POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFIR UBI KAYU KLON KASETSART DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR DAN TULANG BAWANG BARAT

(Skripsi)

Oleh

SELLY NOVITA SARI SITIO

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

ABSTRAK

POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFIR UBI KAYU KLON KASETSART DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR DAN TULANG BAWANG BARAT

Oleh

Selly Novita Sari Sitio

Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular sangat beragam di dalam tanah dan dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat merupakan sentra produksi ubi kayu dengan faktor biotik dan abiotik yang berbeda. Perbedaan faktor biotik dan abiotik mempengaruhi populasi dan keragaman FMA di lahan pertanaman ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui perbedaan populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsartyang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat, (2) mengetahui perbedaan keragaman FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat, (3) mengetahui jenis FMA yang dominan pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat.

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung sejak bulan April 2016

sampai dengan Agustus 2016. Penelitian ini terdiri atas dua metode, pada metode pertama sampel tanah diambil pada kebun ubi kayu Klon Kasetsart yang berbeda yaitu di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat. Populasi FMA yang diperoleh diuji dengan menggunakan uji T. Metode yang kedua yaitu kultur traping, rancangan perlakuan yang digunakan adalah faktorial (2x3) dengan faktor pertama yaitu asal sampel tanah dan faktor kedua yaitu jenis tanaman inang dengan setiap perlakuan diulang sebanyak 7 kali. Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan menggunakan Rancangan Kelompok Teracak Sempurna. Data yang dihasilkan diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett, selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNT pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan (1) populasi FMA pada sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dibandingkan dengan populasi FMA pada sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur, (2) keragaman FMA hasil kultur traping dengan sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dibandingkan dengan keragaman FMA hasil kultur traping dengan sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur, (3) jenis FMA yang dominan hasil kultur traping dengan sampel tanah Kabupaten Lampung Timur yaitu spora dengan kode S2 yang termasuk ke dalam genus *Gigaspora* dan kode S4 yang termasuk ke dalam genus *Glomus.* Sedangkan pada Kabupaten Tulang Bawang Barat didominasi oleh jenis spora dengan kode S9 yang termasuk ke dalam genus *Entrophospora*.

Kata kunci : fungi mikoriza arbuskular, keragaman, populasi

POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFIR UBI KAYU KLON KASETSART DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR DAN TULANG BAWANG BARAT

Oleh

Selly Novita Sari Sitio

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

JURUSAN AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN UNIVERSITAS LAMPUNG

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2017

Judul Skripsi	: **POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFIR UBI KAYU KLON KASETSART DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR DAN TULANG BAWANG BARAT**
Nama Mahasiswa	: Selly Novita Sari Sitio
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1214121204
Jurusan/PS	: Agroteknologi
Fakultas	: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.
NIP 196603041990122001

Dr. Ir. Kuswanta F. Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : **Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.** .....

Sekretaris : **Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **17 Januari 2017**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFIR UBI KAYU KLON KASETSART DI KABUPATEN LAMPUNG TIMUR DAN TULANG BAWANG BARAT" merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini, saya kutip dari karya orang lain, dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ditemukan bahwa skripsi ini seluruhnya ataupun sebagian bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandar Lampung, Februari 2017
Pembuat Pernyataan,

Selly Novita Sari Sitio
NPM 1214121204

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 13 November 1993, sebagai anak kedua dari tiga bersaudara dari Bapak Pondang Sitio dan Ibu Juminar Napitupulu.

Pendidikan yang telah diselesaikan oleh penulis yaitu Taman Kanak-kanak Tunas Melati II Natar lulus pada tahun 2000, kemudian Sekolah Dasar Swasta Sejahtera IV Sidodadi Kedaton Bandar Lampung lulus pada tahun 2006, kemudian Sekolah Menengah Pertama Negeri 22 Bandar Lampung lulus pada tahun 2009, selanjutnya Sekolah Menengah Atas Negeri 5 Bandar Lampung lulus pada tahun 2012. Tahun 2012 penulis terdaftar sebagai mahasiswa jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penulis diterima melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) tertulis.

Selama perkuliahan, penulis telah mengikuti Praktik Umum (PU) selama 1 bulan yang dilaksanakan di Balai Penelitian Tanaman Hias (Balithi) Segunung Pacet, Cianjur, Jawa Barat. Penulis juga melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 2 bulan di Desa Sukapura, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat. Selama menjadi mahasiswa di Universitas Lampung, penulis pernah menjadi asisten praktikum untuk mata kuliah Fisiologi Tumbuhan dan Agama Kristen Protestan pada semester genap tahun ajaran 2014/2015.

MOTTO

“Kuatkan dan teguhkanlah hatimu, janganlah takut dan jangan gemetar karena mereka sebab Tuhan, Allahmu, Dialah yang berjalan menyertai engkau; Ia tidak akan membiarkan engkau dan tidak akan meninggalkan engkau” (Ulangan 31:6).

“Orang-orang pilihanku akan menikmati pekerjaan mereka. Mereka tidak akan bersusah-susah dengan percuma” (Yesaya 56:22b-23a).

“Fokus pada apa yang Tuhan percayakan dan berikan kepadamu. Terima, kerjakan, dan syukuri setiap hal yang ada” (Selly Novita Sari Sitio).

Puji syukur kepada Tuhan Yesus Kristus, karena berkat kasih setia-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis mempersembahkan karya sederhana hasil proses belajar selama kuliah di Universitas Lampung ini kepada kedua orang tua penulis yang telah berkorban dalam segala hal demi pendidikan penulis.

Kepada keluarga besar dan orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan, motivasi dan kasih sayang yang tulus kepada penulis, dan kepada Almamater tercinta. Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur kehadhirat Allah Bapa Yang MahaKuasa, atas berkat dan kasih karunia-Nya, sehingga penulis mampu menyelesaikan skripsi ini. Penyelesaian pembuatan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis ingin mengucapkan terima kasih kepada:

1. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., sebagai Pembimbing Utama sekaligus pemberi ide penelitian yang telah meluangkan waktu dalam memberikan nasehat, saran, pengarahan, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., sebagai Pembimbing Kedua yang telah meluangkan waktu dalam memberikan nasehat, saran, pengarahan, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini.
3. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., sebagai Penguji yang telah memberi saran, kritik, dan nasehat dalam penyelesaian skripsi ini.
4. Orang Tua penulis yang telah memberi dukungan moril maupun materil selama perkuliahan dan dalam penyelesaian skripsi ini.
5. Ibu Ir. Niar Nurmauli, M.S., sebagai Pembimbing Akademik yang telah memberi nasehat selama penulis melaksanakan kuliah di Jurusan Agroteknologi.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., sebagai Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., sebagai Ketua Bidang Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
8. Ibu Dr. Ir. Nyimas Sa'diyah, M.P., sebagai Ketua Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
9. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., sebagai Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
10. Kakak penulis Toman Sofiyanto, S.Sos., yang telah memberikan dukungan dan nasehat selama penulis menyelesaikan skripsi ini.
11. Kekasih penulis Juan Gunawan Situmeang, A.Md., yang telah memberikan semangat dan motivasi selama penulis melaksanakan penelitian dan menyelesaikan skripsi ini.
12. Sahabat penulis Yenni, Ina, Jessica, Rezlinda, Rina, Yanti, Windari, Ulfah, Santia, dan Ria atas dukungan yang telah diberikan kepada penulis.
13. Mbak Retta, Mbak Novri, dan Mbak Anggun yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian di Laboratorium Produksi Perkebunan.

Semoga Allah Bapa memberikan balasan atas bantuan yang telah diberikan dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi seluruh pembaca.

