

**EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA INDIGENOS PADA  
RIZOSFER TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.)  
DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**Salwa Azzahra  
1914161043**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA INDIGENOS PADA RIZOSFER TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.) DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT

Oleh

Salwa Azzahra

Populasi dan keanekaragaman FMA di dalam tanah sangat bervariasi yang dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Kabupaten Lampung Barat merupakan sentra produksi lada polikultur dan monokultur sehingga memiliki faktor biotik dan abiotik yang berbeda. Perbedaan faktor biotik dan abiotik mempengaruhi keragaman FMA di lahan pertanaman lada di Kabupaten Lampung Barat. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui perbedaan populasi FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur, (2) mengetahui perbedaan keragaman FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur, (3) mengetahui jenis FMA Indigenos yang dominan pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur. Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung sejak bulan November 2022 sampai dengan Mei 2023. Penelitian ini terdiri atas dua metode, pada metode pertama sampel tanah diambil di kebun lada polikultur dan monokultur. 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 asal sampel tanah (K): Sampel tanah dari kebun polikultur ( $k_1$ ) dan monokultur ( $k_2$ ) dan faktor kedua (T) adalah jenis tanaman inang yang terdiri dari jagung ( $t_1$ ), sorgum ( $t_2$ ), dan *P. javanica* ( $t_3$ ), dengan setiap perlakuan diulang sebanyak 8 kali. Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Data yang dihasilkan akan 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 rizosfer kebun polikultur lebih tinggi dibandingkan dengan populasi FMA pada sampel tanah rizosfer kebun monokultur, (2) keragaman FMA hasil kultur traping dengan sampel tanah rizosfer lada kebun polikultur dan monokultur memiliki keragaman yang rendah, (3) jenis FMA yang dominan hasil kultur traping dengan sampel tanah kebun polikultur dan monokultur yaitu jenis S9.

Kata kunci: fungi mikoriza arbuskular, keragaman, populasi

**EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA INDIGENOS PADA  
RIZOSFER TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.)  
DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

**SKRIPSI**

**Oleh**

**SALWA AZZAHRA  
1914161043**

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Agronomi dan Hortikultura  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**



Judul Skripsi

**EKSPLORASI FUNGI MIKORIZA  
ARBUSKULA INDIGENOS PADA RIZOSFER  
TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.) DI  
KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Nama Mahasiswa

**Safwa Azzahra**

Nomor Pokok Mahasiswa

**1914161043**

Program Studi

**Agronomi**

Fakultas

**Pertanian**



**MENYETUJUI**

**1. Komisi Pembimbing**

Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

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

**Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**  
NIP 196108261986031001

**2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura**

**Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.**  
NIP 196110211985031002



**MENGESAHKAN**

1. **Tim Penguji**

**Ketua**

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



**Sekretaris**

**: Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**



**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: 15 November 2023**



## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“EKSPLOKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA INDIGENOS PADA RIZOSFER TANAMAN LADA (*Piper nigrum* L.) DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT “** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian 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, 13 Desember 2023

Penulis



**Salwa Azzahra**  
**1914161043**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kota Jakarta pada tanggal 11 Juli tahun 2001. Penulis merupakan anak tunggal dari pasangan Bapak Alm. Machmud dan Ibu Nurhayati. Penulis menempuh pendidikan Sekolah Dasar di SDN Rawa Barat 07 Pagi, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 43 Jakarta, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 79 Jakarta. Setelah menempuh pendidikan wajib 12 tahun, penulis memutuskan untuk melanjutkan ke jenjang yang lebih tinggi. Pada tahun 2019 penulis diterima di Universitas Lampung, Fakultas Pertanian Jurusan Agronomi dan Hortikultura, melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Penulis pernah menjadi Asisten Praktikum Mata Kuliah Pembinaan Vegetatif, Rancangan Percobaan, serta Biofuel dan Minyak Atsiri. Selain itu, penulis juga aktif mengikuti Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) sebagai Anggota Bidang Hubungan Masyarakat pada periode 2021 dan Bendahara Bidang Hubungan Masyarakat HIMAGRHO pada periode 2022.

Pada tahun 2022, penulis melaksanakan program Kuliah Kerja Nyata (KKN) di daerah Cipete, Jakarta Selatan. Pada Juli-Agustus 2022, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Dinas Pertanian Pringsewu serta penulis mendapatkan pendanaan pada Program Mahasiswa Wirausaha (PMW).

“Maka kelak kamu akan ingat kepada apa yang kukatakan kepadamu.  
Dan aku menyerahkan urusanku kepada Allah. Sungguh, Allah Maha  
Melihat akan hamba-hamba-Nya.”

(QS. Al-Ghafir: 44)

“Yakinlah, ada sesuatu yang menantimu setelah sekian banyak  
kesabaran (yang kau jalani), yang akan membuatmu terpana hingga  
akan lupa betapa pedihnya rasa sakit.”

(Ali bin Abi Thalib)

“Allah tidak menciptakan sesuatu yang lebih kuat melebihi doa, Dia  
telah menjadikan doa lebih kuat daripada takdir-Nya”

(Maulana Jalaluddin Rumi)



Tiada kata yang lebih indah selain mengucapkan syukur kepada Allah SWT, atas segala rahmat dan hidayah-Nya selama ini.

Kupersembahkan karya kecil ku kepada:

Ibunda tercinta Nurhayati yang selalu memberikan kasih sayang, dukungan secara penuh, dan doa yang tidak pernah putus.

Keluarga besar dan orang-orang terdekat yang telah memberikan dukungan, dan motivasi, serta almamater yang ku banggakan Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

## SANWACANA

*Bisimillahirrahmanirrahim,*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT yang selalu melimpahkan rahmat serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Junjungan Besar Nabi Muhammad SAW, semoga kita semua tergolong ke dalam umat beliau yang akan mendapatkan syafaatnya.

Dalam penyelesaian skripsi yang berjudul “Eksplorasi Fungi Mikoriza Arbuskula Indigenos pada Rizosfer Tanaman Lada (*Piper nigrum* L.) di Kabupaten Lampung Barat” banyak pihak yang terlibat memberikan bantuan, dan nasehat. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing pertama, yang telah memberikan ide penelitian kepada penulis, bimbingan, saran, nasehat, serta motivasi dalam penulisan skripsi ini;
3. Bapak Prof. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S., selaku Dosen Pembimbing kedua, yang telah meluangkan waktu dalam memberi nasehat, saran, pengarahan, dan bimbingan dalam penyelesaian skripsi ini;
4. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc., selaku Dosen Penguji, yang telah memberikan saran, kritik, dan nasehat dalam penyelesaian skripsi ini;
5. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura;



6. Bapak Ir. Sugiarno, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan, nasehat, serta motivasi selama masa studi di Universitas Lampung;
7. Seluruh Dosen mata kuliah Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas semua ilmu, didikan, dan bimbingan yang penulis peroleh selama masa studi di Universitas Lampung;
8. Mama tercinta yang telah memberikan segala dukungan baik secara moral dan materil dengan setulus hati, sehingga putri kesayangannya dapat menyelesaikan skripsi dan pendidikannya di Unila;
9. Nenek, Om, Tante, serta Sepupu-sepupu penulis, yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini;
10. Sahabat-sahabat penulis, Nabila Rahma Wati, Vadma Gempita, Gabrielle Chrestella, Desi Anggraeni, Rahma Oktavia, dan Aulia Sari yang selalu menemani di kala susah maupun senang;
11. Teman-teman seperjuangan Rumiaturun, Oktafia Sari, dan Daniel Kristianto, untuk kebersamaannya dalam pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan skripsi ini selesai;
12. Mba Anggun, Mba Puput, dan Mas Ahmad yang telah membantu penulis selama melaksanakan penelitian di Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan;
13. Almamater tercinta dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu penulis dalam menyusun skripsi.

Penulis menyadari bahwa tulisan ini masih jauh dari kata sempurna, namun penulis berharap semoga skripsi ini dapat memberikan informasi dan bermanfaat bagi kita semua. Semoga seluruh bantuan yang telah diberikan kepada penulis mendapatkan balasan kebaikan yang setimpal dari Allah SWT. Aamiin.

Bandar Lampung, Desember 2023

Salwa Azzahra

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR TABEL.....</b>	<b>III</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>V</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang.....	1
1.2. Tujuan Penelitian.....	6
1.3. Landasan Teori .....	6
1.4. Kerangka Pemikiran .....	9
1.5. Hipotesis .....	12
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>13</b>
2.1. Tanaman Lada .....	13
2.2. Taksonomi Lada .....	14
2.3. Penanaman Tanaman Lada.....	14
2.4. Pemeliharaan Tanaman Lada .....	15
2.5. Pentingnya Tanaman Lada .....	15
2.6. Fungi Mikoriza Arbuskula .....	16
2.7. Mekanisme Hubungan Antara FMA dengan Akar Tanaman.....	20
2.8. Mekanisme Kolonisasi Akar .....	20
<b>III. BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>22</b>
3.1. Tempat dan Waktu Penelitian .....	22
3.2. Bahan dan Alat .....	22
3.3. Pengambilan Sampel Tanah .....	23



