

**POPULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA) PADA
BERBAGAI VEGETASI DI LAHAN LABORATORIUM LAPANG
TERPADU FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

(Skripsi)

**Oleh
ADITYA JESIKA PAKPAHAN**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

ABSTRAK

POPULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA) PADA BERBAGAI VEGETASI DI LAHAN LABORATORIUM LAPANG TERPADU FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG

Oleh

Aditya Jesika Pakpahan

Lahan Laboratorium Lapang Terpadu ditumbuhi oleh berbagai jenis vegetasi yang berbeda. Adanya kelas lereng yang beragam akan mempengaruhi jenis vegetasi yang terdapat pada lahan tersebut. Perbedaan jenis vegetasi ini akan mempengaruhi keberadaan mikroorganisme dalam tanah termasuk keberadaan populasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui perbedaan populasi FMA dan persentase infeksi spora terhadap akar tanaman pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung, (2) mengetahui korelasi antara populasi spora FMA dengan persentase infeksi akar tanaman dan faktor lingkungan tanah.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung sejak bulan September 2016 sampai dengan bulan Januari

2017. Penelitian ini menggunakan metode survey dengan teknik *purpose sampling*. Populasi spora FMA di hitung dengan metode penyaringan basah (*wet sieving*) secara bertingkat, dan dianalisis dengan diagram *boxplot*. Korelasi dilakukan antara populasi spora mikoriza dengan persentase infeksi akar tanaman inang dan kondisi lingkungan tanah (suhu, kadar air, pH dan P-tersedia).

Hasil penelitian menunjukkan (1) populasi spora FMA yang terdapat di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila berbeda-beda pada setiap jenis vegetasi, (2) populasi FMA tertinggi tidak ditemukan pada vegetasi alang-alang, melainkan pada vegetasi karet sebanyak 224 spora FMA per 100 gram tanah yang berada pada kemiringan lereng 8-15% (bergelombang), (3) populasi FMA tidak berkorelasi dengan infeksi akar tanaman dan faktor lingkungan tanah (suhu, kadar air, pH tanah dan P-tersedia), (4) populasi spora FMA yang paling dominan adalah spora yang lolos saringan 45 μm dengan ciri-ciri berbentuk bulat dan berwarna *orange* dengan jumlah 153 spora per 100 gram tanah, (5) persentase infeksi akar tanaman tertinggi (80%) ditemukan pada vegetasi singkong dengan kemiringan lereng 3-8%.

Kata kunci : fungi mikoriza arbuskular, infeksi akar tanaman, kemiringan lereng, vegetasi.

**POPULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR (FMA) PADA
BERBAGAI VEGETASI DI LAHAN LABORATORIUM LAPANG
TERPADU FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Oleh

ADITYA JESIKA PAKPAHAN

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017**

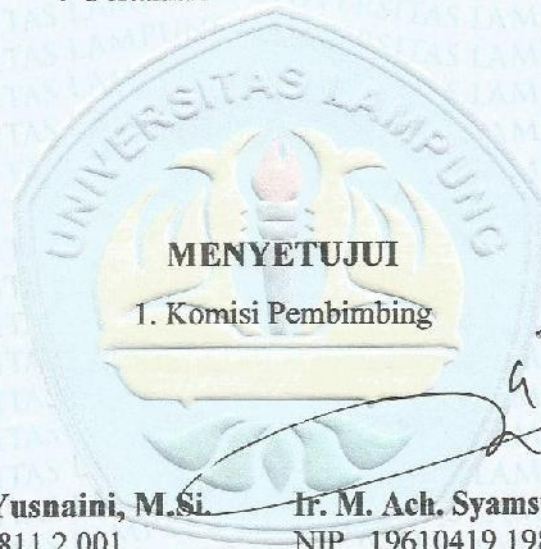
Judul Skripsi : **POPULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
(FMA) PADA BERBAGAI VEGETASI DI LAHAN
LABORATORIUM LAPANG TERPADU FAKULTAS
PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : **Aditya Jesika Pakpahan**


No. Pokok Mahasiswa : 1214121005

Jurusan : Agroteknologi

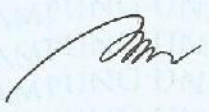
Fakultas : Pertanian




Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508 198811 2 001


Ir. M. Ach. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.
NIP 19610419 198503 1 001

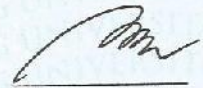
2. Ketua Jurusan Agroteknologi


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508 198811 2 001

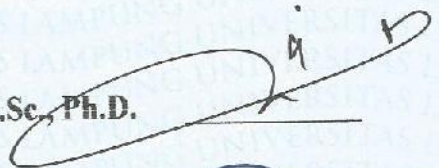
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji


Ketua : **Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**



Sekretaris : **Ir. M. Ach. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.**



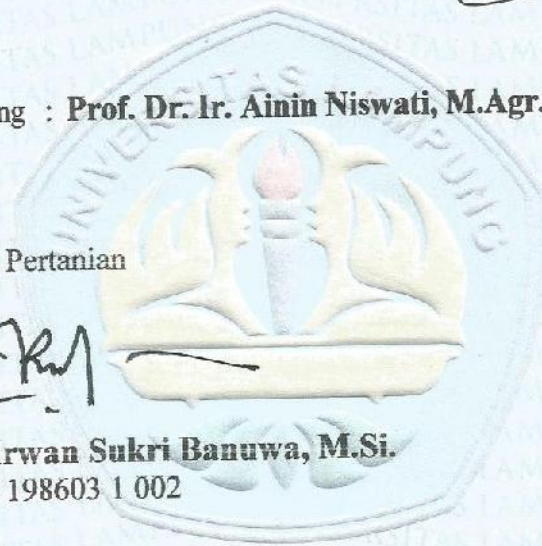
Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.Agr.Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 19611020 198603 1 002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **19 Juni 2017**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Populasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Berbagai Vegetasi di Lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juni 2017

Penulis,



Aditya Jesika Pakpahan
NPM 1214121005

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di kota Medan Provinsi Sumatra Utara, pada tanggal 12 September 1994. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara, dari pasangan Bapak St. Drs. Edward Pakpahan, M.Si. dengan Ibu Sinta Rotua Marbun, S.P.

Penulis menempuh Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Condong Catur Sleman, Yogyakarta diselesaikan pada tahun 2000, Sekolah Dasar (SD) pada Kelas I hingga Kelas III di SD Swasta Nurcahaya Medan dan diselesaikan di SD Fransiskus Xaverius PSR III Kec. Namorambe Kab. Deli Serdang tahun 2006, Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Swasta Singosari Delitua Kab. Deli Serdang pada tahun 2009, dan Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Swasta Singosari Delitua Kab. Deli Serdang pada tahun 2012.

Tahun 2012, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Ujian Mandiri Lokal (UML) UNILA. Penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia – Bogor pada tahun 2015 yang berjudul “Pembuatan Kultur Murni Mikoriza dari Tanaman Kelapa Sawit (*Elais quinensis* Jacq) di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia – Bogor”.

Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sidodadi Kecamatan Penawartama pada bulan Januari – Maret 2016. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Kuliah Dasar-Dasar Ilmu Tanah dan Mata Kuliah Agama Kristen. Selain itu penulis juga pernah menjadi anggota PERMA Agroteknologi, Anggota Unit Kegiatan Mahasiswa Kristen, Anggota Ikatan Mahasiswa Karo Rudang Mayang Lampung, Ketua Ikatan Mahasiswa Batak Toba Vandar Lampung periode 2015/2016 dan menjadi bagian dalam suatu wadah keagamaan dalam kampus yang bernama POMPERTA (Persekutuan Oikumene Mahasiswa Pertanian) Unila dan mengambil bagian sebagai Anggota Persekutuan Umum (PU) periode 2013/2014, Koordinator Persekutuan Umum (PU) periode 2014/2015 dan Tim Pendamping Pelayan Mahasiswa (TPPM) periode 2015/2016.

MOTTO

“Janganlah hendaknya kamu kuatir tentang apa pun juga, tetapi nyatakanlah dalam segala hal keinginanmu kepada Allah dalam doa dan permohonan dengan ucapan syukur” (Filipi 4:6)

“Everything in life has some risks, and what you have to actually learn to do is how to be up against and control it wisely” (Aditya Jesika Pakpahan)

“Bersukacitalah dalam pengharapan, sabarlah dalam kesesakan, dan bertekunlah dalam doa!”
(Roma12:12)

*Kupersembahkan sebuah karya kecil
dari hasil proses belajar selama perkuliahan
kepada bapak, mamak, kakaku, dan adik-adikku*

SANWACANA

Shallom!!

Puji dan syukur kepada Allah Bapa, Tuhan Yesus Kristus dan Roh Kudus, karena atas berkat dan kasihNya penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.

Skripsi dengan judul “ Populasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Berbagai Vegetasi di Lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung” sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku pembimbing pertama dan sekaligus sebagai Ketua Jurusan Agroteknologi, yang telah memberikan bimbingan, motivasi, ide-ide cemerlang, dan pengorbanan baik moril maupun materil selama penulis menjalankan kuliah, penelitian hingga penulisan skripsi ini berakhir.
2. Bapak Ir. M. Ach. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D. selaku pembimbing kedua, yang telah memberikan motivasi, ide cemerlang, dan bimbingan tiada tara selama penulis menjalankan kuliah, penelitian hingga penulisan skripsi ini berakhir.

3. Ibu Prof. Dr. Ir. Ainin Niswati, M.Agr.Sc., selaku pembahas yang memberikan segala petunjuk, saran, serta pengarahan dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Hasridi Mat Akin, M.P., selaku Rektor Universitas Lampung.
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Karden Eddy Sontang Manik, M.S., selaku pembimbing akademik yang telah memberikan saran, tuntunan dan semangat kepada penulis selama menyelesaikan pendidikan di Universitas Lampung.
7. Bapak/Ibu dosen Jurusan Agroteknologi, khususnya Bidang Ilmu Tanah yang telah memberikan ilmu pengetahuan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Universitas Lampung.
8. Yang istimewa kedua orang tua penulis, Bapak (St. Drs. Edward Pakpahan, M.Si.) dan Mamak (Sinta Rotua Merbun, SP.) yang selalu memberikan kasih sayang, doa, nasihat dan motivasi yang tidak akan bisa dibalas dengan apapun. Kiranya penyertaan dan berkat Tuhan Yesus selalu menyertai Bapak dan Mamak.
9. Kakak Penulis, Kartika Pakpahan, S.E., dan adik-adik penulis, Hans Adinata Pakpahan dan Caroline Gabriella Pakpahan yang selalu memberikan kepedulian, kasih sayang, doa, motivasi, bantuan dan ruang untuk berbagi rasa yang dialami penulis.

10. Bapak Prof. S. Sahala P. Panjaitan, S.E., M.Sc., Ph.D., selaku Ompu yang sudah berjasa selama penulis menjalani perkuliahan hingga menyelesaikan skripsi ini dengan hasil yang baik. Tuhan Yesus Memberkati.
11. Simanungkalit bersaudara, kak Nida, Badia dan adik kembar, Marina dan Mirani, atas sikap kekeluargaan selama penulis berada di Bandar Lampung ini. Tuhan Yesus Memberkati.
12. Teman terbaik selama perkuliahan, Selly, Ina, Emmy, Prasetya dan Ambos, yang telah memberikan semangat, motivasi dan petuah-petuahnya. Sukses buat kita.
13. Teman Myco Lab, dan Pengurus POMPERTA periode 2013/2014 – 2015/2016 atas segala bantuan, masukan dan motivasinya.
14. KKN SQUAD, Devi Permata Sari, S.A.N., dan Agustina Vrawati, S.H., atas motivasi dan pelayanan bersamanya. Teman-teman KKN Desa Sidodadi, Neneng, Neza, Reni, Herlin dan Haryadi atas kebersamaannya selama dua bulan.
15. Kak Tiche, Yosephine, Putri Galingging, Dhanty, Gege, Bob, Bethania, Endah, Lena, Mora, Kia serta adik-adik angkatan 2015 dan 2016 yang namanya tidak dapat saya sebut satu per satu atas segala bantuan, atas waktu dan motivasi yang telah diberikan. Semoga Tuhan memberkati kita semua.