Bandar Lampung, Februari 2017

Penulis,

Selly Novita Sari Sitio

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI ..... **i**

DAFTAR TABEL ..... **iii**

DAFTAR GAMBAR ..... **vi**

I. PENDAHULUAN **1**

1.1 Latar Belakang dan Masalah 1

1.2 Tujuan Penelitian 4

1.3 Landasan Teori 5

1.4 Kerangka Pemikiran 13

1.5 Hipotesis 15

II. TINJAUAN PUSTAKA **16**

2.1 Botani Ubi Kayu 16

2.2 Taksonomi Ubi Kayu 16

2.3 Pentingnya Tanaman Ubi Kayu 17

2.4 Pengertian Fungi Mikoriza Arbuskular 17

2.5 Peran Fungi Mikoriza 19

2.6 Manfaat Fungi Mikoriza 19

2.7 Mekanisme dan Ekologi Fungi Mikoriza 20

2.8 Tanaman Inang 21

III. BAHAN DAN METODE **23**

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian 23

3.2 Bahan dan Alat 23

3.3 Metode Penelitian 23

3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah 24

3.3.2 Kultur Traping 25

3.3.2.1 Persiapan Bahan Tanam 25
3.3.2.2 Persiapan Media Tanam 25
3.3.2.3 Penanaman..... 26
3.3.2.4 Pemeliharaan Tanaman 27
3.3.2.5 Pemanenan..... 28

3.4 Variabel Pengamatan 29

3.4.1 Teknik Isolasi Spora 29
3.4.2 Identifikasi Keragaman FMA 30
3.4.3 Dominansi FMA 31

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN..... 32

4.1 Hasil Penelitian 32

4.1.1 Populasi FMA di Lapang..... 32
4.1.2 Populasi FMA Kultur Traping..... 33
4.1.3 Spora FMA Hasil Kultur Traping..... 33
4.1.4 Keragaman FMA 34
4.1.5 Dominansi FMA 35

4.2 Pembahasan 41

V. KESIMPULAN DAN SARAN 48

5.1 Kesimpulan..... 48

5.2 Saran 49

PUSTAKA ACUAN 50

LAMPIRAN..... 53

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Uji T populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 32

2. Pengaruh jenis tanaman inang (jagung, sorgum dan *Pueraria javanica)* pada kultur traping terhadap populasi FMA..... 33

3. Rincian data masing-masing jenis FMA hasil traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 34

4. Indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur dan Kabupaten Tulang Bawang Barat 35

5. Rincian jumlah spora dari masing-masing jenis FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 36

6. Dominansi FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat..... 37

7. Jenis FMA yang dominan hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 37

8. Identifikasi spora FMA kode s2 (*Gigaspora sp.2*) 38

9. Identifikasi spora FMA kode s4 (*Glomus sp.1*) 39

10. Identifikasi spora FMA kode s4 (*Entrophospora sp.1*) 40

11. Data hasil analisis sifat kimia dan fisika tanah awal..... 54

12. Data populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 54

13. Uji T populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat 55

14. Data populasi FMA hasil kultur traping pada tanaman jagung, sorgum dan *Pueraria javanica*..... 55

15. Analisis ragam populasi FMA hasil kultur traping pada tanaman jagung, sorgum dan *Pueraria javanica*..... 56

16. Analisis ragam populasi FMA hasil kultur traping pada sampel tanah kebun di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat..... 56

17. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur..... 56

18. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang sorgum pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur..... 57

19. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur..... 57

20. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung pada sampel tanah di Kabupaten Tulang Bawang Barat..... 58

21. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang sorgum pada sampel tanah di Kabupaten Tulang Bawang Barat..... 58

22. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Tulang Bawang Barat 59

23. Indeks dominansi FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Lampung Timur..... 59

24. Indeks dominansi FMA hasil kultur traping dengan tanaman inang jagung, sorgum dan *Pueraria javanica* pada sampel tanah di Kabupaten Tulang Bawang Barat 60

25. Identifikasi spora FMA kode S1 (*Gigaspora sp.1*)..... 61

26. Identifikasi spora FMA kode S2 (*Gigaspora sp.2*)..... 62

27. Identifikasi spora FMA kode S3 (*Gigaspora sp.3*)..... 63

28. Identifikasi spora FMA kode S4 (*Glomus sp.1*) 64

29. Identifikasi spora FMA kode S5 (*Glomus sp.2*) 65

30. Identifikasi spora FMA kode S6 (*Glomus sp.3*) 66

31. Identifikasi spora FMA kode S7 (*Glomus sp.4*) 67

32. Identifikasi spora FMA kode S8 (*Scutellospora*) 68

33. Identifikasi spora FMA kode S9 (*Entrophospora sp.1*)..... 69

34. Identifikasi spora FMA kode S10 (*Entrophospora sp.2*)..... 70

35. Identifikasi spora FMA kode S11 (*Entrophospora sp.3*)..... 71

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Tata letak percobaan pada kultur traping 25

2. Ilustrasi metode traping FMA pada tanaman inang 27

3. Ilustrasi proses panen traping tanaman jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica* 28

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Ubikayu (*Manihot esculenta* Crantz.) merupakan salah satu tanaman pangan daerah tropis yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Ubi kayu dapat di manfaatkan sebagai alternatif sumber pangan pengganti beras dan juga sebagai sumber energi baru yang terbaharukan, ramah lingkungan, dan relatif mudah untuk dibuat. Salah satu alternatif pengganti bahan bakar fosil adalah dengan bioenergi seperti bioetanol yang berasal dari ubi kayu (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2012).

Tanaman ubi kayu sebagian besar dikembangbiakkan secara vegetatif yakni dengan setek. Jenis Klon ubi kayu yang banyak ditanam di Lampung antara lain adalah Klon UJ-3 (Thailand), Klon UJ-5 (Kasetsart), dan Klon lokal (Barokah, Manado, Klenteng, dan lain-lain). Hasil kajian BPTP Lampung menunjukkan bahwa penggunaan Klon UJ-5 (Kasetsart) mampu berproduksi tinggi dan memiliki kadar pati yang tinggi pula (BPTP, 2014).

Sentra produksi ubikayu terbesar di Indonesia masih berada di Provinsi Lampung dengan persentase produksi yaitu Lampung (37,39%), Jawa Tengah (16,89%), Jawa Timur (12,02%), Jawa Barat (9,07%), dan Sumatera Utara (4,46%). Produksi ubi kayu di Provinsi Lampung juga meningkat setiap tahunnya, terbukti

pada tahun 2015 produksinya mencapai 8.038.963 ton dibandingkan tahun sebelumnya yaitu 8.034.016 ton (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2015).

Pada umumnya kegiatan pertanian yang dilakukan pada budidaya ubi kayu seperti pengolahan tanah, penggunaan pupuk kimia, penggunaan pestisida sangat berpengaruh terhadap kesuburan tanah. Pengolahan tanah yang berulang-ulang dan kegiatan panen menyebabkan erosi unsur hara dan bahan organik sehingga kondisi tersebut akan mempengaruhi populasi dan keragaman fungi mikoriza arbuskular.

Fungi mikoriza arbuskular merupakan organisme yang berasal dari golongan fungi yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tanaman (Brundrett *et al*.,1996). Fungi mikoriza arbuskular berpotensi besar sebagai pupuk hayati karena merupakan salah satu mikroorganisme yang memiliki peranan yang sangat penting bagi tanaman seperti dapat memfasilitasi penyerapan hara dalam tanah sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, sebagai penghalang biologis terhadap infeksi patogen akar, meningkatkan ketersediaan air bagi tanaman, dan meningkatkan hormon pemacu tumbuh (Prihastuti, 2007).

Fungi mikoriza arbuskular dapat ditemukan hampir pada semua ekosistem, termasuk pada lahan masam (Kartika, 2006) dan alkalin (Swasono, 2006). Walaupun demikian, tingkat populasi dan komposisi jenis FMA sangat beragam. Populasi FMA dapat dipengaruhi oleh jenis tanaman dan faktor lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan fosfor dan nitrogen, serta konsentrasi logam berat (Daniels dan Trappe, 1980).

Kolonisasi akar oleh FMA akan dicapai maksimum pada tanah yang kurang subur kondisinya. Nitrogen dan Fosfor dalam tingkat ketersediaan yang tinggi dapat mengurangi kolonisasi akar. Kolonisasi akar akan meningkat bila nitrogen meningkat pada kondisi fosfor yang moderat, tetapi pada kondisi fosfor yang tinggi, penambahan nitrogen justru merupakan penghambat kolonisasi dari akar dan produksi spora FMA (Suhardi, 1989).

Pada tanah yang tidak diolah, jumlah spora yang dihasilkan akan berkurang dibandingkan dengan tanah yang diolah secara terus menerus. Pada tanah yang diolah terjadi pergantian akar dan kekeringan yang mengakibatkan seleksi dari FMA serta produksi dari spora akan lebih tinggi. Pada lahan semak yang tidak diolah pada bagian akar yang selalu tumbuh sepanjang tahun tanpa ada pergantian tanaman, air tanah dan suhu yang konstan serta tidak memicu terjadinya cekaman pada tanaman yang tumbuh di atasnya, maka produksi spora menjadi rendah (Suhardi, 1989).