3.4.	Penghitungan Populasi Spora FMA di dalam Sampel Tanah .....	23
3.5.	Kultur Traping .....	24
3.5.1	Metode Penelitian untuk Kultur Traping .....	24
3.5.2	Persiapan Media Tanam untuk Kultur Traping .....	25
3.5.3	Persiapan Benih Tanaman Inang untuk Kultur Traping ...	25
3.5.4	Penanaman .....	26
3.5.5	Pemeliharaan Tanaman .....	26
3.5.6	Pemanenan .....	27
3.6	Variabel Pengamatan .....	28
3.6.1	Kolonisasi Akar .....	28
3.6.2	Teknik Isolasi Spora dari Kultur Traping .....	29
3.6.3	Identifikasi Keragaman FMA .....	30
3.6.4	Dominansi FMA .....	31
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>32</b>
4.1	Hasil Penelitian .....	32
4.1.1	Kolonisasi FMA pada Sampel Akar Tanaman Lada dari Lapang .	32
4.1.2	Populasi Spora FMA dari Lapang .....	32
4.1.3	Kolonisasi Akar Tanaman Inang oleh FMA pada Kultur Traping .	33
4.1.4	Populasi dan Jenis FMA Hasil Kultur Traping .....	34
4.1.5	Keragaman FMA .....	37
4.1.6	Dominansi FMA .....	37
4.2	Pembahasan .....	39
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN .....</b>	<b>45</b>
5.1	Kesimpulan .....	45
5.2	Saran .....	45
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>		<b>46</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>		<b>55</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Data Hasil Kolonisasi FMA pada Sampel Tanah dari Lapang .....	32
2. Hasil Uji T Populasi FMA pada Rizosfir Lada di Kebun Polikultur dan Monokultur .....	32
3. Data Masing-Masing Jenis FMA Hasil Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Polikultur dan Monokultur .....	35
4. Rincian Masing-Masing Jenis FMA .....	36
5. Indeks Keragaman Shannon-Wiener FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> pada Sampel Tanah di Kebun Polikultur dan Monokultur .....	37
6. Nilai Dominansi Simpson FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Polikultur dan Monokultur .....	38
7. Rincian Jumlah Spora dari Masing-Masing Jenis FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada Sampel Tanah Polikultur dan Monokultur .....	38
8. Jenis FMA yang Dominan Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Polikultur dan Monokultur .....	39
9. Data Populasi FMA pada Rizosfir Lada di Kebun Polikultur dan Monokultur	56
10. Uji T Populasi FMA pada Rizosfir Lada di Kebun Polikultur dan Monokultur .....	56
11. Data Hasil Kolonisasi Akar Tanaman Inang oleh FMA pada Kultur Traping	56



12. Data Populasi FMA Hasil Kultur Traping pada Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> .....	57
13. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung pada Sampel Tanah Kebun Polikultur .....	57
14. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung pada Sampel Tanah Kebun Monokultur .....	58
15. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Sorgum pada Sampel Tanah Kebun Polikultur .....	58
16. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Sorgum pada Sampel Tanah Kebun Monokultur .....	59
17. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang <i>P. javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Polikultur .....	59
18. Perhitungan Indeks Keragaman FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang <i>P. javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Monokultur .....	60
19. Indeks Dominansi FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Polikultur .....	60
20. Indeks Dominansi FMA Hasil Kultur Traping dengan Tanaman Inang Jagung, Sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada Sampel Tanah Kebun Monokultur .....	61
21. Jenis Spora FMA beserta Hasil Melzer dan PVLG .....	61

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Bagan Kerangka Pemikiran.....	11
2. Spora <i>Glomus</i> (INVAM, 2013).....	17
3. Spora <i>Gigaspora</i> (INVAM, 2013). ....	18
4. Spora <i>Scutellaspera</i> (INVAM, 2013). ....	18
5. Spora <i>Acaulospora</i> (INVAM, 2013).....	19
6. Spora <i>Entrophospora</i> (INVAM, 2013). ....	19
7. Ilustrasi Pengambilan Sampel Tanah pada Satu Titik Sampel yang Terdiri dari 3 Tanaman Lada. ....	23
8. Tata Letak Percobaan di Rumah Kaca. ....	25
9. Ilustrasi Penanaman Kultur Traping. ....	26
10. Ilustrasi Proses Panen Kultur Traping Tanaman Jagung, Sorgum, dan <i>P.</i> <i>javanica</i> . ....	28
11. Rata-rata kolonisasi FMA hasil kultur traping. ....	34

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mikoriza berasal dari dua suku kata yaitu *mykes/miko* (fungi/cendawan) dan *rhiza* (akar) sehingga bisa dikatakan sebagai jamur akar (Syib'li, 2008). Mikoriza adalah istilah yang menggambarkan adanya hubungan simbiosis antara fungi tertentu dengan akar tanaman. Bentuk simbiosis yang terjadi bersifat saling menguntungkan dimana fungi mikoriza mendapatkan pasokan senyawa karbon organik dari tanaman inang yang dapat digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangannya, sebaliknya fungi mikoriza akan membantu tanaman inang dalam menyerap unsur hara dan air dari dalam tanah sehingga tanaman tumbuh lebih baik (Rini *et al.*, 2020; Cavagnaro, 2008). Manfaat simbiosis lainnya yaitu selain meningkatkan laju transfer nutrisi di akar tanaman inang, mikoriza dapat juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik maupun abiotik (Khan, 2005).

Mikoriza berdasarkan cara fungi menginfeksi akar dibagi menjadi dua yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza memiliki ciri yaitu adanya miselia padat yang menyelimuti akar dan infasi cendawan secara intersellular pada jaringan korteks akar sedangkan, endomikoriza memiliki ciri yaitu adanya jaringan hifa eksternal dalam tanah dan tumbuh secara intensif di dalam sel korteks. Endomikoriza ada yang memiliki jangkauan yang sangat luas pada tanaman pertanian, perkebunan, dan kehutanan serta diperkirakan lebih dari 93% berteman dengan akar tanaman tingkat tinggi (Nurhayati, 2012). Menurut INVAM (2012), endomikoriza termasuk ke dalam ordo Glomeromycota yang



terbagi ke dalam 10 famili dan 19 genus. Salah satu mikoriza yang termasuk ke dalam endomikoriza yaitu mikoriza arbuskular atau biasa dikenal dengan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Fungi Mikoriza Arbuskular adalah salah satu fungi yang memiliki sifat obligat dan dapat membantu pertumbuhan tanaman (Matondang *et al.*, 2020). Fungi Mikoriza Arbuskular banyak ditemukan pada semua ekosistem, termasuk pada lahan masam (Wangiyana *et al.*, 2011). Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki ciri khas yaitu terdapat arbuskul yang merupakan ujung hifa yang bercabang-cabang yang dibentuk di dalam sel korteks akar dan memiliki peran dalam pertukaran nutrisi dengan tanaman inang, serta spora yang dibentuk dari hifa eksternal (Peterson *et al.*, 2004).

Kehadiran FMA berperan penting dalam ketahanan suatu ekosistem, stabilitas tanaman dan pemeliharaan serta keragaman tumbuhan dan meningkatkan produktivitas tanaman (Moreira *et al.*, 2007). Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki manfaat diantaranya ialah meningkatkan penyerapan nutrient (Mustaqimah *et al.*, 2019), dan meningkatkan resistensi tanaman terhadap cekaman abiotik dan biotik (Yuwati *et al.*, 2020). Fungi Mikoriza Arbuskular juga dapat berperan dalam meningkatkan laju fotosintesis tanaman inang (Rini, *et al.*, 2000). Secara khusus, fungi mikoriza juga berperan penting dalam meningkatkan penyerapan ion dengan tingkat mobilitas yang rendah seperti ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dan amonium ( $\text{NH}_4^+$ ) (Suharno dan Santosa, 2005) dan unsur hara tanah yang relatif imobil lain seperti belerang (S), tembaga (Cu), seng (Zn), dan juga boron (B) (Smith dan Read, 2008).

Populasi dan keanekaragaman FMA di dalam tanah sangat bervariasi yang dipengaruhi oleh beberapa faktor. Faktor yang mempengaruhi yaitu faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi jenis mikoriza dan tanaman inang, sedangkan faktor abiotik meliputi kesuburan tanah, suhu, air, dan pH. Ketersediaan air yang minimal untuk pertumbuhan tanaman inang dapat memacu aktivitas FMA untuk menjangkau area yang lebih luas dengan membentuk miselium yang lebih banyak (Winata dan Zainul, 2020). Ketersediaan air yang minimal juga akan menyebabkan kelarutan unsur hara ikut menurun, sehingga FMA lebih aktif untuk

menyerap unsur hara dalam memenuhi kebutuhan tanaman inang (Indriana *et al.*, 2020). Faktor intensitas cahaya juga berperan dalam aktivitas FMA. Intensitas cahaya yang maksimal dapat mengoptimalkan laju fotosintesis daun sehingga dapat meningkatkan asimilat ke bagian akar. Kondisi tersebut, membuat FMA memperoleh sumber energi yang cukup untuk memenuhi perkembangan dan pertumbuhannya (Aryanto *et al.*, 2018; Yuwati, 2021).

Beberapa penelitian menjelaskan bahwa keragaman jenis tanaman yang tinggi dapat meningkatkan kelimpahan spora FMA, argumen ini sejalan dengan penemuan beberapa peneliti bahwa keragaman tanaman memperkaya komunitas FMA, memberikan potensi untuk meningkatkan fungsi dan keberlanjutan agroekosistem. Guzman *et al.* (2021) menjelaskan bahwa keragaman tanaman inang menggeser komunitas FMA yang tersedia menjadi komunitas yang lebih kaya dan lebih beragam, serta menyimpulkan bahwa keragaman tanaman adalah salah satu keberhasilan untuk memperkaya komunitas FMA. Menurut Simanungkalit (2004), tanaman inang yang responsif pada inokulasi FMA adalah yang memiliki perakaran banyak, hal ini dikarenakan dapat mempengaruhi saat proses pembentukan asosiasi pada akar dan sporulasi FMA (Gunawan, 1999).

Faktor lain yang mempengaruhi populasi dan keragaman FMA adalah pH dan kondisi tanah. Nurhandayani *et al.* (2013) menjelaskan bahwa perkembangan FMA yang optimal berkisar pada pH 3,9 – 5,9. Kondisi tanah dengan kandungan unsur hara terutama unsur fosfor yang rendah dapat menyebabkan meningkatnya kolonisasi FMA pada akar tanaman, dan pada dasarnya FMA diperlukan oleh tanaman untuk menyerap fosfor. Pulungan (2013) menyatakan bahwa ketersediaan fosfor yang tinggi di tanah secara langsung menurunkan aktivitas FMA sehingga keberadaan FMA mengalami pengurangan. Sebaliknya, apabila unsur fosfor yang tersedia di tanah rendah maka akan meningkatkan terbentuknya kolonisasi FMA pada tanaman, karena pada kondisi tersebut tanaman cenderung memanfaatkan FMA sebagai salah satu cara untuk mendapatkan unsur hara.