Bandar Lampung, Juni 2017

Aditya Jesika Pakpahan

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL.....	iii
DAFTAR GAMBAR	v
1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Kerangka Pemikiran	3
1.5 Hipotesis	7
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	9
2.1 Mikoriza.....	9
2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	12
2.2.1 Jenis-jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	12
2.2.2 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Perkembangan FMA	13
2.2.3 Mekanisme Infeksi Spora FMA	15
2.2.4 Peran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	17
2.3 Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).....	23
2.3.1 FMA pada Lahan Hutan atau Vegetasi Alami	23
2.3.2 FMA pada Lahan Pertanian	25
III. METODE PENELITIAN	30
3.1 Waktu dan Tempat	30
3.2 Bahan dan Alat	31
3.3 Metode Penelitian	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian	34
3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah	34
3.4.2 Isolasi dan Identifikasi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).....	34
3.4.3 Persentase Infeksi Spora Fungi Arbuskular (FMA) Pada Akar Tanaman	35
3.4.4 Pengamatan Suhu Tanah dan Kadar Air Tanah	35

3.4.5 Pengamatan pH Tanah	36
3.4.6 P-Tersedia dengan Metode Bray I	36
3.5 Variabel Pengamatan	37
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil	38
4.1.1 Populasi Spora FMA	38
4.1.1.1 Populasi Spora FMA Lolos Saringan 250 μm	39
4.1.1.2 Populasi Spora FMA Lolos Saringan 150 μm	41
4.1.1.3 Populasi Spora FMA Lolos Saringan 45 μm	43
4.1.2 Persentase Infeksi Spora FMA pada Akar Tanaman	45
4.1.3 Hubungan antara Populasi Spora FMA dan Persentase Infeksi Perakaran Tanaman dengan Lingkungan Tanah	46
4.2 Pembahasan	49
V. SIMPULAN DAN SARAN	53
5.1 Simpulan	53
3.2 Saran	54
DAFTAR PUSTAKA	54
LAMPIRAN	61
Tabel 1 – 24	
Gambar 9 - 17	

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Koordinat titik sampel berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila.....	32
2. Populasi spora FMA Lolos Saringan 250 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	40
3. Populasi spora FMA Lolos Saringan 150 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	42
4. Populasi spora FMA Lolos Saringan 45 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	44
5. Hasil pengamatan sifat kimia/ fisika tanah di lahan Laboratorium Lapang Terpadu	47
6. Hasil uji korelasi antara populasi spora FMA (spora per 100 gram tanah) dan infeksi perakaran tanaman (%) dengan faktor lingkungan tanah.....	48
7. Hasil uji korelasi antara populasi spora FMA (spora per 100 gram tanah) dengan infeksi perakaran tanaman (%).....	48
8. Populasi spora FMA pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila.....	62
9. Populasi spora FMA lolos saringan 250 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	63
10. Populasi spora FMA lolos saringan 150 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	64
11. Populasi spora FMA lolos saringan 45 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	65
12. Persentase infeksi akar tanaman (%) pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu	66
13. Hasil pengamatan suhu tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (September 2016)	66

14. Hasil pengamatan kadar air tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (September 2016)	67
15. Hasil pengamatan P-tersedia dan pH tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (September 2016) .	68
16. Hasil analisis ragam uji korelasi antara populasi spora FMA dengan persentase infeksi akar tanaman	69
17. Hasil analisis ragam uji korelasi antara populasi spora FMA dengan suhu tanah	69
18. Hasil analisis ragam uji korelasi antara populasi spora FMA dengan kadar air tanah.....	69
19. Hasil analisis ragam uji korelasi antara populasi spora FMA dengan pH tanah.....	70
20. Hasil analisis ragam uji korelasi antara populasi spora FMA dengan P-Tersedia	70
21. Hasil analisis ragam uji korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan suhu tanah	70
22. Hasil analisis ragam uji korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan kadar air tanah.....	71
23. Hasil analisis ragam uji korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan pH tanah.....	71
24. Hasil analisis ragam uji korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan P-tersedia	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Jenis-jenis spora fungi mikoriza arbuskular (FMA) (A) spora <i>Glomus</i> sp. (<45 μm – 150 μm); (B) Spora <i>Gigaspora</i> sp. (150 μm – >250 μm); (C) Spora <i>Acaulospora</i> sp. (125 μm – 150 μm)	12
2. Bentuk asosiasi FMA pada jaringan korteks akar tanaman (Dewi, 2014)	16
3. Titik koordinat pengambilan sampel tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (Banuwa dkk, 2013)	33
4. Diagram <i>boxplot</i> populasi spora FMA di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	39
5. Spora FMA yang lolos saringan ukuran 250 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (a) Spora FMA berwarna kuning, (b) Spora FMA berwarna orange	41
6. Spora FMA yang dijumpai pada saringan ukuran 150 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (a) Spora FMA berwarna putih, (b) Spora FMA berwarna kuning, (c) Spora FMA berwarna orange, (d) Spora FMA berwarna cokelat	43
7. Spora FMA yang dijumpai pada saringan ukuran 45 μm pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (a) Spora FMA berwarna putih, (b) Spora FMA berwarna kuning, (c) Spora FMA berwarna orange, (d) Spora FMA berwarna cokelat	45
8. Diagram <i>boxplot</i> persentase infeksi akar tanaman pada setiap vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	46
9. Infeksi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada akar tanaman berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	46
10. Korelasi antara populasi spora FMA dengan P-tersedia pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	72

11. Korelasi antara populasi spora FMA dengan suhu tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	72
12. Korelasi antara populasi spora FMA dengan kadar air tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	73
13. Korelasi antara populasi spora FMA dengan pH tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	73
14. Korelasi antara populasi spora FMA dengan persentase infeksi akar tanaman pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	74
15. Korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan suhu tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	74
16. Korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan kadar air tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	75
17. Korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan pH tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	75
18. Korelasi antara persentase infeksi akar tanaman dengan P-tersedia pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila	76

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Lahan pertanian merupakan lahan yang ditujukan atau cocok untuk dijadikan sebagai lahan usaha tani untuk produksi tanaman pertanian maupun hewan ternak.

Lahan juga merupakan salah satu sumber daya utama pada usaha pertanian (Wikipedia, 2014). Lahan akan ditanami dengan berbagai macam vegetasi.

Vegetasi merupakan suatu kumpulan komunitas tumbuhan pada suatu areal lahan tertentu berupa pohon, herba, rumput maupun tumbuhan tingkat rendah.

Fakultas Pertanian Universitas Lampung memiliki fasilitas berupa Laboratorium Lapang Terpadu yang digunakan untuk mendukung kegiatan perkuliahan yang disertai dengan praktek lapang untuk pengembangan teori-teori dalam perkuliahan, terutama dalam hal bercocok tanam. Lahan Laboratorium Lapang Terpadu ditumbuhi oleh berbagai jenis vegetasi yang berbeda, namun masih banyak luasan lahan yang belum terganggu dengan aktifitas penanaman.

Luasan Lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Unila lebih kurang 6,784 Ha. Lahan ini dijadikan sebagai pendukung kegiatan perkuliahan Fakultas Pertanian dan juga dijadikan sebagai lokasi untuk penelitian bidang ilmu pertanian. Secara umum kondisi kelerengan lahan tersebut didominasi dengan kelerengan agak miring/bergelombang (8 – 15%), serta memiliki curah hujan yang

tinggi. Hal ini diperkirakan berpotensi terjadi erosi yang cukup besar sehingga mengakibatkan penurunan kesuburan tanah dan berkurangnya lapisan tanah atas (*top soil*) yang mengandung banyak bahan organik (Banuwa dkk., 2013). Adanya kelas lereng yang beragam akan mempengaruhi jenis vegetasi yang terdapat pada lahan tersebut, seperti bambu, alang-alang, pisang, kakao, tebu, karet, singkong, padi tadah hujan, dan tanaman sayuran. Perbedaan jenis vegetasi ini akan mempengaruhi keberadaan mikroorganisme dalam tanah termasuk keberadaan populasi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dalam tanah.

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan mikroorganisme yang bersifat obligat simbiosis sehingga tanaman inang sangat diperlukan untuk keberlangsungan hidupnya. Menurut Nasution dkk., (2014) bahwa hampir 90% jenis tanaman dapat berasosiasi dengan FMA sebagai tanaman inang. Selain itu FMA juga dapat ditemukan pada hampir semua jenis tanah dan seringkali dapat memperbaiki pertumbuhan tanaman pada tanah-tanah yang kurang subur (Smith dan Read, 1997).

Simbiosis FMA dengan tanaman inang dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu faktor biotik berupa jenis fungi, tanaman inang, tipe perakaran tanaman inang dan kompetisi antara Fungi Mikoriza Arbuskular. Faktor abiotik yang mempengaruhi simbiosis FMA dengan tanaman inang antara lain faktor lingkungan tanah berupa suhu, kadar air, pH, bahan organik, kandungan N dan P dan tingkat kesuburan tanah (Nurhayati, 2012).

Berdasarkan hal-hal tersebut, maka perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui populasi FMA pada berbagai jenis vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila.

1.2 Rumusan Masalah

Bedasarkan latar belakang yang sudah dibahas sebelumnya, maka hal-hal yang menjadi masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah perbedaan jenis vegetasi pada lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Unila menyebabkan perbedaan populasi spora FMA?
2. Apakah populasi spora FMA pada masing-masing jenis vegetasi berkorelasi dengan persentase infeksi akar tanaman?
3. Apakah populasi spora FMA dipengaruhi oleh sifat fisika atau kondisi tanah?

1.3 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukannya penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui perbedaan populasi FMA dan persentase infeksi spora terhadap akar tanaman pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Univeritas Lampung
2. Mengetahui korelasi antara populasi spora FMA dengan persentase infeksi akar tanaman dan korelasi spora FMA dengan lingkungan tanah.

1.4 Kerangka Pemikiran

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) adalah suatu struktur sistem perakaran yang terbentuk akibat adanya simbiosis antara fungi (*myces*) dan perakaran (*rhiza*)

tumbuhan tingkat tinggi. Dari hubungan yang saling menguntungkan ini tanaman akan mendapatkan hara lebih banyak dari tanah, fungi mendapatkan fotosintat dari eksudat akar tanaman dan mikoriza menggantungkan kebutuhan akan energi dan karbon pada bahan organik yang tersedia pada tanah (Setiadi, 1995 ; Maftu'ah dkk., 2005). Menurut Nuhamara *et al.*, (1985) FMA adalah struktur khas yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan tertentu dengan satu atau lebih galur mikrobion dalam ruang dan waktu

Untuk perkembangan dan penyebaran spora FMA memerlukan tanaman inang yang dapat tumbuh dengan baik dan sesuai dengan spesies spora FMA. Terdapat beberapa syarat untuk inang agar perkembangan spora FMA dapat mencapai titik optimal, antara lain tanaman inang yang bersifat *mycotrophic*, dapat beradaptasi pada keadaan iklim tempat asal FMA, dapat tumbuh baik pada medium tumbuh dan tahan terhadap kekeringan dan penyakit. Selain itu, tanaman juga toleran terhadap sifat kimia tanah yaitu masam dan basa serta memiliki perakaran yang menyebar dan banyak (Sierverding, 1991; Gunawan, 1993). Penyebaran dan perkembangan FMA di dalam tanah memiliki beberapa syarat yaitu suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktifitas spora FMA, kisaran suhu yang sesuai untuk perkembangan FMA adalah 30°C, namun untuk kolonisasi yang terbaik adalah 28°C – 34°C, sedangkan perkembangan bagi vesikula berkisar pada suhu 35°C (Schenk dan Schroder, 1974). Spora FMA mulai ditemukan pada profil tanah dengan kedalaman sekitar 20 cm, dan pada kedalaman 70-100 cm masih dapat ditemukan pada tanah (Coyne, 1999). Status air tanah dapat berpengaruh baik langsung atau tidak langsung terhadap FMA, adanya penjenahan air tanah

yang lama dan potensial yang rendah akan berpotensi dalam mengurangi pertumbuhan dan infeksi spora FMA karena kondisi yang anaerob (Safir dan Duniway, 1982).

Spora FMA akan berkembang dengan baik bila tidak ada hambatan aerasi, oleh karena itu FMA dapat berkembang lebih baik pada tanah yang berpasir dibandingkan dengan tanah yang berliat atau gambut (Islami dan Utomo, 1995). Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah, namun daya adaptasi akan berbeda pada masing-masing spesies FMA. Adanya perbedaan pH tanah tergantung pada adaptasi FMA terhadap lingkungan sekitar dan mempengaruhi aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan, perkembangan serta peran FMA terhadap pertumbuhan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

Bahan organik merupakan salah satu komponen tanah yang penting selain air dan udara. Ketersediaan nitrogen dan fosfat yang rendah akan mendorong pertumbuhan FMA. Kandungan bahan organik yang terlalu rendah atau tinggi akan menghambat pertumbuhan FMA. Perkecambahan spora FMA tidak hanya bergantung pada spesies tetapi juga kandungan bahan organik di dalam tanah (Islami dan Utomo, 1995). Cahaya dan ketersediaan hara merupakan syarat yang harus dipenuhi untuk mendukung perkembangan dan penyebaran spora FMA dalam tanah. Peningkatan intensitas sinar dan panjang hari akan meningkatkan kolonisasi akar dan produksi spora. Penyinaran dengan periode 12 jam atau lebih mungkin akan lebih penting dari pada intensitas sinar yang besar dengan periode penyinaran yang pendek di dalam meningkatkan kolonisasi akar, tetapi dengan

panjang hari penyinaran yang sesuai dengan peningkatan intensitas sinar dapat meningkatkan kolonisasi (Moreira *et al.*, 2007). Naungan yang berlebihan terutama untuk tanaman yang senang akan cahaya dapat mengurangi infeksi akar dan produksi spora, selain itu respon tanaman terhadap FMA akan berkurang. Hal ini disebabkan adanya hambatan pertumbuhan dan perkembangan hifa internal dalam akar yang dapat mengakibatkan terbatasnya perkembangan hifa eksternal pada rhizosfer (Setiadi, 1989).