Perusakan tanah melalui pengolahan tanah secara intensif berdampak pada pemadatan tanah yang mempengaruhi perkembangan dan populasi FMA. Semakin padat tanah maka semakin rendah populasi FMA pada tanah tersebut karena pemadatan tanah akan mempengaruhi perkembangan hifa di dalam tanah yang pada akhirnya akan mempengaruhi produksi spora (Thompson, 1994 *dalam* Rini, 2011).

Fungisida merupakan racun kimia yang diracik untuk membunuh cendawan penyebab penyakit pada tanaman. Selain membunuh cendawan penyebab penyakit, fungisida juga dapat membunuh mikoriza karena pemakaian fungisida

dapat menurunkan pertumbuhan dan kolonisasi serta kemampuan mikoriza dalam menyerap fosfor (Santosa, 1989).

Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat merupakan sentra produksi ubi kayu dengan praktik budidaya yang berbeda. Perbedaan lokasi dan praktik budidaya akan mempengaruhi populasi dan keragaman FMA di lahan pertanaman ubi kayu.

Berdasarkan latar belakang yang telah dikemukakan, maka masalah dalam penelitian ini dapat dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah terdapat perbedaan populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat ?
2. Apakah terdapat perbedaan keragaman FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat ?
3. Jenis FMA apakah yang dominan pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat ?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah yang telah dikemukakan, maka penelitian ini bertujuan untuk :

1. Mengetahui perbedaan populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat.

2. Mengetahui perbedaan keragaman FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat.
3. Mengetahui jenis FMA yang dominan pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat.

1.3 Landasan Teori

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan organisme yang berasal dari golongan fungi yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme antara fungi dengan akar tanaman (Brundrett *et al*.,1996). Fungi mikoriza arbuskularbanyak ditemukan pada jenis tanah Ultisols karena FMA memiliki daya adaptasi pada lahan tersebut. Potensi FMA pada lahan Ultisols yaitu dapat memperbaiki ketersediaan hara bagi tanaman (Prihastuti,2007).

Pengembangan pertanian di lahan kering sering menghadapi berbagai kendala antara lain miskin unsur hara seperti N, P, K, Ca dan nilai tukar kation (KTK) rendah sehingga unsur hara mudah lepas dan tercuci dimana bersamaan dengan itu terjadi peningkatan hara toksik seperti Al, Fe dan Mn (Cahyani *dkk.*, 2014). Menurut Hartoyo *dkk*. (2011), pemanfaatan FMA merupakan salah satu alternatif dalam menanggulangi permasalahan pada tanah masam, karena FMA dapat membantu tanaman menyerap unsur P dan unsur hara lainnya dalam tanah.

Fungi mikoriza arbuskular termasuk dalam golongan endomikoriza dengan klasifikasi termasuk ke dalam filum *Glomeromycota*. FMA mempunyai 4 ordo, yaitu ordo *Glomerales, Diversisporales, Archaeosporales, dan Paraglomerales*. Ordo *Glomales* mempunyai satu famili yaitu *Glomaceae* dengan genus *Glomus*. Ordo *Diversisporales* mempunyai 4 famili yaitu famili *Acaulosporaceae* dengan genus *Acaulospora* dan

Entrophospora, famili *Gigasporacea* dengan genus *Gigaspora* dan *Scutellospora*, famili *Diversisporaceae* dengan genus *Diversispora* (Glomus), dan famili *Pacisporaceae* dengan genus *Pacispora*. Ordo *Archaeosporales* mempunyai 2 famili yaitu famili *Archaeosporaceae* dengan genus *Archaeospora* dan famili *Geosiphonaceae* dengan genus *Geosiphon*. Ordo *Paraglomerales* mempunyai satu famili yaitu *Paraglomaceae* dengan genus *Paraglomus* (Rini, 2012).

Fungi mikoriza arbuskular dikelompokkan berdasarkan cara terbentuknya spora pada setiap genus. Karakteristik yang khas untuk masing-masing genus ialah sebagai berikut**:**

1. *Glomus*

Pada genus *Glomus*, proses perkembangan spora adalah dari ujung hifa yang membesar sampai mencapai ukuran maksimal dan terbentuk spora. Spora *Glomus* berbentuk bulat dan jumlahnya banyak. Dinding spora berjumlah satu, seluruh lapisan yang ada pada dinding spora berasal dari dinding hifa pembawa. Permukaan dinding spora halus tidak memiliki ornamen dan ada dudukan hifa (*subtending hyphae*) lurus berbentuk silinder.

2. *Acaulospora*

Proses perkembangan spora *Acaulospora* seolah-olah dari ujung hifa tapi sebenarnya tidak. Pertama-tama ada hifa yang ujungnya membesar yang strukturnya seperti spora disebut *saccule*. Kemudian *saccule* berkembang disertai muncul bulatan kecil diantara hifa terminus dan subtending hifa. Bulatan kecil tersebut akan berkembang dari sisi subtending hifa menjadi spora.

3.*Entrophospora*

Proses perkembangan spora *Entrophospora* hampir sama dengan proses perkembangan spora *Acaulospora*, yaitu di antara hifa terminus dengan subtending hifa. Perbedaan keduanya adalah pada proses perkembangan *azygospora* berada di dalam blastik atau ditengah hifa terminus, sehingga akan terbentuk dua lubang yang simetris pada spora yang telah matang. Warna sporanya kuning coklat, tetapi jika spora belum matang warnanya tampak jauh lebih buram.

4. *Archaespora*

Perkembangan spora pada genus *Archaespora* merupakan perpaduan antara perkembangan spora genus *Glomus* dan *Entrophospora* atau *Acaulospora*. Pada awalnya, di ujung hifa akan terbentuk *Sporiferous saccule*. Selanjutnya pada leher *saccule* atau subtending hifa akan berkembang *pedicel* atau percabangan hifa dari leher *saccule.*

5. *Paraglomus*

Proses pembentukan spora *paraglomus* hampir sama dengan proses pembentukan spora *glomus*. Spora tersebut berasal dari ekspansi *blastic* dari ujung hifa. *paraglomus* tidak bereaksi dalam reagen *Melzer*.

6. *Gigaspora*

Spora berkembang secara blastik dari ujung hifa yang membengkak dan menjadi "sel *sporogenous*". Setelah sel *sporogenous* mencapai ukuran penuh (biasanya

sekitar 25─50 µm di sebagian besar spesies), spora mulai berkembang di ujung sel *sporogenous*. Lapisan luar dan lapisan laminasi berkembang secara bersamaan, dan sering tidak dapat dibedakan dalam spora muda tanpa bantuan pewarnaan *Melzer*.

7. *Scutellospora*

Proses perkembangan spora *Scutellospora* sama dengan *Gigaspora*, untuk membedakan dengan genus *Gigaspora*, pada Scutellospora terdapat lapisan kecambah. Bila berkecambah, hifa ke luar dari lapisan kecambah (*germination shield*) tadi. Spora bereaksi dengan larutan *Melzer* secara menyeluruh. Warna sporanya merah coklat ketika bereaksi dengan larutan *Melzer* (INVAM, 2008).

Penggunaan pupuk anorganik memiliki dampak negatif antara lain dapat menyebabkan perubahan struktur tanah, pemadatan, kandungan unsur hara dalam tanah menurun, dan pencemaran lingkungan. Pemberian pupuk anorganik secara terus-menerus dalam jangka panjang akan menaikkan keasaman tanah yang berdampak buruk terhadap mikroorganisme yang ada di dalam tanah dan apabila dibiarkan berlarut-larut maka kesuburan alami tanah akan merosot (Triyono *dkk*., 2013).

Perkembangan FMA dipengaruhi oleh kepekaan tanaman inang terhadap infeksi, intensitas cahaya, temperatur, kadar air tanah, pH tanah, bahan organik, residu akar, ketersediaan hara, logam berat dan fungisida (Indriani *dkk*., 2011).

Suhu yang relatif tinggi akan meningkatkan aktivitas fungi. Suhu optimum untuk perkecambahan spora sangat beragam tergantung pada jenisnya. Suhu yang tinggi pada siang hari (35°C) tidak menghambat perkembangan akar dan aktivitas fisiologi FMA. Peran mikoriza hanya menurun pada suhu diatas 40°C. Suhu bukan merupakan faktor pembatas utama bagi aktivitas FMA. Suhu yang sangat tinggi lebih berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman inang (Mosse, 1981).