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan tanaman penting di Indonesia karena memiliki nilai ekonomi tinggi sehingga menjadi salah satu sumber devisa negara. Tanaman lada dibudidayakan dalam bentuk perkebunan rakyat yang membutuhkan banyak tenaga kerja (Manohara *et al.*, 2006). Budidaya lada di Indonesia tergantung dari karakteristik jenis lada yang dibudidayakan, karakteristik petani lada, dan faktor lingkungan sehingga budidaya lada di Indonesia dapat dikelompokkan menjadi budidaya konvensional, budidaya non pestisida, dan budidaya organik dengan pola tanam monokultur dan polikultur yang masing-masing memiliki kelebihan dan kekurangan (Prasmatiwi dan Evizal, 2020).

Sentra produksi tanaman lada di Indonesia terdapat di tujuh provinsi yaitu Sumatera Selatan, Bangka Belitung, Lampung, Kalimantan Timur, Kalimantan Barat, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Luas pertanaman lada di Indonesia pada 3 tahun terakhir mengalami peningkatan yaitu tahun 2019 seluas 189.703 ha, tahun 2020 menjadi 190.452 ha, dan di tahun 2021 seluas 193.388 ha. Meningkatnya luas areal pertanaman lada diiringi dengan meningkatkannya hasil produksi lada selama 3 tahun terakhir yaitu pada tahun 2019 – 2021 secara berturut-turut sebanyak 87.619 ton, 88.254 ton, 89.153 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021). Provinsi Lampung saat ini menduduki peringkat kedua sebagai produsen lada terbesar di Indonesia setelah Provinsi Bangka Belitung. Luas areal tanam dan produksi panen lada di Provinsi Lampung saat ini yaitu 48.847 ha dengan produksi sebesar 14.698 ton (Direktorat Jenderal Perkebunan, 2021).

Peningkatan produksi tanaman lada dilakukan dengan teknik budidaya yang tepat terutama dalam hal penggunaan pupuk. Penggunaan pupuk anorganik masih banyak dilakukan oleh petani untuk memelihara tanamannya. Petani di Lampung Barat khususnya di Pekon Talang Jaya masih sangat bergantung dalam hal penggunaan pupuk anorganik seperti pupuk Mutiara. Penggunaan pupuk anorganik tersebut memiliki dampak positif bagi tanaman dimana pupuk anorganik seperti pupuk NPK dapat menyumbang unsur hara N, P, dan K ke dalam tanah sehingga dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman. Unsur hara

fosfor merupakan unsur hara esensial makro yang dibutuhkan tanaman, tetapi unsur P memiliki sifat yang tidak mudah larut sehingga hanya 15 – 20% yang dapat diserap oleh tanaman, sedangkan sisanya akan terjerap dalam koloid tanah (Ginting *et al.*, 2006). Disamping itu, pupuk anorganik juga memiliki dampak negatif diantaranya ialah dapat menyebabkan perubahan struktur tanah, pemadatan, kandungan unsur hara tanah menurun, dan pencemaran lingkungan. Pemberian pupuk anorganik secara terus menerus juga dapat menaikkan keasaman tanah dan akan berdampak terhadap mikroorganisme yang ada di dalam tanah, sehingga apabila dibiarkan berlarut-larut maka kesuburan alami tanah akan menurun (Triyono *et al.*, 2013).

Praktik budidaya di Pekon Sindang Pagar, Kecamatan Sumberjaya, Kabupaten Lampung Barat yaitu menerapkan sistem pola tanam polikultur. Sistem pola tanam polikultur adalah pada satu lahan budidaya ditanam dengan dua jenis atau lebih tanaman pokok yang berbeda. Dalam hal ini, pola tanam polikultur di Pekon Sindang Pagar yaitu menanam tanaman lada yang ditumpangсарikan dengan kopi. Berbeda dengan Pekon Talang Jaya, praktik budidaya lada yang dilakukan yaitu sistem pola tanam monokultur. Sistem pola tanam monokultur adalah pada satu lahan budidaya hanya terdapat satu jenis tanaman utama. Pola tanam monokultur di Pekon Talang Jaya hanya menanam tanaman lada saja. Selain tanaman utama, di kebun tersebut tanaman lada memiliki tegakan yaitu pembayang. Perbedaan praktik budidaya di Pekon Sindang Pagar dan Talang Jaya akan mempengaruhi populasi dan keragaman jenis FMA di lahan pertanaman lada.

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

1. Apakah terdapat perbedaan populasi FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur?
2. Apakah terdapat perbedaan keragaman FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur?
3. Jenis FMA Indigenos apakah yang paling dominan pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur?



## 1.2 Tujuan Penelitian

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

1. Mengetahui perbedaan populasi FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur.
2. Mengetahui perbedaan keragaman FMA Indigenos pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur.
3. Mengetahui jenis FMA Indigenos yang dominan pada rizosfer tanaman lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur.

## 1.3 Landasan Teori

Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki struktur utama yaitu arbuskular, vesikel, hifa internal dan hifa eksternal. Hifa FMA yang panjang dan halus dapat menjelajah ke dalam tanah untuk membantu proses penyerapan air, unsur hara makro, dan mikro yang tidak dapat dijangkau oleh akar tanaman (Goltapeh *et al.*, 2013). Spora FMA terbentuk sebagai akibat penggelembungan satu atau lebih dudukan hifa (*subtending hypha*) dalam tanah atau dalam akar (Brundrett *et al.*, 1996). Bentuk spora umumnya bulat sampai lonjong dengan ukuran garis tengah yang beragam. Setiap spora dibatasi oleh satu atau lebih lapisan yang disebut dinding spora yang masing-masing memiliki ketebalan tertentu (Nusantara *et al.*, 2012).

Fungi Mikoriza Arbuskular dapat berinteraksi positif dengan bahan organik di dalam tanah, termasuk pada lahan-lahan bermasalah seperti lahan yang mengalami cekaman kekeringan (Nurbaity *et al.*, 2007). Bahan organik sendiri memiliki peran sebagai sumber energi dan makanan untuk mikroba tanah, sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroba tersebut dalam penyediaan hara tanaman (Fiqa, 2010). Menurut Sanjaya *et al.* (2020), bahan organik cenderung menyediakan unsur hara bagi tanaman untuk tumbuh subur sehingga akan menghasilkan asimilat untuk pertumbuhan FMA dan dapat mengubah populasi

serta efektivitas FMA di dalam tanah. Disamping itu, bahan organik yang berupa serasah akar yang mengandung hifa, vesikular, dan spora FMA akan menjadi carrier penting untuk mempertahankan siklus hidup FMA dari satu tanaman inang ke tanaman inang berikutnya.

Tanah dengan unsur hara yang rendah memiliki persentase infeksi FMA yang tinggi, berbeda dengan tanah yang memiliki unsur hara tinggi cenderung lebih memiliki persentase infeksi FMA yang rendah. Hal ini karena pada tanah dengan unsur hara yang rendah FMA berperan penting bagi tanaman, salah satunya dalam hal penyerapan unsur hara yang tidak tersedia, sedangkan pada tanah dengan unsur hara tinggi peran FMA menjadi tidak optimal karena unsur hara yang dibutuhkan telah tersedia pada rizosfer (Sartika, 2018). Anas (1997) juga mengemukakan bahwa aktivitas mikoriza lebih tinggi pada kesuburan tanah yang rendah. Sasli *et al.* (2012) mengemukakan bahwa mikoriza akan lebih mendukung pertumbuhan tanaman pada kondisi kekurangan hara seperti P dan N, serta hubungan simbiotik antar tanaman dengan mikoriza lebih menguntungkan pada kondisi tersebut. Kondisi tanah yang kering, juga dapat merangsang mikoriza dalam hal perkembangan spora dan terbentuknya kolonisasi dengan tanaman inang (Delvian, 2006).

Berbeda dengan fungi pada umumnya, FMA memiliki sifat obligat yaitu memerlukan tanaman inang untuk dapat hidup. Oleh karena itu, dalam perbanyakannya dibutuhkan tanaman inang yang sesuai. Hasil penelitian Rini dan Rozalinda (2010) yang menguji tanaman inang golongan gramineae (jagung dan sorgum) dan leguminosa (*Centrosema pubescens* dan *Calopogonium mucunoides*) menunjukkan bahwa tanaman inang dari golongan gramineae lebih sesuai untuk produksi mikoriza. Sejalan dengan pendapat Sofyan (2005) yang mengemukakan bahwa tanaman jagung merupakan tanaman inang yang cukup baik untuk perkembangan hifa mikoriza, karena jagung memiliki pertumbuhan yang relatif lebih cepat, daya adaptasi tinggi terutama di lahan kering, serta memiliki sistem perakaran yang banyak. Menurut Deptan (1990) tanaman sorgum yang memiliki

akar-akar sekunder dua kali lebih banyak serta memiliki sistem perakaran dalam sehingga spora FMA dapat menginfeksi dengan lebih mudah.

Hetrick (1984) menjelaskan sebagian besar jamur mikoriza perkembangannya menjadi terhambat pada suhu tanah di bawah 5°C dan suhu di atas permukaan tanah 35°C. Apabila suhu tanah 50°C dapat mematikan fungsi mikoriza, sedangkan suhu tanah 30°C merupakan suhu yang baik untuk perkembangan FMA, tetapi kolonisasi miselia yang terbaik adalah pada suhu 24°C - 34°C.