Spora FMA dapat dengan mudah bersimbiosis dengan jenis tumbuhan rumput-rumputan khususnya famili Gramineae yang dapat tumbuh pada daerah kritis, seperti alang-alang. Tanaman alang-alang dikenal sebagai tanaman yang sangat toleran terhadap kondisi yang sangat ekstrim dan diketahui bahwa tanaman alang-alang mampu berasosiasi dengan berbagai jenis spora FMA (Kabirun dan Widada, 1995). Tanaman alang-alang tidak memerlukan syarat-syarat untuk media tumbuh yang rumit, sehingga alang-alang dapat tumbuh dengan mudah pada kondisi tanah yang subur maupun tidak subur (Sukardi *et al.*, 1993). Menurut Lumbangaol (2011) tanaman alang-alang dapat memiliki jumlah spora sebanyak 42 spora per 100 g tanah.

Pada lahan Laboratorium Terpadu Fakultas Pertanian Unila terdapat berbagai jenis vegetasi. Hal ini disebabkan karena penggunaan lahan dengan kebutuhan tertentu, lahan budidaya sering digunakan sebagai lahan pertanian dan lahan yang belum digunakan sebagai lahan pertanian dapat dikatakan sebagai lahan alami. Lahan budidaya maupun lahan alami akan ditumbuhi berbagai jenis vegetasi dan lahan tersebut memiliki struktur tanah yang berbeda. Ketersediaan unsur hara

yang berbeda, pH tanah yang berbeda akan mempengaruhi populasi FMA. Pada lahan budidaya akan mengalami perbedaan populasi. Hasil penelitian Kumalawati dkk., (2015) menyatakan populasi spora FMA pada lahan alami yang bersimbiosis dengan tanaman tebu memiliki populasi 121 *Glomus* sp., 83 *Gigaspora* sp., dan 45 *Acaulospora* sp. pada setiap 100 gram tanah. Perbedaan tersebut dipengaruhi karena adanya penggunaan lahan budidaya dan lahan alami.

Lahan Laboratorium Terpadu FP Unila terdapat berbagai jenis vegetasi, perbedaan ini disebabkan karena penggunaan lahan untuk kebutuhan tertentu. Lahan budidaya maupun lahan alami akan ditumbuhi berbagai jenis vegetasi dan lahan tersebut memiliki tingkat kesuburan yang berbeda. Ketersediaan unsur hara yang berbeda, pH tanah yang berbeda akan mempengaruhi populasi FMA. Pada lahan budidaya akan mengalami perbedaan populasi FMA dengan lahan alami, Kumalawati dkk., (2015) menyatakan bahwa populasi spora FMA yang bersimbiosis dengan tanaman tebu memiliki populasi 121 *Glomus* sp., 83 *Gigaspora* sp., dan 45 *Acaulospora* sp. Spesies per 100 gram tanah, pada perakaran tanaman karet terdapat 249 spora per 50 gram tanah (Siregar, 2014), dan pada tanaman kakao lebih mendominasi populasi spora *Glomus* sp. (Dewi dkk., 2014).

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran di atas, dapat diambil hasil dugaan sementara sebagai berikut:

1. Adanya populasi spora FMA yang berbeda pada berbagai jenis vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila.

2. Populasi spora FMA paling banyak ditemukan pada vegetasi alang-alang.
3. Terdapat korelasi antara populasi spora FMA pada berbagai jenis vegetasi dengan persentase infeksi akar tanaman serta beberapa sifat kimia/fisika tanah (suhu, kadar air, pH tanah dan P-tersedia).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Mikoriza

Asosiasi tanaman dengan fungi atau dikenal dengan istilah mikoriza, mikoriza merupakan suatu interaksi simbiosis mutualisme yang sangat umum terjadi di dunia tumbuhan. Simbiosis mikoriza merupakan asosiasi antara sistem perakaran dengan kelompok fungi tanah tertentu. Hubungan yang saling menguntungkan ialah tanaman mendapat hara dari tanah berupa nitrogen dan fosfor akan lebih banyak sedangkan fungi pembentuk mikoriza mendapat senyawa organik esensial dari tanaman. Keuntungan lain yang diperoleh tanaman adalah meningkatnya toleransi terhadap kekurangan air, pertumbuhan tanaman lebih baik, menghasilkan senyawa yang mendorong pertumbuhan seperti auxin, sitokinin, giberelin, tanaman lebih tahan terhadap penyakit dan memperbaiki struktur tanah (Supriyanto dkk., 1992)

Fungi mikoriza vesikular arbuskular merupakan mikroorganisme tanah yang terdapat pada segala jenis tanah. Fungi mikoriza ini pada umumnya dapat ditemukan pada spesies tingkat tinggi yang tumbuh pada berbagai tipe habitat dan iklim. Adapun penyebaran bervariasi menurut iklim, lingkungan dan tipe penggunaan lahan (Setiadi, 2001). Mikoriza berpotensi besar sebagai pupuk hayati (*biofertilizer*) karena salah satu sumber mikroorganisme tanah yang sangat

membantu didalam siklus unsur hara, yaitu dengan memfasilitasi penyerapan unsur hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, tetapi adakalanya asosiasi mikoriza tidak selalu menguntungkan tanaman inangnya tergantung pada faktor lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan fosfor, nitrogen dan kalium (Pang dkk., 1980)

Simbiosis mikoriza memberikan keuntungan bagi kedua belah pihak baik tanaman maupun fungi. Menurut Fakuara (1988) fungi memberikan keuntungan pada tanaman dan sebaliknya fungi juga mendapatkan karbohidrat dan zat-zat tertentu dari tanaman inang. Mikoriza yang berasosiasi dengan akar tanaman mampu menggunakan sukrosa dalam tanaman inang dan mengubahnya menjadi bentuk yang tidak dapat diubah oleh inang seperti gula, alkohol dan glikogen (Islami dan Utomo, 1995).

Mikoriza berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang digolongkan menjadi tiga tipe yaitu ektomikoriza, endomikoriza dan ektendomikoriza (Imas *et al.*, 1989), sedangkan Rao (1994) membagi mikoriza menjadi dua tipe besar yaitu ektomikoriza dan endomikoriza saja.

Ektomikoriza mempunyai beberapa perbedaan dengan endomikoriza. Menurut Imas *et al.*, (1989) ektomikoriza mempunyai lapisan mantel tebal, struktur jala, dan hifa yang tidak masuk sel (berkembang diantara dinding-dinding sel jaringan korteks), serta menyebabkan akar yang terkena infeksi membesar. Ektomikoriza banyak terdapat pada tanaman hutan dari kelompok *Pinaceae*, *Fagaceae*, *Betulaceae*, *Dipterocarpaceae*. Sifat spesifik ektomikoriza membentuk selubung pada akar tanaman dan *hartig net*. Fungi ektomikoriza yang sudah diidentifikasi

adalah *Suillus*, *Rhizopogon*, *Amanita*, *Boletus*, *Laccaria*, *Physolithus*, *Scleroderma*, dll. Endomikoriza yang termasuk dalam kelompok mikoriza vesikular-arbuskular (FMA) banyak terdapat pada tanaman pertanian dan hanya beberapa tanaman hutan, misalnya *Hopea*, *Shorea*, *Eucalyptus*, *Albizia*, *Leucaena* dan *Acacia*. FMA bersifat obligat simbiosis yang membentuk arbuskul dan vesikel dalam sel akar. Fungi FMA yang berperan diantaranya: *Glomus*, *Entrophospora*, *Gigaspora* dan *Scutellospora* (Kabirun, 1992). Menurut Widiastuti dan Kramadibrata (1993), bahwa lokasi yang berbeda, jenis mikoriza dan populasinya bisa berbeda.

Vesikula Arbuskula Mikoriza (VAM) yang sering disebut dengan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan endomikoriza. Diagnostik ciri utama FMA adalah adanya vesikel dan arbuskula di dalam korteks akar. Vesikel mengembang inter dan intraseluler, membengkok sepanjang atau pada ujung hifa (Fakuara, 1988) serta berfungsi sebagai tempat penyimpanan berisi lipid (Paul dan Clark, 1996). Arbuskula merupakan struktur internal pada korteks akar berupa hifa bercabang mirip dengan haustoria patogen yang membantu transfer nutrisi dari tanah ke sistem perakaran (Rao, 1994).

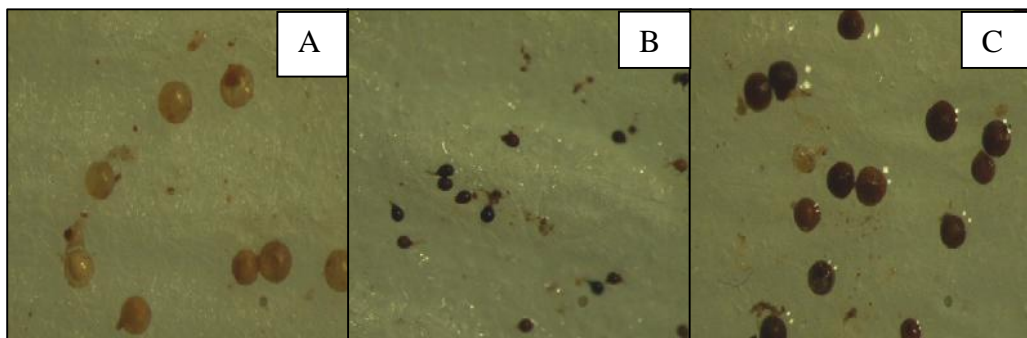
Endomikoriza mempunyai struktur berbentuk oval (vesikel), percabangan hifa (arbuskula), dan hifa yang masuk dalam jaringan korteks, serta tidak menyebabkan perakaran yang terinfeksi membesar.

Ektendomikoriza mempunyai ciri-ciri antara ekto dan endomikoriza yaitu dapat menginfeksi dinding sel korteks maupun korteksnya dan mempunyai jaringan *hartig* (Fakuara, 1988).

2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

2.2.1 Jenis-jenis Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Taksonomi FMA berubah secara terus-menerus, klasifikasi FMA menurut INVAM (2009) terdiri dari tujuh genus, antara lain *Glomus*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Archaeospora*, *Paraglomus*, *Gigaspora* dan *Scutellospora*. Menurut Mosse (1981), ukuran spora berkisar antara 100-600 μm , dan dapat diisolasi dari tanah dengan menggunakan teknik penyaringan tertentu. Spora FMA memiliki ukuran dari yang sangat kecil 20-50 μm sampai dengan ukuran yang sangat besar (200-1000 μm). Berdasarkan ukuran spora FMA, ukuran terkecil dari 10-50 μm sampai 200-300 μm . Ukuran spora *Glomus* berkisar 20-200 μm , *Acaulospora* dapat lolos saringan 125 μm dan memiliki ukuran berkisar 153 μm , *Gigaspora* dapat lolos saringan 125 μm dan memiliki ukuran berkisar 313 μm (Gambar 1) (Burhanuddin, 2011; Ida dan Kramadibrata, 2002; Brundett *et al.*, 1996).



Gambar 1. Jenis-jenis spora fungi mikoriza arbuskular (FMA)

A: Spora *Glomus* sp. (<45 μm – 150 μm); B: Spora *Gigaspora* sp. (150 μm – >250 μm); C: Spora *Acaulospora* sp. (125 μm – 150 μm)

Secara mikroskopis masing-masing tipe spora yang di temukan memiliki karakteristik yang khas, seperti tipe spora *Glomus*. Spora *Glomus* memiliki dudukan hifa (*subtending hyphae*), sedangkan tipe spora *Gigaspora* memiliki karakteristik yang khas, yaitu terdapat *bulbos suspensor* pada pangkal hifa dan tidak memiliki lapisan perkecambahan. Tipe spora *Acaulospora* memiliki dinding yang tebal dan tidak memiliki lapisan perkecambahan serta tipe *Acaulospora* memiliki dinding yang tebal dan spora yang memiliki ornamen (Suamba dkk., 2014).