Fungi pada umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. Meskipun demikian, daya adaptasi masing-masing spesies FMA terhadap pH tanah berbeda-beda karena pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman. pH optimum untuk perkecambahan tergantung kepada adaptasi dari FMA terhadap lingkungan (Suhardi, 1989).

Bahan organik merupakan salah satu komponen penyusun tanahyang penting disamping bahan anorganik, air, dan udara. Jumlah spora FMA berhubungan erat dengan kandungan bahan organik di dalam tanah. Jumlah maksimum spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik 1─2 persen sedangkan pada tanah-tanah berbahan organik kurang dari 0,5 persen kandungan spora sangat rendah (Anas, 1997).

Residu akar mempengaruhi ekologi fungi FMA, karena serasah akar yang terinfeksi mikoriza merupakan sarana penting untuk mempertahankan generasi FMA dari satu tanaman ke tanaman berikutnya. Serasah tersebut mengandung hifa, vesikular dan spora yang dapat menginfeksi akar. Disamping itu juga, berfungsi sebagai inokulan untuk generasi tanaman berikutnya (Anas, 1997).

Ubi kayu sangat *mycotrophic* dan responnya terhadap aplikasi P tergantung sepenuhnya pada asosiasi mikoriza. Howeler et al.(1987)mempelajari efektivitas isolat FMA dalam meningkatkan serapan P. Efektivitas C-1-1 dan C-20-2 (kedua isolat *Glomus manihotis*) tinggi pada aplikasi P menengah (25-100 kg P_2O_5 / ha). Infeksi akar meningkat dalam percobaan ini, yaitu dari 53% menjadi 66% pada aplikasi 200 kg P. Ini diasumsikan bahwa serapan P pada tanaman yang diinokulasi dengan *Glomus manihotis* lebih tinggi pada aplikasi 200 kg P_2O_5 daripada aplikasi 100 kg P_2O_5.

Baon (1998) melaporkan bahwa tanah yang didominasi oleh fraksi lempung berdebu merupakan tanah yang baik bagi perkembangan genus *Glomus.* Sedangkan pada tanah berpasir, pori-pori tanah terbentuk lebih besar sehingga keadaan ini diduga sesuai terhadap perkembangan genus *Gigaspora* dalam jumlah yang tinggi.

Kolonisasi akar oleh FMA akan dicapai maksimum pada tanah yang kurang subur kondisinya. Nitrogen dan fosfor dalam tingkat ketersediaan yang tinggi dapat mengurangi kolonisasi akar. Kolonisasi akar akan meningkat bila nitrogen meningkat pada kondisi fosfor yang moderat, tetapi pada kondisi fosfor yang tinggi dan penambahan nitrogen justru merupakan penghambat kolonisasi dari akar dan produksi spora FMA (Suhardi, 1989).

Pada tanah yang tidak diolah, jumlah spora yang dihasilkan akan berkurang dibandingkan dengan tanah yang diolah secara terus menerus. Pada tanah yang diolah akan mengakibatkan seleksi dan produksi dari FMA menjadi lebih tinggi karena terjadi pergantian akar dan kekeringan, sedangkan pada tanah yang tidak

diolah akan menurunkan produksi spora karena tidak ada pergantian tanaman, air tanah dan suhu yang konstan serta tidak memicu terjadinya stres pada tanaman yang tumbuh di atasnya (Suhardi, 1989).

Dari 172 jenis FMA yang telah diidentifikasi, diketahui bahwa FMA genus *Glomus* adalah genus yang paling dominan yaitu (52,3 persen), diikuti *Acaulospora* (20,9 persen), *Scutellospora* (16,9 persen), *Gigaspora* (4,7 persen), *Entrophospora* (2,3 persen), *Archaeospora* (1,7 persen), dan *Paraglomus* (1,2 persen) (INVAM,2008).

Sampel tanah diambil dari kebun ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat. Adapun lokasi pada Kabupaten Lampung Timur yaitu di Desa Braja Yekti, Kecamatan Braja Selebah, Kabupaten Lampung Timur dengan sejarah lahan tempat pengambilan sampel sebagai berikut.
Ubi kayu sudah ditanam selama ± 8 tahun sejak tahun 2008 dengan sistem tanam monokultur. Jarak tanam ubi kayu Klon Kasetsart yaitu 60 x 70 cm. Pengolahan tanah dilakukan satu kali menjelang waktu tanam. Pemberian bahan organik juga dilakukan dengan menggunakan pupuk kandang sebanyak satu kali per tahun sebanyak 20 ton per hektar. Pemupukan NPK sebanyak 3 kali per musim tanam dengan dosis 200 kg per hektar. Pengendalian gulma di kebun ubi kayu menggunakan herbisida sistemik (Sidaron 80 WP) berbahan aktif Diuron 80 % dengan dosis 2 kg per hektar.

Iklim Kabupaten Lampung Timur berdasarkan Smith dan Ferguson termasuk dalam kategori iklim B, yang dicirikan oleh bulan basah selama 6 bulan yaitu

Desember─Juni dengan temperatur rata-rata 24─34^{0}C. Curah hujan merata tahunan sebesar 2.000─2.500 mm (BPS, 2012).

Adapun lokasi pada Kabupaten Tulang Bawang Barat yaitu di Desa Gunung Menanti, Kecamatan Tumijajar, Kabupaten Tulang Bawang Barat dengan sejarah lahan tempat pengambilan sampel sebagai berikut. Ubi kayu sudah ditanam selama ± 6 tahun sejak tahun 2010 dengan sistem tanam monokultur, namun setiap satu tahun sekali berganti dengan tanaman cabai. Jarak tanam ubi kayu Klon Kasetsart yaitu 60 x 70 cm. Pengolahan tanah dilakukan satu kali menjelang waktu tanam. Pemupukan NPK sebanyak 1 kali per musim tanam dengan dosis 400 kg per hektar. Pada musim tanam ubi kayu yang pertama setelah penanaman cabai tidak dilakukan pemupukan, namun saat musim tanam ubi kayu yang kedua kembali dilakukan pemupukan. Pada tahun berikutnya saat lahan ditanami cabai, pemupukan NPK dilakukan satu minggu sekali dengan dosis pupuk yaitu 1 kg untuk 200 tanaman cabai. Pengendalian hama dilakukan dengan menggunakan insektisida Pegasus 500 SC berbahan aktif *Diafentiuron* 500 g/l dengan dosis 7 ml per 15 liter. Fungisida juga digunakan untuk mengendalikan jamur pada tanaman cabai menggunakan fungisida kontak (Antracol 70 WP) berbahan aktif *Propineb* 700 g/kg dengan dosis 3 g/l diaplikasikan setiap seminggu sekali.

Daerah Kabupaten Tulang Bawang beriklim Tropis, termasuk dalam kategori iklim B dengan musim hujan dan musim kemarau berganti sepanjang tahun. Temperatur rata-rata 31°C. Curah hujan rata-rata 2.000─2.500 mm/tahun (BPS, 2012).

1.4 Kerangka Pemikiran

Tingkat populasi dan keragaman jenis FMA sangat beragam dan dipengaruhi oleh faktor biotik (jenis tanaman, FMA dan mikroorganisme lain) dan abiotik (suhu, tanah, kadar air tanah, pH, bahan organik tanah, intensitas cahaya dan ketersediaan hara, logam berat dan fungisida). FMA yang cocok dengan faktor biotik dan abiotik di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat akan berdampak pada populasi dan keragaman FMA, hal ini karena populasi dan keragamanFMA akan bertambah apabila faktor biotik dan abiotik tersebut mendukung atau sesuai untuk perkembangan FMA.

Penggunaan pupuk anorganik memiliki dampak negatif antara lain dapat menyebabkan perubahan struktur tanah dan pemadatan tanah yang berdampak terhadap penurunan populasi FMA yang ada di dalam tanah. Pemupukan NPK yang tinggi di Kabupaten Lampung Timur akan menghambat terbentuknnya koloni akar dan pada akhirnya akan mengurangi terbentuknya spora, sehingga mengakibatkan populasi FMA di Kabupaten Lampung Timur lebih rendah dibandingkan di Kabupaten Tulang Bawang Barat yang tidak mengaplikasikan pupuk NPK terlalu tinggi.