Mikoriza Indigenos merupakan mikoriza alami yang memiliki keunggulan karena berasal dari wilayah spesifik yang memiliki daya adaptasi lingkungan yang baik. Pemanfaatan mikoriza Indigenos lebih menguntungkan dibandingkan dengan mikoriza exogenos. Akib *et al.* (2019) menjelaskan dalam penelitiannya bahwa pemanfaatan mikoriza *Acaulospora* sp Indigenos lebih unggul dalam meningkatkan pertumbuhan *Canavalia ensiformis* di lahan pasca tambang nikel dibandingkan dengan mikoriza *Acaulospora* sp. lainnya. Menurut Delvian (2006), FMA Indigenos memiliki potensi yang tinggi untuk membentuk kolonisasi yang ekstensif karena dapat mengenali tanaman inangnya, selain itu FMA Indigenos juga memiliki sifat toleransi yang lebih tinggi terhadap kondisi lingkungan dengan cekaman yang tinggi.

Hasil penelitian Akib, *et al.* (2022) menunjukkan bahwa kepadatan spora FMA tertinggi khususnya genus *Glomus* sp. dan *Acaulospora* sp. ditemukan pada pola tanam polikultur lada yang merupakan kombinasi beberapa jenis tanaman dalam suatu area pertanaman. Schubler dan Walker (2010) dan INVAM (2013) melaporkan bahwa dari 250 spora FMA yang sudah diidentifikasi, *Glomus* sp. adalah jenis spora yang paling dominan (52,3%), diikuti dengan *Acaulospora* sp. (20,9%), *Scutellospora* sp. (16,9%) dan *Gigaspora* sp. (4,7%). Sejalan dengan beberapa penelitian yang menjelaskan bahwa genus *Glomus* sp. lebih banyak ditemukan pada berbagai daerah. Selain itu, genus *Glomus* sp. banyak ditemukan pada pH 5,6-7, *Gigaspora*

sp. 4-6, dan *Acaulospora* sp. 4-5 (Setiadi, 1992; Gunawan, 1993; Hepper, 1984 dalam Tuheteru, 2003).

Fungi Mikoriza Arbuskular tergolong ke dalam filum Glomeromycota, filum Glomeromycota memiliki 4 ordo yaitu *Glomerales*, *Paraglomales*, *Archaeosporales*, dan *Diversisporales* (Schubler *et al.*, 2001). Genus dari filum Glomeromycota diantaranya ialah *Glomus*, *Gigaspora*, *Scutellaspera*, *Acaulospora*, *Entrophospora*, *Pacispora*, *Diversispora*, *Archaeospora*, dan *Paraglomus* (Redecker dan Raab, 2006).

#### 1.4 Kerangka Pemikiran

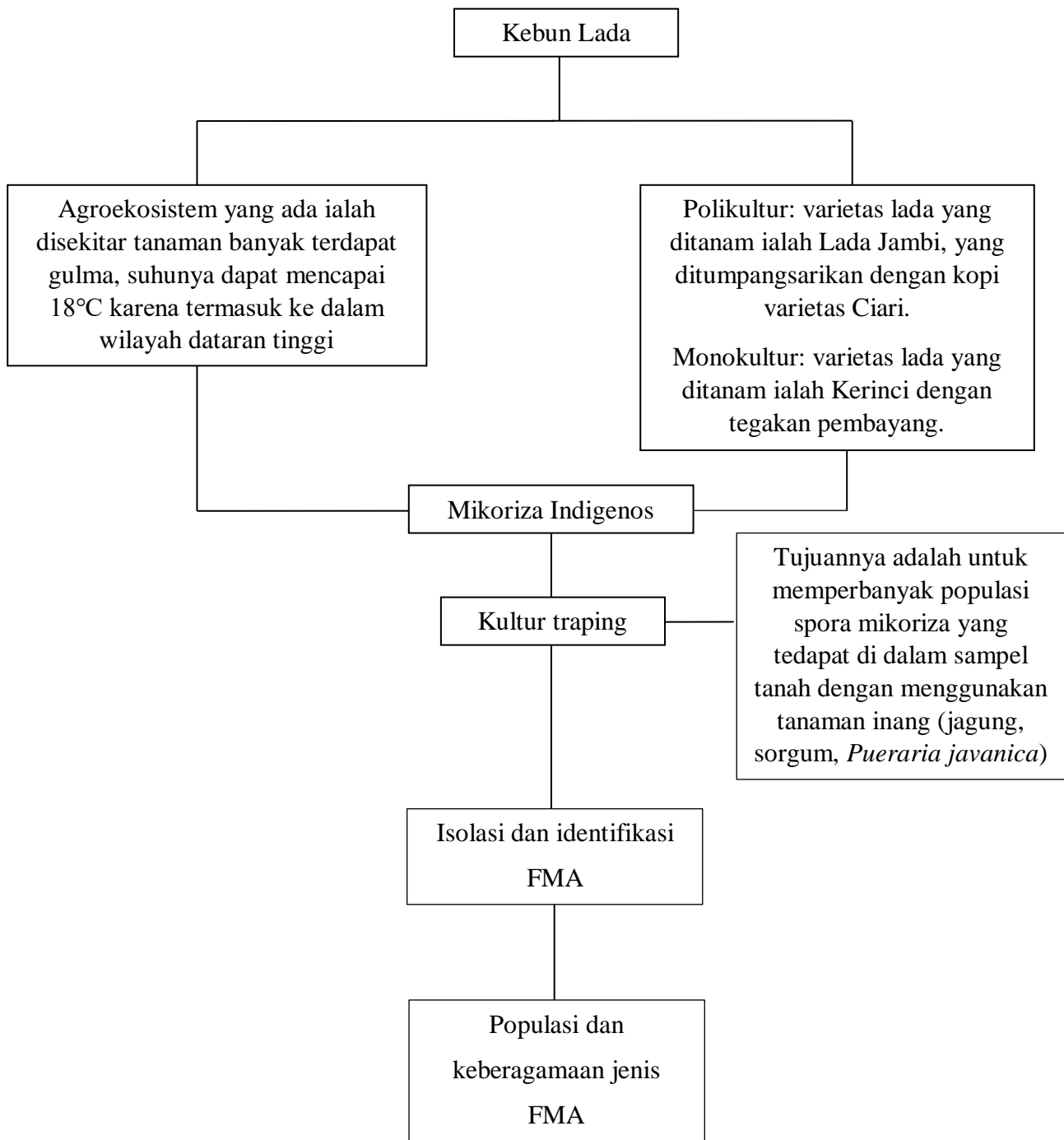
Tanaman lada yang ditanam di Lampung Barat memiliki perbedaan sistem pola tanam. Sistem pola tanam yang diterapkan ialah monokultur dan polikultur. Perbedaan sistem pola tanam ini dapat mengakibatkan populasi dan keragaman FMA dari masing-masing pekon berbeda juga. Hal ini karena, semakin banyak tanaman inang maka semakin banyak juga jenis mikoriza yang bersimbiosis dengan akar tanaman inang.

Kabupaten Lampung Barat khususnya di Pekon Sindang Pagar, tanaman lada sudah ditanam selama  $\pm$  13 tahun dengan sistem tanam polikultur. Sistem tanam campuran ini mempengaruhi keberadaan FMA yang lebih beragam dibandingkan dengan sistem tanam monokultur di Pekon Talang Jaya yang hanya ditanami lada selama  $\pm$  1 tahun. Dengan demikian, tanaman inang yang lebih beragam di Pekon Sindang Pagar dapat menghasilkan keragaman populasi FMA pada rizosfer tanaman inang.

Kondisi tanah pada kebun polikultur ialah tanah gembur sedangkan di kebun monokultur tanahnya liat. Selain itu, penggunaan pupuk juga dapat mempengaruhi perbedaan populasi dan keragaman jenis FMA. Di kebun monokultur dalam hal pemeliharaan tanaman masih menggunakan pupuk



anorganik yaitu pupuk Mutiara. Penggunaan pupuk anorganik ini dilakukan setiap tahun dengan dosis 100gr. Pemberian pupuk anorganik memiliki dampak negatif diantaranya ialah dapat menyebabkan perubahan struktur tanah, pemadatan tanah, kandungan unsur hara tanah menurun, pencemaran lingkungan, dapat menaikkan keasaman tanah dan akan berdampak terhadap mikroorganisme yang ada di dalam tanah. Mikroorganisme yang dimaksud salah satunya ialah Fungi Mikoriza Arbuskular. Pemberian pupuk anorganik seperti pupuk Mutiara di kebun monokultur akan berdampak terhadap populasi FMA di Pekon Talang Jaya lebih rendah dibandingkan di kebun polikultur yang menggunakan pupuk organik. Kabupaten Lampung Barat di Pekon Sindang Pagar dan Talang Jaya merupakan wilayah yang memiliki jenis tanah Podsolik Merah Kuning (PMK). Tanah jenis PMK ini memiliki tekstur tanah yaitu lempung berpasir, kondisi ini diduga merupakan kondisi yang sesuai untuk perkembangan spora jenis *Glomus*. Kerangka pemikiran penelitian ini ditunjukkan oleh Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran.

## 1.5 Hipotesis

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

1. Populasi FMA Indigenos pada rizosfer lada yang ditanam secara polikultur lebih tinggi dibandingkan dengan monokultur.
2. Keragaman FMA Indigenos pada rizosfer lada yang ditanam secara polikultur lebih tinggi dibandingkan dengan monokultur.
3. Jenis FMA Indigenos yang terdapat pada rizosfer lada yang ditanam secara monokultur dan polikultur didominasi oleh genus *Glomus* dan *Acaulospora* sp.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Lada

Lada (*Piper nigrum* L.) merupakan tanaman yang memiliki nilai ekonomis tinggi, salah satu komoditas unggulan pada sektor perkebunan yang memiliki potensi besar untuk meningkatkan devisa negara. Lada juga salah satu jenis rempah yang memiliki ciri khas yang tidak dapat digantikan oleh rempah lainnya (Kementerian Pertanian, 2013). Biji lada dapat diolah menjadi lada putih dan lada hitam. Perbedaan lada putih dan lada hitam terletak pada cara penanganan pasca panen saja. Lada putih didapatkan dengan cara kulitnya dihilangkan, sedangkan lada hitam didapatkan dengan cara kulitnya tidak dihilangkan (Tjitrosoepomo, 1994).

