sp) di Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar. *Argroekoteknologi Tropika* 3 (4) : 201-208.
- Tuheteru FD. 2003. Aplikasi Asam Humat terhadap Sporulasi CMA dari bawah Tegakan Alami Sengon. Skripsi. Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor. Bogor
- Widiastuti, H. 2006. Infektivitas dan eektivitas propagul mikoriza arbuskula yang diisolasi dari beberapa rhizosfer kelapa sawit. *Agronomi* 10 (1): 33-36.