Perubahan penggunaan lahan berarti pengalih fungsi lahan yang disertai perbedaan perlakuan yang diberikan pada suatu lahan. Perubahan penggunaan lahan dari yang diolah menjadi tidak diolah cenderung menimbulkan vegetasi alang-alang menjadi lahan non produktif. Lahan non produktif pada umumnya tumbuh pada tanah mineral masam, miskin hara, dan bahan organik. Dari hasil isolasi didapatkan bahwa lahan non produktif dijumpai berisosiasi dengan berbagai fungi mikoriza arbuskular (FMA) dari genus *Glomus*, *Acaulospora* dan *Gigaspora*. Dengan demikian FMA yang toleran dapat dimanfaatkan untuk pengembangan tanaman yang akan diusahakan pada lahan-lahan non produktif (Pudjiharta dkk., 2008)

2.2.2 Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan FMA

Spora FMA dapat ditemukan pada berbagai ekosistem dengan populasi dan komposisi jenis FMA yang sangat beragam (Rini dan Rosalinda, 2010). Banyak faktor yang mempengaruhi keberadaan FMA dalam suatu ekosistem seperti

karakteristik tanah, jenis dan umur tanaman inang, serta sistem pengolahan lahan (Kilvin dkk., 2011).

Keberadaan spora FMA dapat dipengaruhi dengan adanya beberapa faktor, antara lain tanah, air, pH tanah dan suhu tanah. Lingkungan dan faktor biotik dapat diketahui dengan memiliki pengaruh terhadap pembentukan spora FMA dan derajat infeksi dari sel korteks inang. Interaksi antar faktor-faktor biotik dapat memberikan efek yang signifikan dalam merespon pertumbuhan tanaman yang diinokulasikan. Keanekaragaman dan penyebaran pada spora FMA sangat bervariasi, dan hal ini dapat disebabkan oleh kondisi lingkungan yang bervariasi juga. Setiap spora FMA tidak memiliki sifat morfologi dan fisiologi yang sama, oleh karena itu sangat penting untuk dilakukan pengidentifikasian terhadap spora FMA. Spora FMA memiliki peran dalam penyusun tanah dengan mempengaruhi kondisi fisik dan kimia tanah. Spora FMA dapat menggantungkan kebutuhan akan energi yang dibutuhkan dan karbon pada bahan organik yang terkandung dalam tanah. Tanpa adanya aktivitas mikroorganisme dekomposisi, pelapukan bahan organik dan pendauran unsur hara tidak akan terjadi dalam tanah (Pangaribuan, 2014).

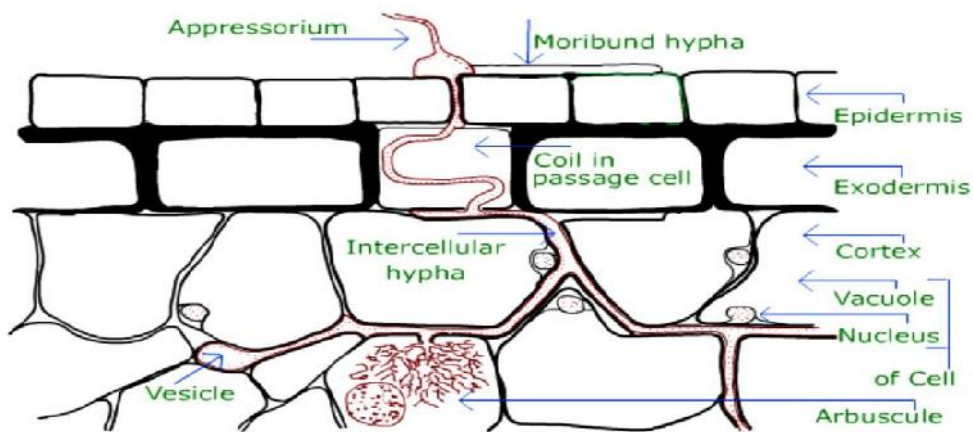
Kegiatan produksi spora FMA harus memperhatikan beberapa faktor yang dapat mempengaruhi kualitas inokulum yang dihasilkan. Menurut Menge (1984) faktor tersebut antara lain adalah tanaman inang, media tumbuh, pemupukan, aerasi, pH, cahaya dan fotoperiode, suhu, serta pemakaian bahan kimia. Tanaman inang yang akan digunakan harus mempunyai daya adaptasi yang baik, berasosiasi dengan spora FMA, cepat tumbuh dengan perakaran yang ekstensif dan tidak rentan

terhadap patogen. Sebagian besar tanaman berasosiasi dengan spora FMA maka berbagai jenis tanaman dapat digunakan sebagai inang spora FMA, kandungan hara khususnya P dan N dalam media pertumbuhan dapat mempengaruhi perkembangan spora FMA (Douds dan Schenck, 1990). Penambahan P ke dalam media tumbuh dapat mengurangi kolonisasi dan produksi spora FMA, akan tetapi belum dapat dibuat standar P yang dapat harus diberikan pada media tumbuh FMA (Vejsudova, 1992). Unsur N dalam bentuk amonium menurut Menge (1984) lebih toksis terhadap FMA jika dibandingkan dengan nitrat.

2.2.3. Mekanisme Infeksi Spora FMA

Spora FMA dapat menginfeksi sistem perakaran tanaman inang kemudian akan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman bermikoriza mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Kemampuan spora FMA dalam meningkatkan penyerapan nutrisi tanaman dapat menggantikan sebagian kebutuhan pupuk yang diperlukan oleh tanaman pada tanah-tanah yang bermasalah (Sieverding, 1991).

Proses infeksi spora FMA diawali dengan adanya propagul FMA yang infeksiif berupa hifa atau fragmen hifa pada akar dan spora (Smith dan Read, 1997). Spora FMA yang berkecambah akan menghasilkan hifa dan hifa akan menginfeksi akar tanaman inang dengan membentuk struktur hifa apresoris. Kemudian hifa akan berkembang dalam sel korteks akar (hifa eksternal) dan dari sebagian hifa berkembang membentuk struktur arbuskular dan vesikula (Sieverding, 1991).



Gambar 2. Bentuk asosiasi FMA pada jaringan korteks akar tanaman (Dewi, 2014)

Tanaman yang bersimbiosis dengan FMA akan memiliki pertumbuhan dan produksi yang meningkat. Namun, keberhasilan simbiosis FMA dan tanaman inang dipengaruhi oleh kesesuaian jenis genotip tanaman, suhu, media tanam, lama penyimpanan inokulum dan daya kecambah spora FMA (viabilitas) (Suhardi, 1989). Kesesuaian jenis kemasaman, suhu, media tanam, jenis tanaman inang, jenis FMA dan lama penyimpanan inokulum. Setiap jenis FMA memiliki daya simpan yang berbeda-beda juga termasuk faktor yang mempengaruhi keberhasilan infeksi akar pada tanaman oleh mikoriza (Astiko, 2008)

Spora FMA mempunyai struktur yang terdiri dari hifa yang tidak bersekat, dan tumbuh diantara sel korteks dan didalamnya bercabang, tetapi tidak masuk sampai jaringan stele (silinder pusat, bagian terdalam dari akar). Artinya, spora FMA tidak menginfeksi bagian struktur dalam akar, tetapi hanya bagian struktur luar dari sistem perakaran (Talanca, 2010)

2.2.4. Peran Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Spora FMA merupakan cendawan obligat, dimana kelangsungan hidupnya berasosiasi akar tanaman dengan sporanya. Spora berkecambah dengan membentuk apressoria sebagai alat infeksi, dimana infeksiya biasa terjadi pada zone elongation. Proses ini dipengaruhi oleh anatomi akar dan umur tanaman yang terinfeksi. Hifa yang terbentuk pada akar bersifat interseluler dan intraseluler, namun terbatas pada lapisan korteks dan tidak sampai pada empulur. Hifa yang berkembang diluar jaringan akar maka berperan dalam penyerapan unsur hara tertentu dan air (Talanca dan Adnan, 2005).

Adanya penurunan kualitas lahan dan kesuburan tanah serta mahalnya harga pupuk mengakibatkan penurunan terhadap produksi serta produktivitas pada tanaman dalam 10 tahun terakhir ini (Nasrudin, 2012). Upaya yang dilakukan untuk mengatasi keterbatasan pupuk serta keterbatasan pupuk dan kerusakan lingkungan adalah pemanfaatan bioteknologi tanah yaitu pupuk berupa pupuk mikroba tanah, dengan memanfaatkan mikroba simbiotik seperti mikoriza arbuskular. Fungi mikoriza arbuskular merupakan suatu fungi yang hidup secara simbiosis mutualisme dengan perakaran tanaman dan diantara sel-sel korteks akar (Bundrett dkk., 1996).

Mikoriza memberikan berbagai macam manfaat bagi tanaman inang. Mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara terutama P dan hara lainnya (N, K, Ca, Mg, Cu, Mn dan Zn), produksi hormon dan zat pengatur tumbuh, serta ketahanan kekeringan dan serangan patogen akar. Mikoriza juga dapat mengurangi kandungan logam berat disekitar perakaran, selain sebagai proteksi

terhadap patogen akar dan nematoda (Paul dan Clark, 1996; Imas *et al.*, 1989; Fakuara, 1988).

De La Cruz 1981 dalam Davies *et al.*, (1996), membuktikan bahwa Mikoriza Arbuskula mampu menggantikan kira-kira 50% penggunaan fosfat, 40% nitrogen dan 25% kalium. Meningkatnya efisien pemupukan dengan adanya mikoriza arbuskula di akar tanaman, karena mikoriza arbuskula dapat memperpanjang dan memperluas jangkauan akar terhadap penyerapan unsur hara, maka serapan hara tanaman pun meningkat sehingga aktivitas metabolisme berlangsung dengan baik. (Husin dan Marlis, 2000).

Menurut Imas *et al.* (1989) mekanisme peningkatan penyerapan unsur hara terjadi karena adanya selubung hifa yang tebal, peningkatan metabolisme akar akibat peningkatan konsumsi oksigen, dan enzim fosfatase. Mikoriza dapat mengeluarkan suatu enzim fosfatase yang dapat mengurai hara dari keadaan tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman dan menyerap hara khususnya fosfat yang konsentrasinya rendah dalam larutan tanah (Fakuara, 1988). Mikoriza dengan adanya selubung hifa tebal dapat meningkatkan luas permukaan sistem perakaran sehingga meningkatkan bidang penyerapan (Islami dan Utomo, 1995). Menurut Dighton (2003) adanya hifa fungi memberikan keuntungan dalam pengambilan unsur hara, yaitu dapat menembus tanah dengan mudah, memberikan ruang jelajah yang lebih luas akibat diameter yang lebih kecil, serta memberikan bidang penyerapan nutrisi yang lebih luas. Mikoriza dapat meningkatkan hormon pertumbuhan dan zat pengatur tumbuh seperti auksin, sitokinin, giberelin dan vitamin. Auksin dapat mencegah penuaan dan suberinisasi pada akar sehingga

memperlama fungsi akar sebagai penyerap hara dan air (Imas *et al.*, 1989).

Sitokinin dapat mempengaruhi aktivitas fotosintesis dan transpirasi, penyerapan P dan transpor ion (Paul dan Clark, 1996).

Stres air terjadi ketika kehilangan air melebihi absorpsi (Sutcliffe, 1979) dan rasio evapotranspirasi aktual terhadap evapotranspirasi potensial kurang dari satu (Gupta dan O'toel, 1986). Masalah kekeringan ini dapat diatasi melalui pendekatan dengan bantuan teknologi budidaya, diantaranya yaitu dengan pemanfaatan mikoriza dan bahan organik. Mikoriza merupakan masukan teknologi mikrobial yang mungkin dapat dikembangkan untuk mengatasi masalah kekeringan pada budidaya karet, asosiasi mikoriza dengan tanaman inang memungkinkan tanaman memperoleh air dan hara dalam kondisi lahan kering marginal. Salah satu upaya untuk mengatasi masalah kekurangan air adalah penggunaan teknologi berbasis mikroba, seperti mikoriza (Syamsiyah, 2008; Lumbantoruan dkk., 2015)

Sistem perakaran sangat penting dalam penyerapan unsur hara karena sistem perakaran yang baik akan memperpendek jarak yang ditempuh unsur hara untuk mendekati akar tanaman. Bagi tanaman yang sistem perakarannya kurang berkembang, peran akar dapat ditingkatkan dengan adanya interaksi simbiosis dengan fungi mikoriza (Nasahi, 2010).

Mikoriza meningkatkan ketahanan tanaman terhadap stres air (kekeringan). Hal tersebut disebabkan rusaknya jaringan korteks akar akibat kekeringan yang cepat pulih setelah periode stres air berlalu dan adanya jaringan *xylem* yang lebih potensial sebagai jaringan pengangkut air (Fakuara, 1988).