Pada tanah yang tidak diolah jumlah spora akan lebih sedikit dibandingkan tanah yang diolah. Pengolahan tanah di Kabupaten Lampung Timur dilakukan sebanyak 2 kali dalam setahun, sedangkan di Kabupaten Tulang Bawang Barat dilakukan olah tanah lebih sering karena setiap setahun sekali lahan berganti tanaman dengan cabai yang dalam setahun cabai dapat ditanam 3 kali.

Pada tanah yang diolah seperti di Kabupaten Tulang Bawang Barat dengan adanya pergantian akar dan kekeringan akan mengakibatkan seleksi FMA dan produksi spora, sehingga produksi spora di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi daripada di Kabupaten Lampung Timur.

Di Kabupaten Tulang Bawang Barat ubi kayu sudah ditanam selama ± 6 tahun dengan sistem tanam monokultur, namun setiap satu tahun sekali berganti dengan tanaman cabai. Pergantian tanaman dengan tanaman cabai setiap tahunnya pada kebun di Kabupaten Tulang Bawang Barat mengakibatkan FMA yang ada di dalam tanah lebih beragam dibandingkan di Kabupaten Lampung Timur yang hanya ditanami ubi kayu selama ± 8 tahun. Hal ini disebabkan karena tanaman inang akan mengeluarkan daya tarik berupa eksudat akar yang berfungsi sebagai makanan dan seleksi terhadap FMA. Oleh karena itu, tanaman inang yang lebih beragam di Kabupaten Tulang Bawang Barat menghasilkan jenis FMA yang lebih beragam yang ada pada rizosfir tanaman inang.

Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat merupakan wilayah yang jenis tanahnya termasuk dalam Ordo Ultisols. Ordo Ultisols memiliki tekstur tanah yang didominasi oleh fraksi lempung, kondisi ini diduga merupakan kondisi tanah yang baik bagi perkembangan genus *Glomus*. Selain itu juga, karena *Glomus* merupakan FMA yang paling dominan di antara genus FMA lainnya.

1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka hipotesis yang dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Populasi FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dibandingkan Kabupaten Lampung Timur
2. Keragaman FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dibandingkan Kabupaten Lampung Timur
3. Jenis FMA yang terdapat pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart yang ditanam di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat didominasi oleh FMA genus *Glomus.*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Botani Ubi Kayu

Ubi kayu atau singkong merupakan salah satu sumber karbohidrat yang berasal dari umbi. Ubi kayu atau ketela pohon merupakan tanaman perdu. Ubi kayu berasal dari benua Amerika, tepatnya dari Brasil. Penyebarannya hampir ke seluruh dunia, antara lain Afrika, Madagaskar, India, dan Tiongkok. Ubi kayu berkembang di negara-negara yang terkenal dengan wilayah pertaniannya (Purwono, 2009).

Tanaman ubi kayu dapat tumbuh dengan baik pada daerah yang memiliki ketinggian sampai dengan 2.500 m dari permukaan laut. Demikian pesatnya tanaman ubi kayu berkembang di daerah tropis, sehingga ubi kayu dijadikan sebagai bahan makanan pokok ketiga setelah padi dan jagung. Pada daerah yang kekurangan pangan, tanaman ini merupakan makanan pengganti serta dapat pula dijadikan sebagai sumber kabohidrat utama(Sunarto, 2002).

2.2 Taksonomi Ubi Kayu

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, kedudukan tanaman ubi kayu diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledonae

Ordo : Euphorbiales

Famili : Euphorbiaceae

Genus : Manihot

Spesies : *Manihot esculenta* Crantz

2.3 Pentingnya Tanaman Ubi Kayu

Indonesia merupakan negara produsen ubi kayu nomor 4 terbesar di dunia setelah Nigeria, Brazilia dan Thailand. Di samping sebagai bahan makanan, ubi kayu juga dapat digunakan sebagai bahan baku industri, pakan ternak dan pembuatan bioetanol (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, 2012). Ubi kayu merupakan sumber energi yang lebih tinggi dibanding padi, jagung, ubi jalar dan sorgum. Ubi kayu mengandung air sekitar 60%, pati 25─35 %, protein, serat, kalsium, mineral dan fosfat. Pemanfaatan ubi kayu sebagai bahan baku tepung tapioka merupakan pemakaian terbesar, namun di beberapa tempat seperti daerah Jawa Tengah dan Yogyakarta pemanfaatan langsung dari ubi kayu lebih banyak dibandingkan yang dibuat menjadi tepung tapioka.

2.4 Pengertian Fungi Mikoriza Arbuskular

Fungi mikoriza arbuskular merupakan organisme yang berasal dari golongan fungi yang menggambarkan suatu bentuk hubungan simbiosis mutualisme

antara fungi dengan akar tanaman (Brundrett *et al*.,1996).

Fungi mikoriza arbuskular termasuk dalam golongan endomikoriza dengan klasifikasi termasuk ke dalam filum *Glomeromycota*. FMA mempunyai 4 ordo, yaitu ordo *Glomerales, Diversisporales, Archaeosporales, dan Paraglomerales*. Ordo *Glomales* mempunyai satu famili yaitu *Glomaceae* dengan genus *Glomus*. Ordo *Diversisporales* mempunyai 4 famili yaitu famili *Acaulosporaceae* dengan genus *Acaulospora* dan *Entrophospora*, famili Gigasporacea dengan genus *Gigaspora* dan *Scutellospora*, famili *Diversisporaceae* dengan genus *Diversispora* (Glomus), dan famili *Pacisporaceae* dengan genus *Pacispora*. Ordo *Archaeosporales* mempunyai 2 famili yaitu famili *Archaeosporaceae* dengan genus *Archaeospora* dan famili *Geosiphonaceae* dengan genus *Geosiphon*. Ordo *Paraglomerales* mempunyai satu famili yaitu *Paraglomaceae* dengan genus *Paraglomus* (Rini, 2012).

Berdasarkan struktur dan cara fungi menginfeksi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe yaitu ektomikoriza, endomikoriza, dan ektendomikoriza. Jenis ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang terkena infeksi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa menjorok keluar dan berfungsi sebagi alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air. Hifa fungi tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang di antara dinding-dinding sel jaringan korteks. Fungi jenis endomkoriza memiliki jaringan hifa yang masuk kedalam sel kortek akar dan membentuk struktur yang khas berbentuk oval yang disebut vesikular dan sistem percabangan hifa yang disebut arbuskul, sehingga endomikorizadisebut juga vesikular-arbuskular mikoriza. Sedangkan ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) kedua mikoriza yang lain. Ciri-cirinya antara lain adanya selubung akar yang

tipis berupa jaringan Hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteknya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe inisangat terbatas (Brundrett, 2004).

2.5 Peran Fungi Mikoriza

Pada semua ekosistem, mikoriza berperan dalam meningkatkan penyerapan air dan unsur hara. Fungi mikoriza arbuskular mampu mempengaruhi lingkungan perakaran di sekitarnya secara dinamis yang disebut sebagai *mikorizosfer*, yaitu suatu lingkungan di bawah tanah lapisan atas (*top soil*) yang terkondisi karena hubungan fungi pembentuk mikroriza (Widyastuti *et al.*, 2005).

Mikoriza sangat berperan dalam ketersediaan fosfor bagi tanaman. Pada ketersediaan hara yang rendah, hifa dapat menyerap hara dari tanah yang tidak dapat diserap oleh akar sehingga pengaruh FMA terhadap serapan hara tinggi. Pada ketersediaan fosfor yang cukup, akar tanaman akan berperan sebagai organ penyerap hara sehingga tanaman mengakumulasi fosfor dalam jumlah yang tinggi (Smith dan Read, 1997).

2.6 Manfaat Fungi Mikoriza

Tanaman yang bermikoriza tumbuh lebih baik dari tanaman tanpa mikoriza. Penyebab utama adalah mikoriza secara efektif dapat meningkatkan penyerapan unsur hara baik unsur hara makro maupun mikro. Selain itu, akar yang bermikoriza dapat menyerap unsur hara dalam bentuk terikat dan yang tidak tersedia bagi tanaman. Tanaman yang bermikoriza lebih tahan terhadap kekeringan dari pada yang tidak bermikoriza. Rusaknya jaringan korteks akibat

kekeringan dan matinya akar tidak akan permanen pengaruhnya pada akar yang bermikoriza. Setelah periode kekurangan air (*water stress*), akar yang bermikoriza akan cepat kembali normal. Hal ini disebabkan karena hifa fungi mampu menyerap air yang ada pada pori-poritanah saat akar tanaman tidak mampu lagi menyerap air. Penyebaran hifayang sangat luas di dalam tanah menyebabkan jumlah air yang diambil meningkat.