Tanaman lada dapat tumbuh dengan baik dengan ketinggian 0 – 700 mdpl. Penyebaran tanaman lada sangat luas yaitu berada di wilayah tropika antara 20° dan 20° LS dengan curah hujan 1.000 – 3.000 mm/tahun, yang merata sepanjang tahun dan memiliki hari hujan 110 – 170 hari/tahun, musim kemarau hanya 2 – 3 bulan/tahun. Kelembaban udara sekitar 63 – 98% selama musim hujan, dengan suhu maksimum 35°C dan suhu minimum 20°C. Tanaman lada dapat tumbuh pada semua jenis tanah, terutama pada tanah berpasir dan gembur dengan unsur hara yang cukup, drainase baik, serta pH sekitar 5,0 – 6,5 (BBPPTP, 2008).

## 2.2 Taksonomi Lada

Dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan, tanaman lada (*Piper nigrum* L.) menurut Plantamor (2016) diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Subdivisi	: Angiospermae
Kelas	: Dicotyledoneae
Ordo	: Piperales
Famili	: Piperaceae
Genus	: <i>Piper</i>
Spesies	: <i>Piper nigrum</i> L.

## 2.3 Penanaman Tanaman Lada

Perbanyakan tanaman lada dapat dilakukan dengan 2 cara yaitu dengan cara perbanyakan secara vegetatif dan secara generatif. Perbanyakan secara vegetatif dilakukan dengan dua cara yaitu dengan stek panjang dan stek pendek, namun yang paling sering dilakukan ialah dengan menggunakan stek pendek karena penggunaan stek pendek dapat menghemat bahan tanaman dan menekan kematian tanaman di kebun dari 30% sampai 10%.

Perbanyakan secara generatif dengan menggunakan bibit tanaman lada. Namun, dalam perbanyakan ini bibit tanaman lada yang akan digunakan harus yang bebas dari hama dan penyakit, dan kemurnian bibit harus terjamin. Penanaman dengan menggunakan bibit dilakukan dengan menentukan jarak tanam biasanya jarak tanam yang digunakan ialah 2 – 2,5 x 2 – 2,5 meter, kemudian dibuat lubang tanam dengan kedalaman 50 cm dan didiamkan selama 2 minggu. Dalam melakukan penanaman, waktu yang paling baik adalah pada saat musim penghujan tiba pada pagi atau sore hari. Hal ini untuk menghindari bibit baru terpapar cahaya matahari yang terik dan setelah penanaman sebaiknya diberi pupuk kompos dan dilakukan penyiraman.



## 2.4 Pemeliharaan Tanaman Lada

Pemeliharaan tanaman lada dilakukan dengan cara penyiangan gulma yang dilakukan secara mekanis dengan menggunakan alat. Pemupukan tanaman lada biasanya menggunakan pupuk NPK. Di Lampung, pupuk yang biasa digunakan ialah NPKMg dengan dosis berbeda-beda tiap tahunnya. Pada tahun I, pemupukan dilakukan sebanyak 4 kali pemberian, dengan dosis 25-50 gram/pohon. Sedangkan pada tahun II dilakukan sebanyak 4 kali pemberian dengan dosis 50-100 gram/pohon, dan pada tahun III ke atas dilakukan 3 kali pemupukan dengan dosis 3:2:1 sebanyak 1,6 kg/pohon/tahun (Evizal, 2023). Selain itu pengendalian OPT juga dilakukan dengan melihat kondisi fisik tanaman yang terserang, dapat juga dilakukan dengan menggunakan pestisida yang sesuai. Pemangkasan sulur dilakukan dengan tujuan untuk membuang sulur yang tidak produktif seperti sulur gantung dan sulur tanah. Tujuan pemangkasan sulur gantung dan tanah ini ialah untuk mengurangi persaingan penyerapan unsur hara bagi sulur produktif dan memperbaiki kelembapan tanaman (Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan, 2021).

## 2.5 Pentingnya Tanaman Lada

Berdasarkan data dari *Food and Agriculture Organization* (FAO), pada tahun 2020 Indonesia menduduki peringkat ketiga sebagai negara penghasil lada terbesar di dunia setelah Vietnam dan Brazil. Di samping sebagai bumbu masakan, lada juga dapat digunakan sebagai obat, minuman, dan parfume. Lada memiliki manfaat selain sebagai rempah juga dapat digunakan sebagai bahan baku jamu karena memiliki banyak khasiat diantaranya untuk memperbaiki sistem pencernaan, melancarkan peredaran darah, menurunkan kadar kolesterol, sebagai anti oksidan, dan anti kanker (Kakarala *et al.*, 2010) juga dapat menurunkan fertilitas dan sebagai anti spermatogenic pada tikus (Mishra dan Singh, 2009). Tanaman lada memiliki khasiat yaitu dapat mengatasi diare. Lada hitam memiliki kandungan saponin yang dapat berfungsi menurunkan tegangan permukaan, serta kandungan *flavonoid* dan *alkaloid* yang cara kerjanya yaitu mendenaturasi dan

merusak membrane sel bakteri dengan melarutkan lemak yang ada di dinding sel sehingga mengakibatkan rusaknya dinding sel yang dapat menyebabkan kematian pada sel (Parhusip, 2006). Berbeda dengan lada hitam, lada putih justru lebih banyak digunakan sebagai penambah cita rasa makanan yang dikonsumsi dalam bentuk bubuk.

## 2.6 Fungi Mikoriza Arbuskula

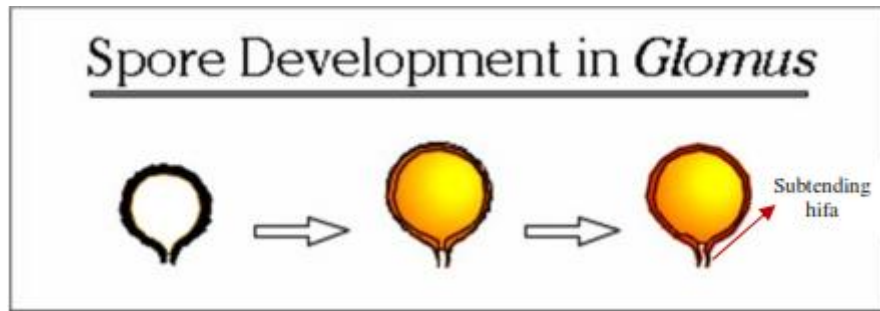
Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) merupakan asosiasi simbiotik antara fungi dengan akar tanaman yang akan membentuk jalinan interaksi yang kompleks. FMA memiliki peran yaitu untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah, meningkatkan serapan hara, memacu pertumbuhan akar tanaman dari hormon yang dihasilkan, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, melindungi akar dari serangan patogen, melindungi tanaman dari keracunan logam berat, dan melepaskan fosfat yang telah terfiksasi (Prasetya, 2011).

Klasifikasi FMA dibagi ke dalam 9 famili Menurut INVAM (2013) yaitu *Glomeraceae* dengan 4 genus yaitu: *Funneliformis*, *Septoglomus*, *Glomus*, *Rhizophagus*, famili *Pacisporaceae* dengan 1 genus *Pacispora*, famili *Acaulosporaceae* dengan 1 genus *Acaulospora*, famili *Diversisporaceae* dengan 2 genus yaitu *Diversispora* dan *Redeckera*, famili *Gigasporaceae* dengan 4 genus, yaitu: *Gigaspora*, *Cetranspora*, *Racocetra*, *Scutellospora*, famili *Claroideoglomeraceae* dengan 1 genus *Claroideoglomus*, famili *Paraglomeraceae* dengan 1 genus *Paraglomus*, famili *Archaeosporaceae* dengan 1 genus *Archaeospora*, dan famili *Ambisporaceae* dengan 2 genus *Ambispora* dan *Geosiphon*.

### 1. *Glomus*

*Glomus* sp. merupakan genus mikoriza dari famili *Glomeraceae* (Gambar 2). *Glomus* sp. adalah genus yang memiliki keberagaman jenis tertinggi dari yang lain. Beberapa ciri khas dari genus ini ialah spora terbentuk secara tunggal ataupun berpasangan dua yang tidak berdiferensiasi dalam *sporocarp*. Pada saat

dewasa spora dipisahkan dari hifa pelekak oleh sebuah sekat. Spora terdapat ke dalam beberapa bentuk yaitu globose, sub-globose, ovoid, ataupun obvoid dengan dinding spora terdiri dari lebih satu lapis, berwarna kuning, merah kecoklatan, coklat, dan hitam.



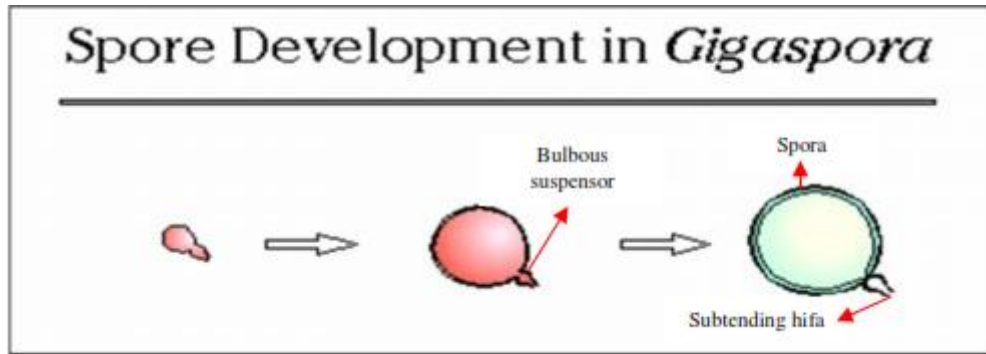
Gambar 2. Spora *Glomus* (INVAM, 2013).