Penyebaran hifa yang luas mengakibatkan air yang diambil lebih banyak sehingga dapat menyerap air pada pori-pori tanah saat tanaman tidak mampu lagi. Tanaman yang dinokulasi mikoriza akan memiliki kemampuan bertahan pada kekeringan dan kelembapan yang ekstrim karena perubahan potensial air pada tanaman, kemampuan mengalirkan air melalui hifa fungi, peningkatan penyerapan fosfor dan perubahan keseimbangan hormonal (Dighton, 2003; Imas *et al.*, 1989; Paul dan Clark, 1996).

Kemampuan mikoriza untuk meningkatkan ketahanan tanaman yang mengalami stres air berkaitan dengan penyerapan fosfor. Mekanisme interaksi fosfor dengan penggunaan air sulit untuk diinterpretasikan, namun pada umumnya peningkatan penyerapan fosfor akan meningkatkan ketahanan (resistensi) tanaman terhadap kekeringan (Paul dan Clark, 1996). Peningkatan penyerapan fosfor oleh mikoriza memberikan pengaruh yang signifikan terhadap hubungan tanaman dan air sehingga dapat meringankan dampak stres air (Dighton, 2003).

Ketahanan kekeringan tanaman bermikoriza juga disebabkan adanya perubahan kimia dan sinyal-sinyal kimia. Mikoriza berpengaruh terhadap keseimbangan ion dan keseimbangan hormon. Keseimbangan hormon ini berpengaruh pada mekanisme kerja asam abisisat (ABA) dan sitokinin terhadap pertumbuhan tanaman serta mekanisme penutupan stomata (Shirvastava dan Tyagi, 1999).

FMA mempunyai kemampuan untuk berasosiasi dengan hampir 90% jenis tanaman, serta telah banyak terbukti mampu memperbaiki nutrisi dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Seperti yang dijelaskan oleh Marschner

(1992) bahwa FMA yang menginfeksi sistem perakaran tanaman inang akan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman bermikoriza akan mampu meningkatkan kapasitasnya dalam menyerap unsur hara dan air. Pospor adalah unsur utama hara yang dapat diserap oleh tanaman bermikoriza dan juga unsur-unsur mikro seperti Cu, Zn dan Mo.

Pospor merupakan salah satu unsur hara esensial yang dapat diperlukan dalam jumlah relatif banyak oleh tanaman tetapi ketersediaannya terutama pada lahan masam dan lahan kering terbatas sehingga sering menjadi pembatas utama dalam meningkatkan produktivitas tanaman. De la Cruz (1988 dalam Sastrahidayat 2005) menunjukkan bahwa FMA dapat menggantikan sekitar 50% kebutuhan P, 40% N dan 25% K pada anakan *Leucaena leucocephala*. FMA dapat membantu mengatasi masalah ketersediaan P melalui dua cara, yaitu dengan pengaruh langsung melalui jalinan hifa eksternal yang diproduksinya dengan intensif (Sieverding, 1991), dan pengaruh tidak langsung dimana mikoriza dapat memodifikasi fisiologis akar sehingga mengekskresikan asam-asam organik dan fosfatase asam ke dalam tanah. Fosfatase asam merupakan enzim yang dapat memacu proses mineralisasi P organik dengan mengkatalisis pelepasan P dari kompleks organik menjadi kompleks anorganik

Peranan FMA dalam meningkatkan ketersediaan dan serapan P dan unsur lain melalui 3 mekanisme berikut ini:

- a. Modifikasi kimia oleh spora FMA dalam proses kelarutan P Tanah. Pada tahap ini terjadi modifikasi kimia oleh spora FMA terhadap akar tanaman, sehingga tanaman mengeksudasi asam-asam organik dan enzim fosfatase

asam memicu proses mineralisasi P. Oksidasi akar tersebut terjadi sebagai respon tanaman terhadap kondisi tanah yang kahat P, yang mempengaruhi kimia rhizosfer (Marschner, 1992)

- b. Perpendekan jarak difusi oleh tanaman bermikoriza. Mekanisme utama bagi pergerakan P ke permukaan akar melalui difusi yang terjadi akibat adanya gradien konsentrasi serta merupakan proses yang sangat lambat. Menurut Bolan (1984 dalam Sastrahidayat 2005), jarak difusi ion-ion fosfat tersebut dapat diperpendek dengan hifa eksternal FMA, yang juga berfungsi sebagai alat penyerap dan translokasi fosfat (Jacobsen, 1992).
- c. Penyerapan P tetap terjadi pada tanaman bermikoriza meskipun terjadi penurunan konsentrasi minimum P. Konsentrasi P dalam larutan tanah dapat menjadi sangat rendah dan mencapai konsentrasi minimum yang dapat diserap akar, hal ini terjadi akibat terjadinya proses penyerapan ion fosfat yang ada dipermukaan akar (Marschner, 1992).

Di bawah konsentrasi minimum tersebut akar tidak mampu lagi menyerap P dan unsur hara lainnya, sedangkan pada akar bermikoriza, penyerapan tetap terjadi sekalipun konsentrasi ion fosfat berada di bawah konsentrasi minimum yang dapat diserap oleh akar . Proses ini terjadi karena afinitas hifa eksternal yang lebih tinggi atau peningkatan daya tarik menarik ion-ion P menyebabkan pergerakan P lebih cepat ke dalam hifa FMA.

Meningkatnya serapan hara akibat kolonisasi FMA disebabkan sedikitnya oleh 3 hal :

- a. FMA mampu mengurangi jarak yang harus ditempuh unsur hara untuk mencapai permukaan hara tanaman,

- b. meningkatnya rerata serapan unsur hara dan konsentrasi pada permukaan penyerapan, dan
- c. mengubah secara kimia sifat-sifat unsur kimia sehingga memudahkan penyerapan unsur hara tersebut ke dalam akar tanaman.

2.3 Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Praktek pertanian seperti pengolahan lahan, sistem penanaman, ameliorasi dengan bahan organik, pemupukan dan penggunaan pestisida sangat berpengaruh terhadap keberadaan mikoriza (Zarate dan Cruz, 1995). Pengolahan lahan yang intensif akan merusak jaringan hifa eksternal fungi mikoriza. Pada penelitian McGonige dan Miller (1993), menunjukkan bahwa pengolahan tanah minimum akan meningkatkan populasi mikoriza dibandingkan pengolahan tanah konvensional. Pada budidaya tradisional, pengolahan tanah berulang-ulang dan panen menyebabkan erosi hara dan bahan organik dari lahan tersebut dan ini berpengaruh terhadap populasi mikoriza. Pertanian modern yang menggunakan pupuk dan pestisida berlebihan (Rao, 1994) serta terjadinya kompaksi tanah oleh alat (Mc Gonigle dan Miller, 1993) berpengaruh negatif terhadap pembentukan mikoriza.

2.3.1 FMA pada Lahan Hutan atau Vegetasi Alam

Hutan alami yang terdiri banyak spesies tanaman dan umur yang tidak seragam sangat mendukung perkembangan mikoriza. Konservasi hutan untuk lahan pertanian akan mengurangi keragaman jenis dan jumlah propagul fungi, karena perubahan spesies tanaman, jumlah bahan organik yang dihasilkan, unsur hara dan

struktur tanah. Hutan multi spesies berubah menjadi hutan monokultur dengan umur seragam sangat berpengaruh terhadap jumlah dan keragaman mikoriza (Setiadi, 2001).

Hasil isolasi contoh tanah menunjukkan adanya empat genus FMA dari enam genus yang terdapat di alam. Dari 31 contoh tanah yang diperiksa, hanya 26 contoh tanah (dari 18 spesies bambu) yang berhasil diidentifikasi karena masih dapat dikenal ciri-cirinya. Seluruh spesies akar bambu yang diteliti telah terkolonisasi oleh fungi MA yang diketahui dari adanya hifa, arbuskular dan vesikula di dalam jaringan kortekss akar bambu (Setya dkk., 1995)

Alang-alang merupakan sejenis rumput berdaun tajam, yang kerap menjadi gulma di lahan pertanian. Rumput menahun dengan tunas panjang dan bersisik, menyerap di bawah tanah. Ujung tunas yang muncul di tanah runcing tajam, serupa ranjau duri. Alang-alang dapat berbiak degan cepat, dengan benih-benihnya yang tersebar cepat bersama angin, atau melalui rimpangnya yang lekas menembus tanah yang gembur (Smith *et al.*, 2000 dalam Nainggolan dkk., 2014). Kecepatan tumbuh jalinan rimpang alang-alang dibawah tanah, serta tutupan daunnya yang rapat, memberikan manfaat perlindungan yang dibutuhkan pada tanaman-tanaman lainnya. Menurut penelitian Nainggolan dkk., (2014) di Desa Sanur Kaja dalam upaya meningkatkan pertumbuhan alang-alang, maka perlu dilakukannya alternatif yang tepat dan ramah lingkungan. Alternatif tersebut bisa dengan memanfaatkan peranan mikroba simbiotik, jenis mikroba simbiotik yang dapat digunakan untuk meningkatkan penyerapan air dan sebagai pupuk hayati adalah mikoriza.

2.3.2 FMA pada Lahan Pertanian

Mikoriza arbuskular hampir 100% dijumpai pada tanaman jenis rumput-rumputan khususnya famili Gramineae. Tumbuhan golongan Gramineae yang dapat tumbuh pada daerah kritis memungkinkan adanya asosiasi mikoriza yang lebih tinggi. (Nasrudin, 2009).

Menurut penelitian Arman dkk., (2015) sistem pengolahan perkebunan tidak nyata mempengaruhi keberadaan jumlah spora mikoriza FMA namun nyata terhadap kolonisasi FMA. Kondisi tanah dan iklim yang hampir seragam pada perkebunan diduga memberikan peluang yang sama bagi spora untuk bersporulasi. Berbeda dari jumlah spora, kolonisasi FMA yang ditunjukkan oleh adanya struktur-struktur seperti hifa, arbuskular dan vesikel dipengaruhi secara nyata oleh sistem pengolahan perkebunan. Keberadaan spora FMA dipengaruhi oleh faktor lingkungan (Corryanti *et al.*, 2007; Kivlin *et al.*, 2011; Lara-Pérez *et al.*, 2014) dan sistem pengelolaan (Higo *et al.*, 2013).

Pada lahan sawah yang diusahakan secara intensif mengakibatkan kadar bahan organik tanah berkurang, kesuburan biologi dan fisik tanah menurun drastis. Untuk mengantisipasi kejadian tersebut, pemberian bahan organik berupa pupuk organik maupun pupuk hayati sangat diperlukan. Penambahan bahan organik ke dalam tanah sawah akan memperbaiki sifat-sifat fisika, kimia dan biologi tanah melalui perannya sebagai sumber makanan mikroba di dalam tanah dan meningkatkan jenis dan populasi mikroba sehingga aktivitas mikroba dalam tanah terus meningkat (Adiningsih dan Rochyati, 1988 ; Sarief 1989)

Pada kesimpulan suatu percobaan menyatakan bahwa adanya interaksi antara inokulan FMA dan umur benih pada tanaman padi sawah terhadap beberapa komponen pertumbuhan seperti tinggi tanaman, jumlah anakan dan hasil gabah kering, sementara tidak terjadinya interaksi antara pengaruh inokulan FMA dan umur benih terhadap derajat infeksi FMA dan serapan unsur P. Pemberian inokulan meningkatkan derajat infeksi akar sebesar 22,37% dibandingkan dengan tanpa inokulan FMA (Fitriyah, 2012)

Hasil penelitian yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah spora per gram tanah selain dipengaruhi dosis inokulan FMA, juga ditentukan oleh perlakuan sistem olah tanah. Efek interaksi antara dosis inokulan FMA dan sistem olah tanah terhadap jumlah spora FMA per gram tanah dan persentase infeksi akar. Tanaman padi gogo yang diinokulasi FMA dengan dosis 13,00 ton/ha menghasilkan jumlah anakan produktif per rumpun, jumlah gabah isi per rumpun dan bobot gabah kering per rumpun tertinggi dan persentase gabah hampa per rumpun terendah, berbeda nyata dengan tanaman padi gogo yang tidak diinokulasi dengan FMA (Hidayat, 2008)

Hasil pengamatan kolonisasi FMA yang menunjukkan adanya koloni mikoriza dalam perakaran tebu berupa hifa bersekat dan tidak bersekat, spora dan vesikel juga ditemukan pada sampel akar (Widiastuti dan Kramadibrata, 1993). Koloni FMA yang ditemukan tersebut dalam bentuk hifa internal, hifa eksternal, arbuskular dan vesikula (Brundrett dkk., 1996 dan Kumalawati Z dkk., 2015). Hasil penelitian Nurhalisyah dan Rahmad D (2011) hasil identifikasi dan analisa mikoriza terhadap sampel tanah asal PG. Arasoe dan PG. Camming

memperlihatkan bahwa jenis yang berhasil diidentifikasi berasal dari 4 genus spora FMA yaitu, *Glomus*, *Gigaspora*, *Acaulospora* dan *Scutellospora*.