Adanya mikoriza berpengaruh terhadap (1) adanya peningkatan absorpsi hara oleh tanaman, sehingga waktu yang diperlukan untuk mencapai akar lebih cepat, (2) meningkatkan toleransi terhadap erosi,pemadatan, keasaman, dan salinitas, dan (3) memperbaiki agegasi partikel tanah. Penggunaan mikoriza lebih menarik ditinjau dari segi ekologi karena aman dipakai, tidak menyebabkan pencemaran lingkungan. Bila mikoriza tertentu telah berkembang dengan baik di suatu tanah, maka manfaatnya akan diperoleh untuk selamanya. Mikoriza juga membantu tanaman untuk beradaptasi pada pH yang rendah. Demikian pula vigor tanaman bermikoriza yang baru dipindahkan ke lapang lebih baik dari tanaman tanpa mikoriza (Anas, 1997).

2.7 Mekanisme hubungan antara FMA dengan akar tanaman, sertaekologi FMA

Mekanisme hubungan antara FMA dengan akar tanaman dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah. Tanaman akan mengeluarkan daya tarik berupa eksudat akar yang berfungsi sebagai makanan dan seleksi terhadap FMA. Eksudat yang berupa gula, asam organik,dan asam amino banyak terdapat pada jaringan apikal akar. Selanjutnya, FMA akan masuk ke dalam akar dengan cara

menembus atau melalui celah antar sel epidermis, kemudian hifa akan tersebar baik secara interseluler maupun intraseluler di dalam jaringan korteks sepanjang akar (Simanungkalit, 2004).

Perbedaan lokasi dan rizosfer menyebabkan perbedaan keanekaragaman spesies dan populasi FMA. Tanah yang didominasi oleh fraksi lempung (*clay*) merupakan kondisi yang diduga sesuai untuk perkembangan spora *Glomus*, dan tanah berpasir genus *Gigaspora* ditemukan dalam jumlah tinggi. Pada tanah berpasir, pori-pori tanah terbentuk lebih besar dibanding tanah lempung dan keadaan ini diduga sesuai untuk perkembangan spora *Gigaspora* yang berukuran lebih besar daripada spora *Glomus* (Baon,1998).

2.8 Tanaman Inang

Bagi tanaman inang, adanya asosiasi dengan fungi mikoriza dapat memberikan manfaat yang sangat besar bagi pertumbuhannya baik secara langsung maupun tidak langsung. Secara tidak langsung fungi mikoriza berperan dalam perbaikan stuktur tanah, meningkatkan kelarutan hara, dan proses pelapukan batu induk. Secara langsung, fungi mikoriza dapat meningkatkan serapan air, hara, dan melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik (Subiksa, 2005).

Masing-masing jenis FMA mempunyai karakteristik tertentu, sehingga masing-masing FMA hanya cocok untuk beberapa tanaman inang. Dalam hal ini, tanaman inang akan mengeluarkan daya tarik berupa eksudat akar yang berfungsi sebagai makanan dan seleksi terhadap FMA. Kecocokan antara tanaman inang dan jenis FMA berdampak pada jumlah populasi fungi

mikoriza arbuskular dan pertumbuhan tanaman inang.

Hampir semua tanaman pertanian akarnya terinfeksi fungi mikoriza. *Gramineae* dan *Leguminosae* umumnya bermikoriza. Jagung merupakan contoh tanaman yang terinfeksi hebat oleh mikoriza. Tanaman pertanian yang telah dilaporkan terinfeksi fungi mikoriza arbuskular adalah kedelai, barley, bawang, kacang tunggak, nenas, padi gogo, pepaya, selada, singkong dan sorgum (Rao, 1994).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai April 2016 sampai dengan Agustus 2016.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel tanah rizosfer pertanaman ubi kayu, benih jagung, benih sorgum, benih *Pueraria javanica*, zeolit, pasir, aquades, larutan klorok, larutan PVLG, plastik sampel, KOH, HCl, larutan *Melzer*, kertas label, pupuk urea dan pupuk NPK.

Alat-alat yang digunakan adalah polybag berukuran 14 x 20 cm, timbangan, cangkul, ember, spidol, kamera, mikroskop stereo dan majemuk, *petri dish*, gelas piala, alat pengaduk, kaca preparat, pinset spora, gelas ukur, pipet tetes,*water bath*, saringan spora, dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Sampel tanah diambil pada 2 kondisi kebun tanaman ubi kayu Klon Kasetsart yang berbeda, terdiri dari K1 = kebun ubi kayu Klon Kasetsart Kabupaten

Lampung Timur; dan K2 = kebun ubi kayu Klon Kasetsart Kabupaten Tulang Bawang Barat. Data yang dihasilkan diuji dengan menggunakan uji T untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara data populasi fungi mikoriza arbuskular dari kedua kebun tersebut.

3.3.1 Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari rizosfir ubi kayu di Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat. Kabupaten ini dipilih karena merupakan sentra produksi ubi kayu di daerah Lampung. Pada masing-masing kabupaten, sampel diambil dari kebun ubi kayu yang menanam ubi kayu Klon Kasetsart. Pada setiap kebun ditentukan 7 titik sampel dan pada masing-masing titik sampel terdiri dari 12 tanaman (ditentukan 3 baris dan satu baris terdiri dari 4 tanaman). Sampel tanah diambil sedalam 20 cm pada masing-masing tanaman sampel dan dicampur menjadi satu mewakili satu titik sampel. Setelah itu sampel tanah dimasukkan kedalam plastik dan diberi label.

Total sampel tanah keseluruhan adalah 2 (kebun masing-masing kabupaten) x 7 (jumlah titik sampel per kebun), yaitu sebanyak 14 sampel dengan berat masing-masing lebih kurang 5 kg. Sampel tanah yang diperoleh digunakan untuk menghitung populasi FMA dan kultur traping. Total populasi FMA dalam masing-masing sampel dihitung dengan menyaring spora dalam sampel dengan metode penyaringan basah (Brundrett *et al*., 1996).

3.3.2 Kultur Traping

Kultur traping dilakukan untuk memperbanyak spora yang terdapat dalam sampel tanah sehingga diperoleh spora dengan kondisi yang segar. Rancangan perlakuan yang digunakan dalam kultur traping adalah faktorial (2x3) dengan faktor pertama yaitu asal sampel tanah (Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat) dan faktor kedua yaitu jenis tanaman inang (jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica*) dengan setiap perlakuan diulang sebanyak 7 kali. Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan menggunakan Rancangan Kelompok Teracak Sempurna. Tata letak percobaan selanjutnya disusun di rumah kaca (Gambar 1). Data yang dihasilkan diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett, selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNT pada taraf 5%.

Kelompok 1	**Kelompok 2**	**Kelompok 3**	**Kelompok 4**	**Kelompok 5**	**Kelompok 6**	**Kelompok 7**
K_1T_2	K_2T_2	K_1T_3	K_2T_1	K_2T_3	K_2T_1	K_1T_1
K_2T_1	K_1T_2	K_2T_3	K_1T_3	K_1T_1	K_1T_3	K_2T_2
K_1T_3	K_2T_3	K_1T_2	K_2T_2	K_2T_2	K_2T_2	K_1T_3
K_2T_2	K_1T_1	K_2T_1	K_1T_2	K_1T_3	K_1T_1	K_2T_1
K_1T_1	K_2T_1	K_1T_1	K_2T_3	K_2T_1	K_2T_3	K_1T_2
K_2T_3	K_1T_3	K_2T_2	K_1T_1	K_1T_2	K_1T_2	K_2T_3

Keterangan :
K1 : Sampel tanah kebun di Kabupaten Lampung Timur
K2 : Sampel tanah kebun di Kabupaten Tulang Bawang Barat
T1 : Tanaman jagung
T2 : Tanaman sorgum
T3 : Tanaman *Pueraria javanica*

Gambar 1. Tata letak percobaan pada kultur traping

3.3.2.1 Persiapan Bahan Tanam

Penyemaian benih jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica* dilakukan dengan cara merendam benih dengan larutan klorok selama 15 menit, kemudian benih dibilas dengan air dan aquades, lalu benih diletakkan di atas kertas merang yang telah dibasahi dan disimpan dalam suhu ruang selama 3 hari dengan kelembaban yang terjaga.