## 2. *Paraglomus*

Proses pembentukan spora *paraglomus* ini hampir sama dengan pembentukan spora *glomus*. Spora tersebut berasal dari ekspansi blastic dari ujung hifa, dan spora ini tidak bereaksi dengan larutan *Melzer*. Ukuran spora rata-rata 85  $\mu\text{m}$ .

## 3. *Gigaspora*

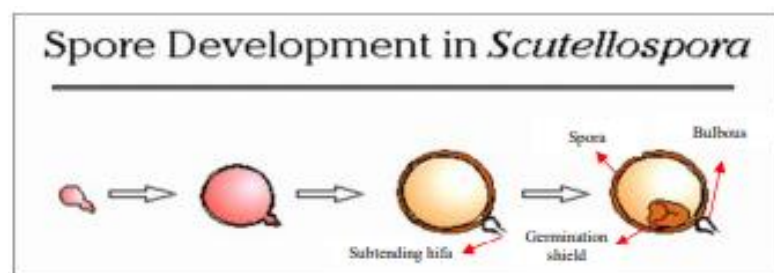
Spora pada genus ini bereaksi dengan larutan *Melzer* secara menyeluruh dan tidak memiliki ornament (Gambar 3). Hifa membentuk *bulbous suspensor* atau dudukan hifa berbentuk bulat. Spora berwarna kuning cerah dengan bentuk bulat dan ukurannya rata-rata 321  $\mu\text{m}$ . Dinding spora terdiri dari tiga lapisan. Penelitian Ulfa *et al* (2011) menemukan jenis *Gigaspora* dengan ciri-ciri bentuknya bulat, bening, memiliki *bulbous suspensor*, permukaan halus, dan bereaksi dengan larutan *Melzer*. Berbeda dengan penelitian Dewi *et al* (2014) yang menemukan jenis *Gigaspora* dengan ciri spora berwarna putih halus, berbentuk bulat, dinding spora tipis, memiliki *bulbous suspensor*, dan memiliki ukuran 313,98  $\mu\text{m}$  x 313,98  $\mu\text{m}$ .



Gambar 3. Spora *Gigaspora* (INVAM, 2013).

#### 4. *Scutellaspera*

*Scutellaspera* sp. merupakan genus mikoriza yang termasuk ke dalam famili *Gigasporaceae* (Gambar 4). Genus ini memiliki beberapa ciri khas diantaranya yaitu spora terdiri dari dinding spora yang fleksibel, struktur spora berbentuk ovoid, obovoid, *pyriformis*. Proses terbentuknya spora *Scutellaspera* sp. ini sama dengan pembentukan spora pada genus *Gigaspora* sp. Perbedaan antara genus *Scutellaspera* sp. dengan *Gigaspora* sp. adalah pada *Scutellaspera* sp. terdapat *germination shield*, dan pada saat berkecambah hifa akan keluar dari *Germination shield* tersebut.

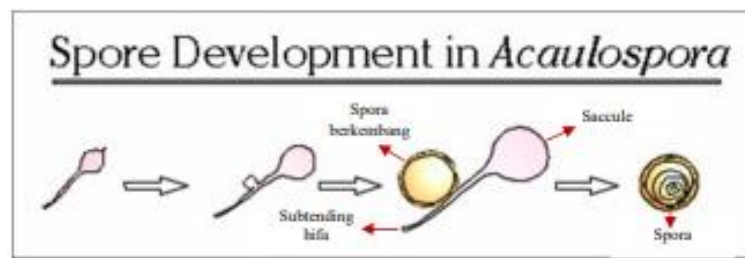


Gambar 4. Spora *Scutellaspera* (INVAM, 2013).

#### 5. *Acaulospora*

*Acaulospora* sp. adalah genus mikoriza yang termasuk ke dalam famili *Acaulosporaceae* (Gambar 5). Genus ini memiliki beberapa ciri khas diantaranya yaitu memiliki 2-3 dinding spora, spora berbentuk di sisi samping leher *sporiferous saccule*, berbentuk globose hingga elips. Proses perkembangan spora genus ini seolah-olah dari hifa tapi sebenarnya tidak. Mula-mula ada hifa yang

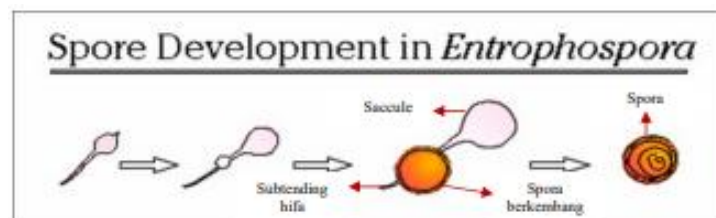
ujungnya membesar seperti spora yaitu *sporiferous* saccule yang dibuat hifa terminal. Diantara hifa terminal dan kedudukan hifa akan muncul bulatan kecil yang semakin lama semakin membesar. Lapisan luar tidak bereaksi dengan larutan *Melzer*, tetapi lapisan dalam bereaksi dengan larutan *Melzer* dengan warna lebih gelap-merah keunguan. Warna sporanya dominan merah, dinding spora terdiri dari tiga lapisan, dan ukuran sporanya rata-rata 279  $\mu\text{m}$ .



Gambar 5. Spora *Acaulospora* (INVAM, 2013).

#### 6. *Entrophospora*

Proses perkembangan spora genus ini hampir sama seperti genus *Acaulospora*, yaitu diantara hifa terminus dengan subtending hifa (Gambar 6). Perbedaan keduanya adalah proses perkembangan *azygospora* berada di dalam blastik atau ditengah hifa terminus, sehingga akan terbentuk dua lubang yang simetris pada spora yang telah matang. Spora memiliki warna kuning coklat dan apabila spora belum matang maka warna tampak jauh lebih buram. Spora memiliki bentuk bulat dengan ukuran rata-rata 121  $\mu\text{m}$  dan dinding spora terdiri dari dua lapisan.



Gambar 6. Spora *Entrophospora* (INVAM, 2013).

### 7. *Arcahaespora*

Perkembangan spora pada genus ini 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 *pedivel* atau percabangan hifa dari leher *saccule*.

## 2.7 Mekanisme Hubungan Antara FMA dengan Akar Tanaman

Pada penerapannya, FMA bersimbiosis mutualisme dengan perakaran tumbuhan sehingga satu sama lain saling mendapatkan keuntungan. FMA yang bersimbiosis dengan tanaman inang akan mendapatkan sumber karbon hasil fotosintesis tanaman, sedangkan tanaman inang akan mendapatkan unsur hara yang dibutuhkan dari FMA (Ansiga *et al.*, 2017). Simbiosis mutualisme antara FMA dengan tanaman inang terjadi karena adanya eksudat akar. Bertham (2006) menjelaskan bahwa tanaman akan melepaskan eksudat akar berupa senyawa *flavonoid* untuk membentuk simbiosis dengan FMA. Senyawa *flavonoid* memiliki pengaruh positif terhadap pertumbuhan mikoriza pada tahap prasimbiotik.

FMA memiliki kemampuan dalam meningkatkan P terlarut melalui asam organik dan enzim fosfatase yang dihasilkan. FMA dapat memperbaiki P terlarut sehingga dapat masuk ke dalam hifa eksternal FMA. Zuhry *et al.* (2008) menjelaskan bahwa penyerapan P yang memiliki sifat immobil dapat ditingkatkan melalui perpanjangan akar yang mendekati P. Kehadiran hifa FMA di akar dapat berperan sebagai perpanjangan akar yang dapat menyerap unsur hara dan air yang berfungsi sebagai penunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

## 2.8 Mekanisme Kolonisasi Akar

Kolonisasi akar merupakan bentuk simbiosis antara akar tanaman inang dengan FMA. Menurut Baptista *et al.* (2011), proses kolonisasi akar terbagi menjadi 4 tahapan yaitu sebelum infeksi, penetrasi hifa pada akar tanaman inang, hifa

tumbuh dan berkembang pada sel akar, dan tahapan akhir FMA akan menjalankan fungsinya membantu penyerapan hara dan air untuk tanaman inang. Kolonisasi diawali dengan pertumbuhan hifa yang muncul dari spora, maupun potongan akar yang terinfeksi dengan FMA. Selanjutnya, adanya kontak hifa dengan akar yang diikuti pelekatan hingga membentuk apresorium yang membengkak. Kemudian hifa masuk menembus dinding sel dengan penekanan yang ditandai dengan hifa semakin mengecil dan berbentuk runcing sehingga percabangan hifa ke dalam korteks bagian tengah dan dalam akar memanjang membentuk kolonisasi sehingga terjadi asosiasi mutualistik antara fungi dan tanaman.

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1. Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca dan Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai November 2022 sampai dengan Mei 2023.

#### 3.2. Bahan dan Alat

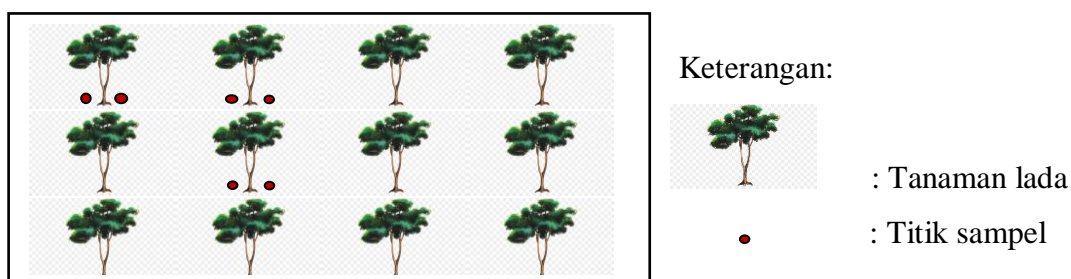
Bahan-bahan yang digunakan adalah sampel tanah *rhizosfer* tanaman lada, benih tanaman inang (jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica*), zeolit, pasir, aquades, larutan klorok, larutan PVLG, KOH, HCl, *trypan blue*, larutan *Melzer*, pupuk urea, dan pupuk NPK.