Ditemukan sebanyak sepuluh tipe spora terdiri dari enam tipe spora *Glomus*, dua tipe spora *Gigaspora*, dan masing-masing satu tipe spora *Acaulospora* dan *Scutellospora*.

Secara umum FMA berasosiasi secara mutualisme lebih dari 80% tumbuhan vascular termasuk tanaman kakao dan memainkan peran penting dalam pertanian berkelanjutan (Akhtar dan Siddiqui, 2008; Siddiqui dan Pichtel, 2008; Akhtar *et al.*, 2011). Berbagai penelitian telah dilaporkan bahwa pemberian mikoriza arbuskula dapat meningkatkan laju pertumbuhan bibit kakao, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan tanaman terhadap kekeringan (Sasli, 2004). Penelitian membuktikan bahwa mikoriza arbuskula mampu meningkatkan serapan hara, baik hara makro maupun hara mikro.

Pada penelitian Sariasih dkk (2012) berdasarkan hasil identifikasi diperoleh bahwa ada dua genus spora FMA yang diperoleh; yaitu genus *Glomus sp* dan *Gigaspora sp*. Keanekaragaman kedua genus ini yang diperoleh dalam penelitian ini akan mempengaruhi hasil pengamatan karena kedua genus tersebut memiliki kemampuan adaptasi yang berbeda-beda dan akan berdampak pada keberhasilan dan kestabilan simbiosis antara FMA dan akar bibit kakao.

Jenis tanah yang mempunyai jumlah spora Genus fungi FMA yang terbanyak pada tanaman pisang nipah terdapat pada tanah gambut yang mempunyai jumlah 295 spora, sedangkan jenis tanah yang mempunyai jumlah Genus FMA yang mempunyai jumlah terbanyak pada tiga jenis tanah ialah Genus *Glomus*,

sedangkan spora Genus fungi FMA yang mempunyai jumlah terendah adalah Genus *Scutellospora*. Struktur fungi FMA yang ditemukan pada perakaran tanaman pisang nipah (*M. paradisiaca* L. var. nipah) terdiri dari arbuskular, hifa, spora dan vesikula. (Saputra dkk., 2015)

Ubi kayu secara fisiologis memiliki perakaran yang kurang berkembang. Akibatnya ubi kayu menjadi sangat tanggap dan tertolong pertumbuhannya dengan adanya fungi mikoriza arbuskula pada sistem perakarannya (Howeler, 1993; Mouse, 1981 dalam Santoso, 1989). Pada penelitian tersebut pemberian P sebanyak 800 kg/ha pada tanaman yang tidak diinokulasi belum mampu menyamai hasil tanaman yang hanya diinokulasi dengan fungi mikoriza arbuskula. Hasil yang sama antara keduanya dicapai pada aras pemberian P sebesar 1000 kg/ha. Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa tanaman ubi kayu memiliki ketergantungan yang cukup tinggi terhadap fungi mikoriza arbuskula. Percobaan Howeler dan Sierveding dalam Hajoningtjas dan Agus (2007), memperlihatkan pada plot-plot pertanaman ubi kayu yang diberi perlakuan sterilisasi lahan untuk membunuh kandungan spora fungi tersebut ternyata menunjukkan gejala kekurangan fosfor. Pengaruh tersebut juga terlihat pada tinggi tanaman dan umbi yang rendah fenomena tersebut menjelaskan bahwa akan terjadi penurunan ubi kayu apabila tidak mengikutsertakan asosiasi mikoriza selama periode pertumbuhannya. Dengan demikian aplikasi pupuk hayati fungi mikoriza arbuskula pada budidaya tanaman ubi kayu sangat berpengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman.

Selain itu berdasarkan hasil-hasil penelitian (Santoso, 1989; Rusdi, 2002), penggunaan mikoriza terbukti dapat meningkatkan produksi ubi kayu, karena kemampuannya membantu meningkatkan kemampuan tanaman melakukan penyerapan hara tertentu dan air melalui perluasan bidang serapan tanaman dengan adanya hifa eksternal, serta memperbaiki metabolisme tanaman.

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang terletak pada posisi $5^{\circ} 22' 11,38''$ LS dan $105^{\circ} 14' 25,96''$ BT sampai $5^{\circ} 21' 58,35''$ LS dan $105^{\circ} 14' 43,83''$ BT dengan ketinggian tempat 110-130 m dpl (Gambar 2). Penelitian ini dilaksanakan pada September 2016 sampai dengan Januari 2017.

3.2 Bahan dan Alat

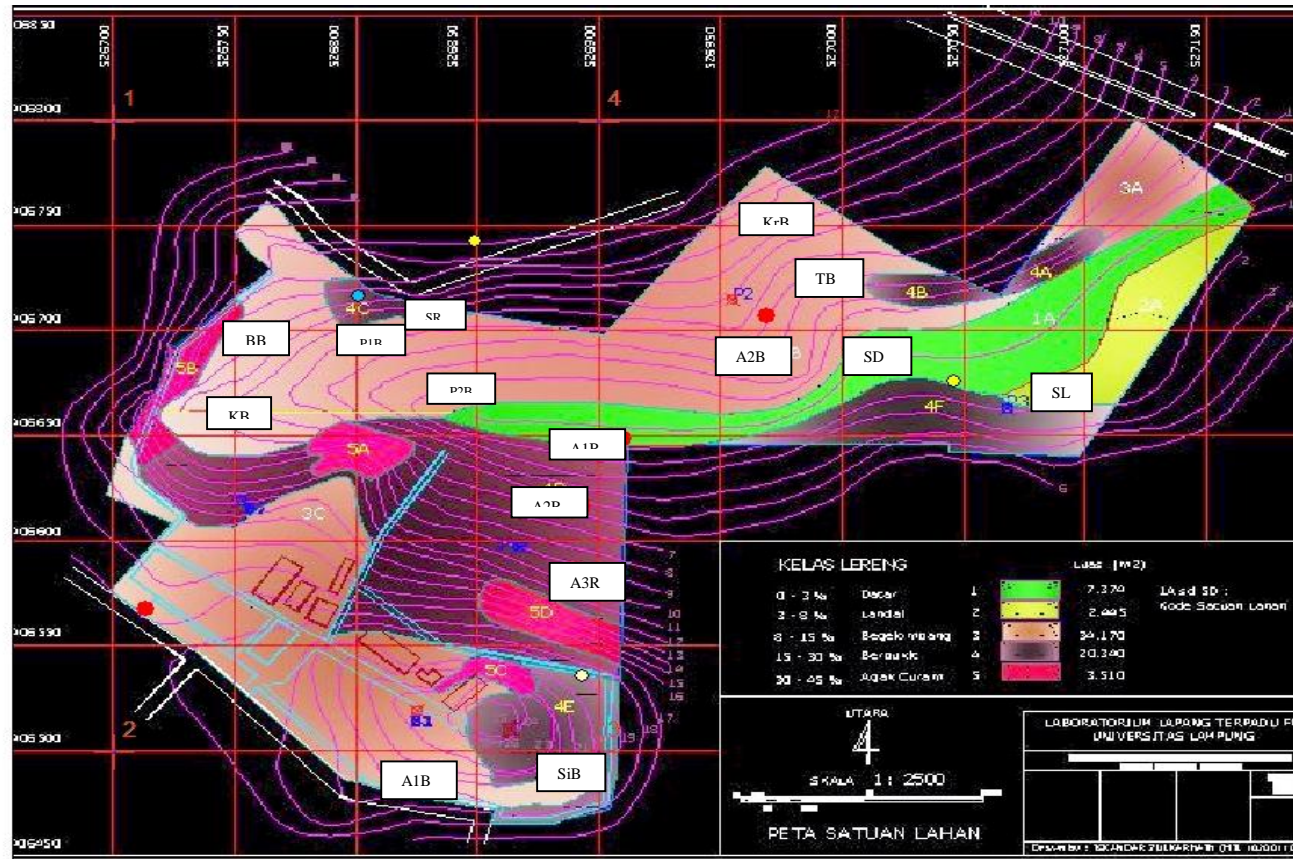
Bahan yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut; plastik untuk pengambilan sampel tanah, aquades, bahan-bahan kimia seperti larutan KOH 10%, HCl 2%, asam laktat 90%, larutan gliserin 86%, *Tryphan Blue* untuk menginfeksi persentase perakaran tanaman dan bahan-bahan kimia lainnya untuk analisis tanah seperti, pH dan P-tersedia. Sedangkan alat yang digunakan untuk penelitian ini adalah sebagai berikut; sendok atau koret, termometer untuk pengambilan sampel tanah dan pengukuran suhu tanah, *beaker glass*, cawan petri, saringan bertingkat dengan ukuran lubang 500 μm , 250 μm , 150 μm , 45 μm dan mikroskop binokuler untuk mengisolasi spora FMA serta alat pengaduk, gelas piala, pinset, *cover glass*, *counter*, gunting dan gelas objek untuk identifikasi infeksi spora FMA.

3.3 Metode

Pada penelitian ini, metode yang digunakan adalah menggunakan metode survey dengan teknik *purpose sampling*, titik samplingnya telah ditentukan sebelumnya berdasarkan peta satuan lahan Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung (Gambar 2). Metode yang digunakan untuk menghitung populasi FMA digunakan metode penyaringan basah (*wet sieving*) yang dilakukan melalui penyaringan secara bertingkat (Niswati dkk., 2015). Analisis data yang digunakan adalah menggunakan *boxplot*, serta korelasi antara populasi spora mikoriza dengan persentase infeksi perakaran tanaman inang dan kondisi lingkungan tanah (suhu, kadar air, pH dan P-tersedia). Analisis populasi spora mikoriza dilakukan pada 15 titik pengambilan sampel tanah dengan berbagai vegetasi dengan tiga kali ulangan. Pengambilan sampel tanah dilakukan berdasarkan topografi lahan yang dipilih, antara lain datar (0-3%), landai (3-8%), bergelombang (8-15%) dan berbukit (15-30%). Berikut titik pengambilan sampel, ialah:

Tabel 1. Koordinat titik sampel berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila

No.	Kemiringan Lahan	Titik Sampel	Vegetasi
1.	Datar (0-3%)	1	Padi Tadah Hujan
2.	Landai (3-8%)	2	Singkong
		3	Bambu
		4	Pisang
		5	Pisang
		6	Alang-alang
3.	Bergelombang (8-15%)	7	Kakao
		8	Alang-alang
		9	Singkong Intensif
		10	Karet
		11	Tebu
		12	Alang-alang
4.	Berbukit (15-30%)	13	Alang-alang
		14	Alang-alang
		15	Singkong



Legenda Vegetasi

- (Datar 0-3%)
- SD = Sawah
- (Landai 3-8%)
- SL = Singkong
- (Bergelombang 8-15%)
- BB = Bambu
- P₁B = Pisang
- P₂B = Pisang 2
- A₁B = Alang-alang 1
- KB = Kakao
- A₂B = Alang-alang 2
- SiB = Singkong Intensif
- KrB = Karet
- TB = Tebu
- (Berbukit 15-30%)
- A₁R = Alang-alang 1
- A₂R = Alang-alang 2
- A₃R = Alang-alang 3
- SR = Singkong

Gambar 3. Titik koordinat pengambilan sampel tanah pada berbagai vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu FP Unila (Banuwadkk, 2013)

3.4 Pelaksanaan

3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah

Tanah sebanyak 100 gram diambil dari setiap titik sampel dengan tiga ulangan . Sampel tanah dimasukkan ke dalam plastik untuk mengidentifikasi spora FMA dan analisis sifat kimia dan fisika tanah. Contoh akar tanaman dari setiap titik vegetasi diambil untuk persentase infeksi akar oleh spora FMA.

3.4.2 Isolasi dan Identifikasi Spora Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Isolasi spora FMA dilakukan dengan metode penyaringan basah (*wet sieving*) secara bertingkat (Pacioni, 1992). Isolasi dan identifikasi FMA dilakukan dengan menimbang tanah sebanyak 100 gram, tanah dimasukkan dalam gelas beaker 1.000 ml dan ditambah air sampai volume 500 ml. Suspensi tanah diaduk selama ± 1 menit sampai homogen. Suspensi tersebut didiamkan selama ± 10 detik sampai partikel yang besar mengendap. Cairan supernatan dituang ke dalam saringan bertingkat dengan diameter lubang 500 μm , 250 μm , 150 μm , 45 μm , (diulang sebanyak 3-4 kali). Residu masing-masing saringan dibilas dengan air mengalir untuk menjamin bahwa semua partikel tanah yang kecil sudah terbawa. Residu saringan dituang ke dalam cawan petri untuk mengamati spora di bawah mikroskop *stereo* dan jumlah spora FMA yang ditemukan. Perhitungan spora dilakukan secara manual dengan bantuan *counter*.