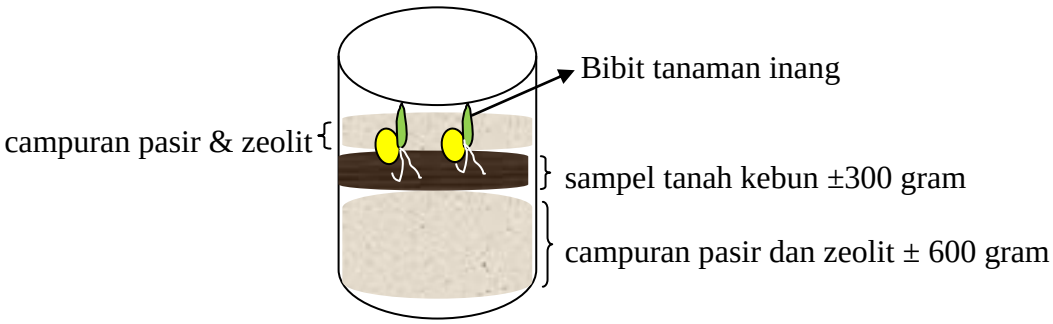
3.3.2.2 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah pasir steril dan zeolit. Terlebih dahulu pasir disterilisasi dengan menggunakan *autoclave* pada suhu 121^0C dengan tekanan 1 atm selama 60 menit. Sterilisasi pasir dilakukan 2 kali, kemudian pasir yang sudah steril dicuci dengan air mengalir sebanyak 6─7 kali bilasan. Zeolit yang juga digunakan sebagai media tanam dicuci bersih dengan air mengalir sebanyak 4 kali bilasan. Media tanam yang digunakan berupa campuran pasir dan zeolit dengan perbandingan 1:1 (volume : volume). Setelah pasir dan zeolit dicampur, kemudian campuran tersebut dimasukkan sebanyak ± 600 gram ke dalam polybag berukuran 14 x 20 cm.

3.3.2.3 Penanaman

Sebelum dilakukan penanaman, sampel tanah dari lapang dikompositkan dengan cara mencampurkan semua sampel tanah (7 sampel) dari masing-masing kebun hingga rata dengan berat masing-masing sampel tanah ±1 kg sehingga diperoleh ±7 kg sampel tanah dari setiap kebun. Sampel tanah dari lapang dimasukkan ke dalam polibag yang telah berisi media campuran pasir dan zeolit sebanyak ± 300

gram. Benih tanaman inang yang telah disemai, ditanam di atas sampel tanah yang sudah disiapkan dan ditutup kembali dengan media pasir dan zeolit. Hal yang sama dilakukan untuk setiap tanaman inang dengan ulangan sebanyak 7 kali (Gambar 2)



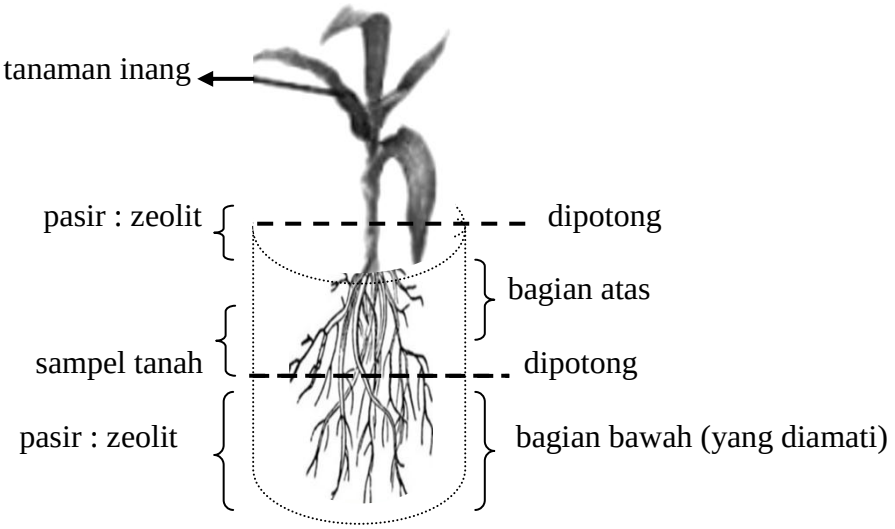
Gambar 2. Ilustrasi metode traping FMA pada tanaman inang

3.3.2.4 Pemeliharaan Tanaman

Kegiatan pemeliharaan tanaman meliputi pemupukan, penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit, dan pemotongan bunga pada tanaman jagung dan sorgum. Pupuk yang digunakan yaitu pupuk Urea dengan konsentrasi 2 g per liter dan dosis 20 ml/polybag, diaplikasikan setiap 2 minggu sekali dan pupuk NPK dengan dosis 0,3 gram per polybag ketika tanaman berumur 1 bulan. Penyiraman dilakukan setiap hari di waktu pagi, namun pada 2 minggu sebelum panen tidak dilakukan penyiraman dan dibiarkan kering. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di dalam polybag. Pengendalian hama dilakukan dengan cara menangkap dan memusnahkannya. Pemotongan bunga dilakukan secara mekanis dengan gunting.

3.3.2.5 Pemanenan

Kegiatan pemanenan dilakukan saat tanaman inang jagung dan sorgum berumur 3 bulan, dan tanaman inang *Pueraria javanica* berumur 4 bulan setelah tanam. Menurut Suhardi 1989, produksi spora akan semakin banyak setelah tanaman inang menjadi dewasa bahkan mendekati tua. Panen dilakukan dengan cara tidak melakukan kegiatan penyiraman selama 2 minggu sampai media tanam benar-benar kering, hal ini bertujuan untuk merangsang pembentukan spora. Kemudian batang tanaman jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica* dipotong ± 1 cm dari permukaan media tanam. Setelah itu polybag dipotong untuk memisahkan media tanam bagian atas dan media tanam bagian bawah. Selanjutnya media tanam bagian bawah yang terdapat campuran pasir dan zeolit yang diamati untuk menghitung populasi dan keragaman FMA. Spora FMA yang dihasilkan oleh akar tanaman inang di dalam media pasir + zeolit dihitung dan diidentifikasi dengan mengambil sampel sebanyak 50 gram kemudian spora diisolasi dengan teknik penyaringan basah.



Gambar 3. Ilustrasi proses panen traping tanaman jagung, sorgum, dan *Pueraria Javanica*

3.4 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian ini meliputi jumlah spora per 50 gram dan keragaman FMA pada masing-masing sampel tanah yang digunakan. Proses pengamatan dilakukan dengan mengamati jumlah spora dan morfologi spora dari masing-masing sampel. Spora diidentifikasi berdasarkan bentuk, warna, ukuran, ada atau tidak adanya ornament seperti *bulbose, saccule, germination shield, auxiliary cells,* dan reaksi spora terhadap larutan *Melzer*.

3.4.1 Teknik Isolasi Spora

Isolasi dan identifikasi FMA dilakukan dengan cara menimbang sampel sebanyak 50g, kemudian dimasukkan dalam gelas beaker 1.000 ml dan ditambah air sampai volume 500 ml. Tanah tersebut diaduk selama ± 1 menit sampai homogen dan agegat tanah dipecah dengan tangan supaya spora terbebas dari tanah. Suspensi tersebut didiamkan selama ± 10 detik sampai partikel-partikel yang besar mengendap. Cairan supernatan dituang ke dalam saringan bertingkat dengan diameter lubang 500 μm, 250 μm, 150 μm, 45 μm (prosedur ini diulang sebanyak 3─4 kali). Residu masing-masing saringan dibilas dengan air kran untuk menjamin bahwa semua partikel yang kecil sudah terbawa. Residu saringan dituang kedalam cawan petri untuk dilakukan pengamatan spora di bawah mikroskop *stereo* dan dihitung jumlah spora FMA yang ditemukan. Perhitungan spora dilakukan secara manual dengan bantuan *counter*.