Alat-alat yang digunakan adalah *polybag* berukuran 14 x 20 cm, timbangan, bor tanah, baskom, centong, spidol, *handphone*, mikroskop stereo dan majemuk, *petri dish*, alat pengaduk, kaca preparat, pinset spora, pinset scalpel, gelas arloji, gelas piala, gelas ukur, pipet tetes, *waterbath*, saringan spora, plastik sampel, kertas label, dan alat tulis.



### 3.3. Pengambilan Sampel Tanah

Sampel tanah diambil dari rizosfir tanaman lada polikultur dengan kopi (Pekon Sindang Pagar) dan monokultur (Pekon Talang Jaya) dengan teknik *purposive sampling*. Pada pola tanam polikultur, tanaman lada varietas Jambi ditanam secara bersamaan dengan tanaman kopi varietas Ciari, sedangkan untuk tanaman lada monokultur hanya menanam tanaman lada varietas Kerinci dengan tegakan pembayang. setiap kebun ditentukan 7 titik sampel. Setiap titik sampel terdapat 3 tanaman lada dan di setiap tanaman, sampel tanah diambil dari 2 lubang yang berbeda (Gambar 7). Sampel tanah diambil sedalam 20 cm menggunakan bor tanah. Sampel tanah kemudian dicampur menjadi satu mewakili satu titik sampel dan dimasukkan ke dalam plastik serta diberi label. Total sampel tanah keseluruhan adalah 14 sampel yang berasal dari 2 kebun (kebun monokultur dan polikultur) dan 7 titik sampel per kebun, dengan berat masing-masing kurang lebih 2,5 kg. Sampel tanah yang sudah diambil digunakan untuk menghitung populasi FMA dan pelaksanaan kultur traping untuk menentukan keperluan menentukan keragaman jenis FMA.



Gambar 7. Ilustrasi Pengambilan Sampel Tanah pada Satu Titik Sampel yang Terdiri dari 3 Tanaman Lada.

### 3.4. Penghitungan Populasi Spora FMA di dalam Sampel Tanah

Penghitungan populasi spora FMA di dalam sampel tanah dari kebun dilakukan dengan cara menyaring spora yang ada di dalam sampel tanah dengan metode penyaringan basah, dan spora yang sudah diisolasi dihitung dengan bantuan mikroskop stereo. Data yang didapatkan kemudian diuji dengan menggunakan uji

T untuk mengetahui apakah ada perbedaan yang signifikan antara data jumlah spora FMA dari masing-masing sampel tanah.

### **3.5. Kultur Traping**

Keberagaman FMA yang ada di dalam tanah dapat diketahui dengan cara metode kultur trapping. Kultur trapping dilakukan dengan tujuan untuk memperbanyak populasi spora mikoriza yang terdapat di dalam sampel tanah dengan menggunakan 3 jenis tanaman inang yaitu jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica*. Melalui kultur trapping akan didapatkan spora yang berhasil diperbanyak di sampel tanah dalam keadaan segar dan masih terdapat ornamen spora, sehingga akan memudahkan proses identifikasi. Kelebihan kultur trapping adalah spora-spora yang belum muncul di dalam sampel tetapi ada hifa maka dalam kultur trapping bisa muncul karena hifa akan menginfeksi tanaman inang dan akan menghasilkan spora yang baru. Kultur trapping dilakukan dengan cara mengompositkan sampel tanah dari masing-masing kebun.

#### **3.5.1 Metode Penelitian untuk Kultur Traping**

Pelaksanaan kultur trapping menggunakan rancangan faktorial (2x3) dengan faktor pertama asal sampel tanah (K) yang terdiri dari sampel tanah dari kebun polikultur ( $k_1$ ) dan monokultur ( $k_2$ ). Faktor kedua adalah jenis tanaman inang (T) yang terdiri dari jagung ( $t_1$ ), sorgum ( $t_2$ ), dan *P. javanica* ( $t_3$ ). Setiap perlakuan diulang sebanyak 8 kali. Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap. Tata letak percobaan di rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 8. Data yang dihasilkan diuji homogenitasnya dengan Uji Bartlett, selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji BNT pada taraf 5%.

k1t2u5	k2t3u6	k1t2u1	k2t2u5	k1t2u3	k1t2u4	k2t2u2	k1t3u3
k1t2u7	k1t2u6	k1t1u8	k2t3u8	k2t3u2	k1t1u2	k2t2u3	k1t1u2
k2t3u3	k2t1u1	k1t3u5	k1t3u6	k1t3u1	k2t2u4	k2t3u4	k2t1u6
k1t3u2	k2t1u8	k1t3u7	k2t1u3	k1t1u4	k1t2u8	k2t2u8	k2t3u1
k2t1u7	k2t1u4	k2t2u7	k1t1u1	k1t1u6	k2t1u5	k1t1u5	k2t2u1
k1t2u2	k2t1u3	k2t3u7	k2t2u6	k2t1u2	k2t3u5	k1t3u4	k1t3u8

Keterangan:

- $u_i$  : Ulangan ke-  $i$   
 $k_1$  : Sampel tanah kebun polikultur  
 $k_2$  : Sampel tanah kebun monokultur  
 $t_1$  : Tanaman jagung  
 $t_2$  : Tanaman sorgum  
 $t_3$  : Tanaman *Pueraria javanica*

Gambar 8. Tata Letak Percobaan di Rumah Kaca.

### 3.5.2 Persiapan Media Tanam untuk Kultur Traping

Media tanam yang digunakan adalah pasir, zeolit, dan sampel tanah dari kebun lada yang sudah dikompositkan. Pasir disterilisasi sebanyak 2 kali pada suhu 120°C dan tekanan 1 atm selama 60 menit, kemudian dicuci dengan air mengalir sebanyak 6 kali bilasan. Zeolit yang akan digunakan sebagai media tanam dicuci terlebih dahulu dengan air mengalir sebanyak 5 kali bilasan. Media tanam yang digunakan adalah campuran pasir dan zeolit dengan perbandingan 2:1 (volume : volume). Pasir dan zeolit dicampur dan diaduk sampai homogen, kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* berukuran 14 x 20 cm sebanyak  $\pm$  700 gram.

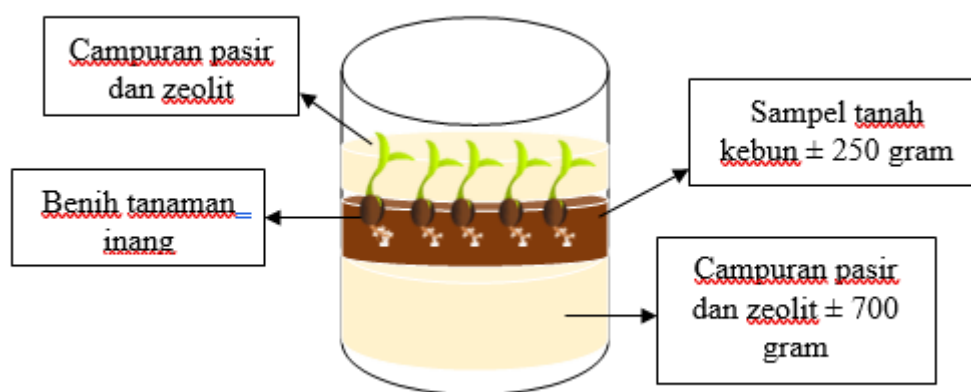
### 3.5.3 Persiapan Benih Tanaman Inang untuk Kultur Traping

Tanaman inang yang digunakan ialah jagung, sorgum, dan *P. javanica*. Sebelum benih ditanam, benih direndam terlebih dahulu dengan larutan klorok 10% selama 15 menit dengan tujuan untuk mensterilisasi benih dan untuk benih *Pueraria javanica* harus dilakukan pengamplasan, kemudian dibilas dengan air dan

direndam dalam aquades semalaman. Kemudian, benih disemai dengan cara diletakkan di atas kertas merang yang telah dibasahi dan disimpan dalam suhu ruang selama 3 hari dengan kelembaban yang terjaga.

### 3.5.4 Penanaman

Sebelum penanaman, sampel tanah yang telah diambil di lapang dikompositkan dengan cara mencampurkan semua sampel tanah (7 sampel) dari masing-masing kebun dengan berat masing-masing sampel tanah  $\pm 1$  kg sehingga didapat  $\pm 7$  kg sampel tanah dari setiap kebun. Sampel tanah yang telah dikompositkan sebanyak  $\pm 250$  gram dimasukkan ke dalam *polybag* yang sudah berisi 700 gram campuran pasir dan zeolit. Benih tanaman inang sesuai dengan perlakuan (jagung, sorgum, dan *P. javanica*) yang telah disemai, ditanam di atas sampel tanah sebanyak 5 kecambah/*polybag* dan ditutup kembali dengan media pasir dan zeolit (Gambar 9).



Gambar 9. Ilustrasi Penanaman Kultur Traping.