Spora FMA yang diamati di bawah mikroskop dibedakan berdasarkan ciri taksonomi seperti perbedaan ukuran dan warna spora FMA (terang atau gelap)

(Yusnaini, 2014). Spora FMA yang telah diisolasi dilakukan kultur murni berdasarkan vegetasi dan warna.

3.4.3 Persentase Infeksi Akar Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) pada Akar Tanaman

Akar tanaman yang terinfeksi spora FMA diamati dengan adanya hifa fungi yang terinfeksi bagian dalam sel korteks akar. Akar yang dibersihkan dan diwarnai berdasarkan metode pewarnaan (*staining methods*) (Brundrett dkk., 1984). Akar muda atau rambut akar tanaman dipotong dengan panjang 1 cm sebanyak 15 akar pada setiap sampel akar. Sampel akar direndam dalam larutan KOH 10% selama 12 jam. Larutan KOH dibuang dan akar dicuci pada air mengalir selama 5-10 menit. Sampel akar direndam dalam larutan HCl 2% , dan larutan HCl 2% dibuang dengan mengalirkan secara perlahan. Sampel akar direndam dalam larutan staining (*Trypan blue*) selama 24 jam untuk proses pewarnaan akar. Potongan akar disusun dalam gelas objek dan ditutup dengan *cover glass* secara perlahan agar tidak ada gelembung udara. Pengamatan dilakukan terhadap setiap potongan akar tanaman di bawah mikroskop dengan melihat struktur vesikel dan arbuskul yan terbentuk. Persentase infeksi akar dihitung berdasar rumus

$$\% \text{ Infeksi Akar} = \frac{\text{Jumlah akar terinfeksi}}{\text{Jumlah seluruh akar yang diamati}} \times 100\%$$

(Niswati dkk., 2015)

3.4.4 Pengamatan Suhu Tanah dan Kadar Air Tanah

Suhu tanah pada setiap vegetasi diukur dengan menggunakan termometer tanah.

Kadar air tanah ditentukan dengan metode gravimetrik. Sampel tanah sebanyak 10

gram dioven pada suhu 105° C selama 48 jam dan kadar air dihitung dengan rumus sebagai berikut :

$$\% \text{ Kadar air tanah} = \frac{(\text{Bobot basah} - \text{Bobot kering})}{\text{Bobot tanah kering}} \times 100\%$$

(Tim DDIT, 2013)

3.4.5 Pengamatan pH Tanah

Pengamatan pH tanah dilakukan dengan metode elektrometri, sampel tanah ditimbang masing-masing sebanyak 10 gram untuk larutan H₂O dan larutan KCl , sampel tanah dimasukkan ke dalam botol film, ditambahkan 50 ml aquades ke botol film yang pertama (pH H₂O) dan 50 ml larutan KCl 1 M ke botol lainnya (pH KCl). Sampel tanah diaduk dengan menggunakan mesin pengaduk (*shaker*) selama ±30 menit. Suspensi tanah setiap botol diukur dengan menggunakan pH meter (multi meter digital) yang sebelumnya sudah dilakukan kalibrasi dengan menggunakan larutan penyangga (larutan *buffer*) dengan pH 4,0 dan pH 7,0 (Tim DDIT, 2013)

3.4.6 P-Tersedia dengan Metode Bray I

Sampel tanah ditimbang sebanyak 2,5 gram, ditambahkan pengestrak Bray dan Kurt I sebanyak 25 ml, dikocok dengan *shaker* ±5 menit. penyaringan dilakukan apabila larutan keruh dan dikembalikan ke atas saringan. Ekstrak jernih diambil sebanyak 2 ml dengan pipet, dimasukkan ke tabung reaksi, contoh dan deret standar pada masing-masing ditambah dengan pereaksi pewarna fosfat sebanyak 10 ml, dikocok dan dibiarkan selama 30 menit. Absorbansinya diukur dengan spektrometer pada panjang gelombang 693 nm.

$$\begin{aligned}
 \text{Kadar P}_2\text{O}_5 &= \text{ppm kurva} \times \frac{\text{mL Ekstrak}}{1000 \text{ mL}} \times \frac{1000 \text{ gram}}{\text{gram Contoh}} \times \text{fp} \times \frac{142}{190} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times \frac{25}{1000} \times \frac{1000 \text{ gram}}{2,5 \text{ gram}} \times \frac{142}{190} \times \text{fk} \\
 &= \text{ppm kurva} \times 10 \times \text{fp} \times \frac{142}{190} \times \text{fk}
 \end{aligned}$$

(Tim DDIT, 2013)

3.5 Variabel Pengamatan

Penelitian memiliki variabel utama, yaitu populasi dan persentase infeksi spora FMA dari setiap jenis vegetasi. Variabel pendukung pengamatan ialah kondisi lingkungan tanah, yaitu suhu tanah, kadar air tanah, pH tanah dan P-tersedia pada tanah.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Populasi spora FMA berbeda-beda pada setiap jenis vegetasi di lahan Laboratorium Lapang Terpadu Unila
2. Populasi FMA tertinggi tidak ditemukan pada vegetasi alang-alang, melainkan pada vegetasi karet pada kemiringan lereng 8-15% (bergelombang) sebanyak 224 spora FMA per 100 gram tanah.
3. Populasi spora FMA tidak berkorelasi dengan infeksi perakaran tanaman dan tidak berkorelasi dengan faktor lingkungan tanah, yaitu suhu, kadar air, pH tanah dan P-tersedia.
4. Populasi spora FMA yang paling dominan ialah spora yang lolos saringan 45 μm dengan ciri-ciri berbentuk bulat dan berwarna *orange* dengan jumlah 153 buah per 100 gram tanah.
5. Persentase infeksi perakaran tanaman (%) tertinggi terdapat pada vegetasi singkong yang berada pada kemiringan lereng 3-8% (landai) sebanyak 80%

5.2 Saran

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan perlu dilakukan pengamatan pada vegetasi alang-alang karena tidak ditemukan spora FMA paling banyak dan pada vegetasi bambu yang mempunyai percabangan yang masih aktif atau masih muda.

DAFTAR PUSTAKA

- Adiningsih, S.J., dan S, Rochyati. 1988. Peranan Bahan Organik dalam Meningkatkan Efisiensi pupuk dan Produktivitas Tanah. Dalam: Setyorini, Prihartini (ed). *Prosiding Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V*. Cisarua, Bogor.
- Akhtar, M. S. dan Z. A. Siddiqui. 2008. *Arbuscular mycorrhizal fungi as potential bioprotectants against plant pathogens*. In: Siddiqui Z.A., Akhtar, M.S., K. Futai, (ed.), *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture dan Forestry*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 61-97, 362.
- Akhtar, M.S. Z.A Siddiqui dan A. Wiemken. 2011. Arbuscular mycorrhizal fungi dan Rhizobium to control plant fungal diseases. Alternative farming systems, biotechnology, drought stress dan ecological fertilization. *Series Sustain. Agric. Rev. volume 6 (Edit. Lichtfouse, E.)* 390p.
- Arman, R.S., Fikrinda., Muyassir., N.F. Mardatin., dan T. Arabia. 2015. Status Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Berbagai Sistem Pengelolaan Dan Umur Tanaman Kelapa Sawit. *J. Floratek*. 10(2):12-18
- Astiko, W. 2008. *Kesesuaian Jenis Kemasan, Suhu, Lama Penyimpanan Inokulum Komersial Jamur Mikoriza Tanah Vertisol Lombok*. Program Studi Hama dan Penyakit Tanaman. Fakultas Pertanian. Universitas Mataram.
- Banuwa, I.S., dan I. Zulkarnain. 2013. *Evaluasi Kemampuan Lahan Laboratorium Lapang Terpadu*. Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Brundrett, M., N. Bougher, B. Dell, T. Grove, dan N. Malajczuk. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. ACIAR Monograph 32.
- Burhanuddin. 2011. *Asosiasi Jamur Mikoriza Arbuskula Dengan Preparat (Combretocarpus rotundatus Miq) Dan Jelutung (Dyera lowii Hook) Di Lahan Gambut*. Disertasi. Yogyakarta: Program Pascasarjana, Universitas Gadjah Mada

- Corryanti, S., B. Rajagukguk, J. Soedarsono dan S.M. Widyastuti. 2007. Perkembangan mikoriza arbuskula dan pertumbuhan bibit jati (*Tectona grandis* L.) yang diinokulasi spora fungi mikoriza arbuskula asal tanah hutan tanaman jati. *Pemuliaan Tanaman Hutan*, (1): 2-3.
- Coyne, M.C. 1999. *Soil Microbiology an Exploratory Approach*. Delmar Publisher, ITP
- Davies, F.T, S.E. Svenson, J.C. Henderson, L. Phavaphutanon. S.A. Duray , Olalde Portugal C.E. Meier, dan S.H. Bo. 1996. Non-nutritional stress acclimation of mycorrhizal woody plants exposed to drought. *Tree Phy.* 16: 985–993.
- Delvian. 2006. *Dinamika Sporulasi Cendawan Mikoriza Arbuskula*. Karya Tulis. Departemen Kehutanan. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Dewi, N. K. S., P. W. Gede, dan S. Made. 2014. Identifikasi Mikoriza Arbuskular Secara Mikroskopis pada Rhizosfer Beberapa Jenis Rumput-rumputan dan Tanaman Kakao (*Theobroma cacao* L.). *e-jurnal Agroteknologi Tropika* 2 (4): 259-268.
- Dighton, J. 2003. *Fungi in ecosystem processes*, p. 99-100. In: J.W. Bennett and Paul A. Lemke (Eds.). Mycology Series. Marcel Dekker Inc.
- Douds Jr.,D.D. dan N.C Schenck. 1990. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimens. *Applied Environment Microbiology*. 413-418
- Fakuara, M.Y. 1988. Mikoriza dan Teori Kegunaan dalam Praktek. Pusat Antar Universitas IPB. Bogor. 123 hlm.
- Fitriyah, E. 2012. *Pengaruh Mikoriza dan Umur Benih Terhadap Derajat Infeksi, Serapan P, Pertumbuhan dan Hasil Padi (Oryza sativa L) dengan Metode SRI (System of Rice Intensification)*. Majalah Ilmiah Solusi Unsika Ed. Maret-Mei. 10(22)
- Gunawan AW. 1993. *Mikoriza Arbuskula*. Pusat Antar Universitas Ilmu Hayat. Institut Pertanian Bogor.
- Gupta, P.C. and J.C. O'toole. 1986. *Upland Rice, A Global Perspective*. International Rice Research Institute. Manila. 360 pp.
- Hajoningtijas, O., D. dan A. M. Purnawanto. 2007. *Teknologi Budidaya Ubi Kayu Menggunakan Pupuk Hayati Mikoriza*. Fakultas Pertanian. Universitas Muhammadiyah Purwokerto.
- Harley, J.L dan S.F. Smith. 1983. *Micorrhizal Symbiosis*. London. Academic Press

- Harley, J. L. 1972. *The biology of Mycorrhiza*. Plant science monographs. Leonard Hill, London. 334
- Hidayat, K. F. 2008. Efek Inokulasi Cendawan Mikoriza Arbuskular Indigen dan Sistem Olah Tanah Terhadap Keefektifan Mikoriza, Komponen Hasil, dan Hasil Padi Gogo (*Oryza sativa* L) pada Ultisol. *Jurnal Agrista Khusus*. 1:180-185
- Higo, M., K. Isobe, M. Yamaguchi, R. A. Drijber, E.S. Jeske, dan R. Ishii. 2013. Diversity and vertical distribution of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi under two soybean rotational systems. *Bio Fertil Soils*. 49:1085-1096
- Husin, E. F. dan R, Marlis. 2002. *Aplikasi Cendawan Mikoriza Arbuskular sebagai pupuk biologi pada pembibitan kelapa sawit*. Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Indonesia Barat, FP USU Medan.
- Ida, H., dan K, Kramadibrata. 2002. Identifikasi Jamur Mikoriza Arbuskula pada Rizosfer Tanaman Jagung Manis di Jawa. *Jurnal Floribunda* 2 (2): 33-37. Bogor.
- INVAM. 2009. International culture collection of (vesicular) arbuscular mycorrhizal Fungi. <http://invam.caf.wvu.edu/Myco-info/Taxonomy/classification.htm>. Diakses pada tanggal 7 Juni 2017.
- Imas, T., R.S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi. 1989. Mikrobiologi Tanah. Jilid II. Pusat Antar Universitas dan LSI IPB. Bogor. 117 hlm.
- Islami, T dan W. H. Utomo. 1995. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. Ikip Semarang Press. Semarang. 297 hlm.
- Kabirun. 1992. *Tahapan dalam Penelitian Mikoriza dan Kemungkinan Aplikasinya dalam Pengembangan Hutan Tanaman Industri*. Prosiding Seminar Nasional Status Silvikultur di Indonesia Saat ini. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Kabirun, S. dan J. Widada, 1995. Response of soybean grown on acid soil to inoculation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *Biotrop Spec. Publ.* 56 : 131-137.
- Kivlin, S. N., C.V., Hawkes dan K.K., Treseder. 2011. Global diversity and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi. *Journal Soil Biology & Biochemistry* 43: 2294-2303.