3.4.2 Identifikasi Keragaman FMA

Keragaman FMA diketahui dari hasil kultur traping. FMA yang ditemukan kemudian dikelompokkan berdasarkan warna, bentuk, ukuran, dan ornamen spora menggunakan pinset spora. Masing-masing spora dengan karakteristik yang berbeda ditempatkan di gelas arloji yang berbeda yang telah diberi sedikit *aquades*, kemudian dihitung jumlahnya. Setelah itu dilakukan kegiatan identifikasi spora FMA berdasarkan ciri-ciri yang tampak (warna, bentuk, ada atau tidaknya ornamen spora seperti *bulbose*, *saccule*, *germination shield*, dan *auxiliary cells*), selanjutnya reaksi spora terhadap larutan *Melzer* diuji dengan larutan PVLG dan *Melzer* menggunakan mikroskop stereo hingga perbesaran 10 x 4,5 (45x). Larutan PVLG merupakan bahan perekat permanen yang tidak merubah warna spora, formulanya terdiri dari (*distilled water* 100ml, *lactid acid* 100ml, *glycerol* 10ml, dan *polyvinyl alcohol* 16,6 g), sedangkan *Melzer* merupakan bahan pereaksi penting dalam identifikasi karena dapat memberikan reaksi yang berbeda dari genus FMA disebabkan kandungan lipid dropletnya. Larutan *Melzer* terdiri dari (*chloral hydrate* 100 g, *distilled water* 100ml, *iodine* 1,5 g, dan *potassium iodide* 5 g). Setelah itu, untuk mengetahui tingkat keragaman FMA pada masing-masing perlakuan dilakukan perhitungan dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener yaitu indeks keragaman.

Rumus perhitungan indeks keragaman sebagai berikut :

$$H = -\sum (pi) \ln pi)$$

$$pi = \frac{ni}{N}$$

Keterangan :
H : Indeks Keragaman Shannon-Wiener
pi : Jumlah individu suatu spesies/jumlah total seluruh spesies
ni : Jumlah individu spesies ke-i
N : Jumlah total individu

3.4.3 Dominansi FMA

Perhitungan dominansi FMA digunakan untuk mengetahui persentase keberadaan masing-masing spesies FMA pada setiap sampel yang diamati. Perhitungan dominansi FMA berdasarkan rumus dominansi Simpson.

$$D = \sum \left(\frac{ni}{N}\right)^2$$

Keterangan:
D : Indeks dominansi simpson
ni : Jumlah individu tiap spesies
N : Jumlah individu seluruh spesies

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut :

1. Populasi FMA pada sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsartdi Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dibandingkan dengan populasi FMA pada sampel tanah rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur.
2. Berdasarkan Indeks Keragaman Shannon-Wiener, keragaman FMA pada rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Tulang Bawang Barat lebih tinggi dari rizosfir ubi kayu Klon Kasetsart di Kabupaten Lampung Timur.
3. Jenis FMA yang dominan hasil kultur traping dengan sampel tanah Kabupaten Lampung Timur yaitu spora dengan kode S2 yang termasuk ke dalam genus *Gigaspora* dan kode S4 yang termasuk ke dalam genus *Glomus.* Sedangkan pada sampel tanah Kabupaten Tulang Bawang Barat didominasi oleh jenis spora dengan kode S9 yang termasuk ke dalam genus *Entrophospora*.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka penulis menyarankan untuk melakukan penelitian lanjutan yang terkait dengan perbanyakan jenis FMA dengan kode S2, S4 dan S9 pada sampel tanah kebun ubi kayu Klon Kasetsart pada Kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat dapat menggunakan tanaman inang jagung dan *Pueraria javanica* sebagai tanaman inangnya untuk kemudian diuji lanjut efektivitas dari spora-spora tersebut dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman ubi kayu.

PUSTAKA ACUAN

Anas, I. 1997. *Bioteknologi Tanah*. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB.

Baon, J. B. 1998. *Peranan Mikoriza VA Pada Kopi Dan Kakao*. Makalah disampaikan dalam workshop aplikasi fungi mikoriza arbuskula pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan. Bogor.

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian. 2014. http://read-detail/read/teknologi-budidaya-singkong/.Diakses pada tanggal 10 Mei 2016.

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi. 2012. Budidaya Ubi Kayu. http://balitkabi.litbang.deptan.go.id/hasil-penelitian/ ubi-kayu/224-budidaya ubikayu.html(diakses pada tanggal 9 Januari 2017).

BPS. Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung. 2011. Lampung Dalam Angka. Provinsi Lampung.

Brundrett, M. C., Bougher, N., Dells, B., Gove, T., dan Malajozuk, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agiculture*. Australian Centre for International Agicultural Research: Canberra.

Cahyani,N.K.M.,Nurhatika,S. dan Muhibuddin, A. 2014. Eksplorasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Indigenous pada Tanah Aluvial di Kabupaten Pamekasan Madura.*Jurnal Sains dan Deni Pomits.* 3(1) : 22 – 25.

Clark, RB., 1997. Arbuscular mycorrhizal adaptation, spore germination, root colonization, and host plant gowth and mineral acquisition at low pH. *Plant Soil*. 192: 15-22.

Daniels, B. A. and J. M. Trappe. 1980. Factors affecting sporegermination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus, Glomus epigaeus.*Mycologi*.72 :457-463.

Direktorat Jenderal Tanaman Pangan. 2015. Road Map Peningkatan Produksi Ubi Kayu Tahun 2010-1015.

Howeler, R.H., Sieverding, E.,and Saif, S.R. (1987): Practical aspects of mycorrhizal technology in some tropical crops and pastures.*Plant and Soil.* 100: 249-283.

Indriani, N.P., Mansyur, Susilawati, I. dan Islami, R.Z. 2011. *Peningkatan Produktivitas Tanaman Pakan Melalui Pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA).* Pastura1(1) : 27 – 30.

INVAM. 2008. http://invam.wvu.edu/the-fungi/classification. Diakses tanggal 9 April 2016.

_____2013. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Diakses melalui http://caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/ classification.html pada tanggal 1 April 2016.

Jansa J, Mozafar A, Kuhn G *et al*. 2003. Soil tillage affects the community structure of mycorrhizal fungi in maize roots. *Ecological Applications*. 13: 1164-1176.

Kartika, E. 2006. Tanggap Pertumbuhan, Serapan Hara, dan Karakter Morfofisiologi terhadap Cekaman Kekeringan pada Bibit Kelapa Sawit yang Bersimbiosis dengan CMA.[Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Oehl F, Sieverding E, Ineichen K *et al*. 2005. Community structure of arbuscular mycorrhizal fungi at different soil depths in extensively and intensively managed agoecosystems.*New Phytologist*. 165: 273-283.

Prihastuti. 2007. *Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah*. Berk. Penel. Hayati: 12 (99-106).

Purwono. 2009. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta.

Rao, S. 1994. *Mikroba Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Rini, M.V. 2011. Populasi fungi mikoriza arbuskula pada beberapa kebun kelapa sawit di Lampung Timur. Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan BKS Barat. Hlm. 377 – 383.

Rini, M.V. 2012. *Arbuscular Mycorhiza Fungi*: *Amazing Soil Microbe*. Beneficial Microbes Symposium2012-KL. Malaysia.

Santosa, D. A., 1989. Teknik dan Metode Penelitian Mikoriza Vesikular Arbuskular. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian IPB. Bogor.

Smith, S.E, & Read, D. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. London.

Smith, S.E, & Read, D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. Academic Press. UK.

Suhardi. 1989. *Pedoman Kuliah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA).* Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi Universitas Gadjah Mada. PAU-Bioteknologi Universitas Gadjah Mada. 178 hlm.

Sunarto. 2002. *Membuat Kerupuk Singkong dan Keripik Kedelai*. Penerbit Kanisius. Yogyakarta.

Sundari, S., Nurhindayati, T. dan Trisnawati, I. 2011. *Isolasi dan Identifikasi Mikoriza Indigenous dari Perakaran Tembakau Sawah (Nicotiana tabacum L.)di Area Persawahan Kabupaten Madura*. Fakultas matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Institut Teknologi Sepuluh November.

Swasono, D. H. 2006. Peranan Mikoriza Arbuskula dalam Mekanisme Adaptasi Beberapa Varietas Bawang Merah terhadap Cekaman Kekeringan di Tanah Pasir Pantai.[Disertasi]. Bogor: Institut Pertanian Bogor.

Triyono, A., Purwanto. dan Budiyono. 2013. *Efisiensi Penggunaan Pupuk N Untuk Mengurangi Kehilangan Nitrat pada Lahan Pertanian*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Progam Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.

Widyastuti, S.M., Sumardi dan Harjono. 2005. *Patologi Hutan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.