- Kumalawati, Z., Kafrawi., dan Asmawati. 2015. Identifikasi dan Isolasi Spora Tunggal Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada Rhizosphenen Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Prosiding Seminar Nasional Mikrobiologi Kesehatan dan Lingkungan*.
- Lara-Pérez, L.A., J. C. Norn-Carrazana, S. Hernández-González, E. AlarcónGutiérrez, L. R. Sánchez-Velásquez, R. Zulueta-Rodríguez, L. Lara Capistrán, dan A. Andradé-Torres. 2014. Diversity and colonization of arbuscular mycorrhizal fungi in the fern *Alsophila firma* in rainy and dry season. *Symbiosis* 62:143-150
- Lumbangaol, E. S. 2011. *Keberadaan dan Status Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada Beberapa Vegetasi di Tanah Berkapur (Studi Kasus di Desa Ria-Ria, Kecamatan Sipoholon, Kab. Tapanuli Utara)*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Lumbantoruan, S.M., S. Asmarlaily., E. Deni., dan S. Chandra. 2015. Efektifitas Pemberian Beberapa Jenis Bahan Organik Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Mikoriza Pada Tanaman Karet di Tanah Cekaman Kekeringan. *Jurnal Pertanian Tropik*. 2(36) : 300-310.
- Maas, E. V. dan R. H. Nieman. 1978. Physiology of plant tolerance to salinity. Dalam G. A. Jung (Ed). *Crop tolerance to suboptimal land conditions*. ASA Spec. Pub.
- Maftu'ah, E., M. Alwi, dan M. Willis. 2005. Potensi Makrofauna Tanah Sebagai Bioindikator Kualitas Tanah Gambut. *Bioscientiae*. 2(1) : 114.
- Marschner, H. 1992. *Mineral Nutrition in Higher Plant*. Academic Press Inc, London
- McGonigle, T.P.M. dan M.H. Miller, 1993. Mycorrhizal development and phosphorus absorption in maize under conventional and reduced tillage. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57(4) : 1002-1006.
- Menge, J.A. 1984. *Inoculum Production VA Mycorrhiza*. CRC Press, Boca Raton, Florida.
- Moreira, M., M.A. Nogueira., S.M. Tsai, S.M. Gomes-da Costa, dan E.J.B.N. Cardoso. 2007. Sporulation and diversity of arbuscular mycorrhizal fungi in Brazil Pine in the field and in the greenhouse. *Mycorrhiza*. 17: 519–526.
- Mosse, B. 1981. Vesicular-arbuscular Mycorrhizal Research for Tropical Agriculture. *Res. Bull.* 82p.

- Nainggolan, R. T., I. G. P. Wirawan, dan I. G. K. Susrama. 2014. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular secara Mikroskopis pada Rhizosfer Tanaman Alang-Alang (*Imperata Cylindrica* L) di Desa Sanur Kaja. *E-jurnal Agroteknologi Tropika*. 3(4) : 242 – 250.
- Nasahi, C. 2010. *Peran Mikroba Dalam Pertanian Organik*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan. Fakultas Pertanian Universitas Padjajaran, Bandung.
- Nasruddin. 2012. Respon Pertumbuhan Bibit Kakao terhadap inokulasi Azobacter dan Mikoriza. *Jurnal Agrivigor*. 11 (2) : 300-3015.
- Niswati, A., Dermiyati., Yusnaini. S., dan Arif, M.A.S. 2015. *Penuntun Praktikum Teknologi Pengelolaan Hara Biologi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
- Nuhamara, S. T., S, Hadi., E.I., Bimaatmadja. 1985. *Suspected Ectomycorrhizal Fungy Commonly Associated with Dipterocarpaceae*. Internal Report. BIOTROP. Bogor.
- Nurhalisyah dan D, Rahmad. 2001. Identifikasi Fungi Mikoriza Arbuskular di Lahan Perkebunan Tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza* hal 187 – 193.
- Nurhayati. 2012. Infektivitas Mikoriza pada Berbagai Jenis Tanaman Inang dan beberapa Jenis Sumber Inokulum. *J. Floratek* 7 : 25 – 31.
- Pacioni G. 1992. Wet-sieving and decanting techniques for the extraction of spores of vesicular-arbuscular fungi. In: *Methods in Microbiology, vol 24 Techniques for the study of mycorrhiza*. JR Norris, DJ Read and AK Varma (Eds), 317-322. Academic Press. New York.
- Pakpahan, A. J. 2015. *Pembuatan Kultur Murni Mikoriza Dari Tanaman Kelapa Sawit (Elais quinensiss Jacq) di Pusat Penelitian Bioteknologi dan Bioindustri Indonesia-Bogor*. Laporan Praktik Umum. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Pang, P.C dan E.A, Paul. 1980. Effect of FMA on 14C dan 15N Distribution in nodulated FABabeans. *Can. J. Soil.Sci.* 60 : 241-249.
- Pangaribuan, N. 2014. Penjaringan Cendawan Mikoriza Arbuskula Indigenous dari Lahan Penanaman Jagung dan Kacang Kedelai pada Gambut Kalimantan Barat. *Jurnal Agro*. 1(1) : 50 - 60. Sumedang.
- Paul, E.A. dan F. E. Clark, 1996. *Soil Microbiolgy and Biochemistry*. Second Edition. Academic Press. San Diego. 300 p.

- Pudjiharta, A., W. Enny., A. Yelin., dan H. K. Syafruddin. 2008. *Kajian Teknik Rehabilitasi Lahan AlangAlang*. Pusat Litbang Hutan dan Konservasi Alam. Bogor.
- Rao, N.S. S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press. Jakarta. 353 hal.
- Rini, M.V., dan V. Rosalinda. 2010. Pengaruh tanaman inang dan media tanam pada produksi fungi mikoriza arbuskular. *Agrotropika* 15(1): 37 – 43.
- Rusdi, N. 2002. *Pemakaian Pupuk Hayati Mikoriza Pada Budidaya Ubi Kayu*. UPT-EPG-BPPT, Bandar Lampung
- Safir, G. R. dan Duniway, J. W. 1982. *Evaluation of plant response to colonization by vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi (environmental variables)*. In Schenck, N. C. (eds). *Method and Principles of My-corrhizal Research*. APS Press. The American Phytopathological Socie-ty. St. Paul. Minnesota.
- Santoso, D.A. 1989. *Teknik dan Metode Penelitian Mikoriza Vesikular-Arbuskular*. Laboratorium Biologi Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor, 59 hlm.
- Saputra, B., R. Linda., dan I. Lovadi. 2015. Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) pada Tiga Jenis Tanah Rhizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiaca L. var. nipah*) Di Kabupaten Pontianak. *Jurnal Protobiont*. 4(1) : 160-169.
- Sariasih, Y., H. Bambang dan W. Jaka. 2012. Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskular dalam Medium Zeolit trhadap Pertumbuhan dan Intensitas Penyakit Bercak Daun pada Bibit Kakao. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 1(1) : 1 – 7
- Sarief, E. S. 1989. *Fisika Kimia Tanah Ultisol Pertanian*. Pustaka Buana, Bandung.
- Sasli, I. 2004. *Peranan Mikoriza Vesikula Arbuskula (MVA) dalam Peningkatan Resistensi Tanaman terhadap Cekaman Kekeringan*. Makalah pribadi Pengantar ke Falsafah Sains (PPS702). Sekolah Pasca Sarjana/S3. Institut Pertanian Bogor.
- Sastrahidayat, I. R. 2005. *Aplikasi Pupuk Hayati Mikoriza (VAM) pada Tanaman Bawang-bawangan dan Pengaruhnya terhadap Tingkat Serangan Alternaria porri*. Laporan Penelitian. Faperta Unibraw. Malang.
- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan*. PAU *Bioteknologi*. Institut Pertanian Bogor. Lembaga Sumber Daya Informasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor

- _____. 1992. *Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.
- _____. 1995. *The Practical Application of Arbuscular Mycorrhizae Fungi for Reforestation in Indonesia*. Thesis. Kent: Research School of Biosciences, University of Kent.
- _____. 2001. *Peranan Mikoriza Arbuskula dalam Reboisasi Lahan Kritis di Indonesia*. Makalah Seminar Penggunaan Fungi mikoriza arbuskula dalam Sistem Pertanian Organik dan Rehabilitasi Lahan Kritis. 21-23 April 2001. Bandung
- Setya, A. P., W. Gunawan., dan K. Kramadibrata. 1995. Cendawan Mikoriza Arbuskular pada Bambu Kebun Raya Bogor. *Jurnal Hayati* 2 (2) : 85-86.
- Siddiqui, Z.A. dan J. Pichtel. 2008. Mycorrhizae: an overview. In: Siddiqui, Z.A., Akhtar, M.S., Futai, K. (ed.), *Mycorrhizae: Sustainable Agriculture dan Forestry*. Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 1-35, 362.
- Siregar, R. A. D. 2014. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular pada Areal Tanaman Karet (Studi Kasus di PTPN III Kebun Batang Toru Kabupaten Tapanuli Selatan)*. Skripsi. Universitas Sumatra Utara.
- Siverding , E . 1991. *Vesicular arbuscular mycorrhizae management in tropic agroecosystem*. Technical Cooperation Federal Republic of Germany. 371 pp.
- Sitio, S. N. Sari. 2017. *Populasi Dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular Pada Rizosfir Ubi Kayu Klon Kasetsart Di Kabupaten Lampung Timur Dan Tulang Bawang Barat*. Skripsi. Universitas Lampung
- Smith, S.E. and D.J Read. 1997. *Mycorrhizal symbiosis*. Second edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London. Pp. 32-79.
- Srivastava, J.P. and D.N. Tyagi. 1999. Advance in water relation and moisture stress studies of plants, p.1029-1039. In: Mohammad Pessaraki (Eds.). *Handbook of Plant and Crop Stress*. Marcel Decker Inc. New York.
- Suamba, I. W., I. G. P. Wirawan., dan W. Adiartayasa. 2014. Isolasi dan Identifikasi Fungi Mikoriza (FMA) secara Mikroskopis pada Rhizosfer Tanaman Jeruk (*Citrus* sp) di Desa Kerta, Kecamatan Payangan, Kabupaten Gianyar. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 3(4) : 201 – 208.
- Suhardi. 1989. *Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)*. Universitas Gajah Mada. Yogyakarta. 178 hlm

- Sukardi, M., R. Maryani dan Hikmatullah. 1993. *Inventarisasi dan Karakteristik Lahan Alang-alang Dalam Pemanfaatan Lahan Alang-alang Untuk Usaha Tani Berkelanjutan*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. pp. 1-11.
- Suprianto, I. Setiawan dan A. M. Harahap. 1992. *Usaha Peningkatan Kualitas Bibit Tanaman Kehutanan Melalui Inokulasi Mikoriza*. Prosiding Seminar Nasional Status Silvikultur di Indonesia Saat Ini. Fakultas Kehutanan UGM. Yogyakarta.
- Sutcliffe, J. 1979. *Plants and Water*. Edward Arnold Publisher Ltd. London. 122p.
- Syamsiah, S. 2008. *Respon Tanaman Padi Gogo (Oryza sativa L) Terhadap Stres Air dan Inokulasi Mikoriza*. Skripsi. IPB. Bogor.
- Talanca A. Haris dan A. M. Adnan. 2005. *Mikoriza dan Manfaatnya pada Tanaman*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Talanca, H. 2010. Status Cendawan Mikoriza Vesicular-Arbuskular (MVA) pada tanaman. *Pross. Pekan Serelia Nasional*. Hal: 353-357
- Tim DDIT. 2013. *Penuntun Praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung
- Vejsadova, H. 1992. The influence of organic and inorganic fertilization on the development of indigenous VA fungi in roots of clover. Mycorrhizal in Ecosystems. *CAB International. Cambridge*. 406 hlm..
- Widiastuti, H dan Kramadibrata. 1993. Identifikasi Jamur Mikoriza Arbuskular di Beberapa Kebun Kelapa Sawit di Jawa Barat. *Menara Perkebunan*, 61 (1) : 13-19.
- Wikipedia. 2014. *Lahan Pertanian*. <https://id.wikipedia.org/>. Diakses 31 Mei 2016
- Yusnaini, S. 2014. *Pengelolaan Hara Fosfor Secara Biologis Kunci Pertanian Berkelanjutan*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung
- Zarate, J.T. and R.E. Dela Cruz, 1995. Pilot testing the effectiveness of arbuscular mycorrhizal fungi in the reforestation of marginal grassland. *Biology and Biotechnology of Mycorrhizae. Biotrop Spec. Publ.No56* : 131-137.