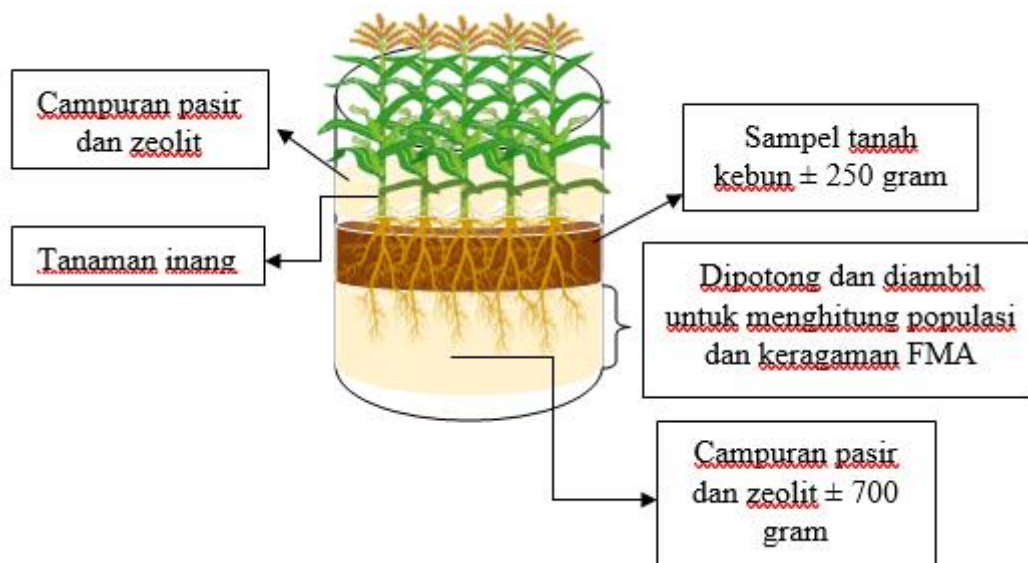
### 3.5.5 Pemeliharaan Tanaman

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 dan NPK. Pupuk Urea diaplikasikan setiap seminggu 2x pada saat umur tanaman 2 minggu sampai

dengan 6 minggu dengan konsentrasi 2 g/L dan dosis 20 ml/*polybag*, sedangkan pupuk NPK diaplikasikan saat tanaman berusia 6 minggu dengan dosis 0,3 g/*polybag*. Penyiraman dilakukan setiap hari, namun 2 minggu sebelum panen tidak dilakukan penyiraman dan dibiarkan kering. Penyiangan gulma dilakukan dengan cara mencabut gulma yang tumbuh di dalam *polybag*. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan cara menangkap dan mematakannya. Pemotongan bunga dilakukan dengan menggunakan gunting.

### **3.5.6 Pemanenan**

Pemanenan dilakukan saat tanaman inang jagung dan sorgum berusia 3 bulan, sedangkan tanaman inang *P. javanica* berusia 4 bulan setelah tanam. Pemanenan dilakukan dengan cara tidak melakukan penyiraman selama 2 minggu dan media tanaman dalam kondisi kering. Hal ini bertujuan untuk merangsang pembentukan spora. Batang tanaman inang dipotong  $\pm 1$  cm dari permukaan media tanam, kemudian *polybag* dipotong dengan tujuan memisahkan media tanam bagian atas dan bagian bawah. Media tanam bagian bawah digunakan untuk menghitung jumlah populasi dan keragaman FMA (Gambar 10). Spora FMA yang dihasilkan dari akar tanaman inang diisolasi dengan teknik penyaringan basah dan dihitung secara manual dengan menggunakan *counter* dan selanjutnya diidentifikasi. Identifikasi spora tersebut dilakukan dengan mengamati warna, ukuran, bentuk, dan ada atau tidaknya ornament.



Gambar 10. Ilustrasi Proses Panen Kultur Trapping Tanaman Jagung, Sorgum, dan *P. javanica*.

### 3.6 Variabel Pengamatan

Variabel yang diamati pada penelitian ini adalah jumlah spora per 50 gram sampel media tanam, keragaman FMA pada masing-masing sampel tanah yang digunakan, dan kolonisasi akar.

#### 3.6.1 Kolonisasi Akar

Pengamatan kolonisasi akar dilakukan dengan cara memisahkan akar yang kecil dengan akar yang besar. Akar yang berukuran kecil dimasukkan ke dalam botol film kemudian dicuci dengan air mengalir. Akar yang sudah dicuci kemudian diberi larutan KOH 10% dengan tujuan untuk membersihkan akar dari sitoplasma, kemudian dimasukkan ke dalam *waterbath* bersuhu 70°C selama 15 menit.

Apabila akar masih kotor, maka diulangi proses tersebut sampai akar terlihat sudah bersih. Akar yang sudah bersih diberi larutan HCl 1N dan dimasukkan ke dalam *waterbath* bersuhu 70°C selama 15 menit, selanjutnya dibilas dengan air mengalir dan diberi larutan *trypan blue* 0,05%. *Trypan blue* 0,05% dibuat dengan cara melarutkan 0,5 gram *trypan blue* yang diberi sedikit air destilasi, kemudian

dimasukkan 450ml gliserol, 50ml HCl 1%, dan ditambahkan air destilasi sampai volume 1L. Akar yang sudah direndam dengan larutan *trypan blue* dimasukkan ke dalam *waterbath* bersuhu 70°C selama 5 menit. Secara acak, diambil potongan-potongan akar yang telah diberi *trypan blue* dengan panjang  $\pm 1$  cm sebanyak 15 potongan akar dan disusun pada kaca preparat. Potongan-potongan akar tersebut diamati untuk setiap bidang pandang. Apabila bidang pandang terdapat tanda-tanda kolonisasi seperti hifa, vesikel, arbuskula maka diberi tanda positif (+), sedangkan apabila tidak terdapat tanda-tanda kolonisasi maka diberi tanda negatif (-). Persentase kolonisasi akar dihitung dengan menggunakan rumus:

$$\% \text{ kolonisasi} = \frac{\text{total bidang pandang kolonisasi (+)}}{\text{seluruh bidang pandang}} \times 100\%$$

### 3.6.2 Teknik Isolasi Spora dari Kultur Traping

Teknik isolasi spora dilakukan dengan menggunakan metode penyaringan basah. Isolasi spora FMA diawali dengan menimbang sampel sebanyak 100 gram untuk sampel tanah dari lapang dan 50 gram untuk sampel tanah dari kultur traping, kemudian dimasukkan ke gelas beaker 1.000 ml dan ditambah air 500 ml. Tanah tersebut diaduk sampai homogen selama  $\pm 1$  menit. Suspensi tersebut didiamkan selama  $\pm 10$  detik sampai partikel yang besar mengendap. Cairan supernatant dituang ke dalam saringan bertingkat yang memiliki diameter dengan susunan 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , dan 45  $\mu\text{m}$ . Prosedur tersebut diulang sebanyak 3-4 kali. Residu di masing-masing saringan dibilas dengan air kran untuk menjamin bahwa semua partikel yang kecil sudah terbawa. Residu di setiap saringan dituang ke *petri dish* untuk dihitung dan diamati spora yang ditemukan dengan bantuan mikroskop stereo dengan perbesaran 45x. Spora yang telah ditemukan kemudian dihitung secara manual dengan bantuan *counter*. Kemudian spora dari kultur traping dipindahkan ke cawan arloji untuk keperluan identifikasi jenis spora.

### 3.6.3 Identifikasi Keragaman FMA

Hasil kultur traping yang menggunakan tanaman inang jagung, sorgum, dan *P. javanica* dapat digunakan untuk mengetahui keragaman FMA. Spora FMA yang telah ditemukan dikelompokkan berdasarkan warna, bentuk, ukuran, dan ornament spora menggunakan pinset spora. Masing-masing spora ditempatkan di gelas arloji yang sudah diberi sedikit aquades berdasarkan karakteristiknya, dan dihitung jumlahnya. Kegiatan identifikasi spora FMA dilakukan berdasarkan warna, bentuk, ada atau tidaknya ornamen spora seperti *bulbose*, *saccule*, *germination shield*, dan *auxillary cells*, kemudian reaksi spora diuji dengan menggunakan larutan PVLG dan *Melzer* di bawah mikroskop stereo hingga perbesaran 45x. Larutan PVLG merupakan bahan perekat permanen yang tidak dapat merubah warna spora, terdiri dari *distilled water* 100 ml, *lactid acid* 100 ml, *glycerol* 10 ml, dan *polyvinyl alcohol* 16,6 g, sedangkan larutan *Melzer* merupakan bahan pereaksi penting yang digunakan untuk identifikasi karena memiliki kandungan lipid droplet yang akan memberikan reaksi yang berbeda pada genus FMA. Formula larutan *Melzer* terdiri dari *chloral hydrate* 100 g, *distilled water* 100 ml, *iodine* 1,5 g, dan *potassium iodine* 5 g. Indeks keragaman FMA dihitung dengan menggunakan rumus Shannon-Wiener.

Rumus perhitungan indeks keragaman sebagai berikut:

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

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Keterangan: H : Indeks Keragaman Shannon-Wiener  
 p<sub>i</sub> : Jumlah individu suatu spesies/jumlah total seluruh spesies  
 n<sub>i</sub> : Jumlah individu spesies ke-i  
 N : Jumlah total individu



### 3.6.4 Dominansi FMA

Dominansi FMA dilakukan untuk mengetahui persentase keberadaan masing-masing spesies FMA pada setiap sampel. Dominansi FMA dihitung menggunakan rumus dominansi Simpson.

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

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

## V. KESIMPULAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Populasi FMA pada sampel tanah rizosfir kebun lada polikultur lebih tinggi dibandingkan dengan populasi FMA pada sampel tanah rizosfir kebun lada monokultur.
2. Berdasarkan Indeks Keragaman Shannon-Wiener, keragaman FMA pada kedua rizosfir baik pada kebun lada polikultur maupun monokultur memiliki keragaman yang rendah.
3. Jenis FMA yang dominan dari hasil kultur traping dari sampel tanah baik kebun lada polikultur maupun monokultur didominasi dengan spora jenis S9 yang termasuk ke dalam genus *Acaulospora*.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh, maka penulis menyarankan untuk melakukan penelitian lanjutan yang terkait dengan perbanyakan jenis FMA yang telah ditemukan, kemudian diidentifikasi lebih lanjut menggunakan analisis PCR dan diuji efektivitasnya dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman lada.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, S., Musa, Y., dan Feranita. 2005. Perbanyak cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada berbagai varietas jagung (*Zea mays* L.) dan pemanfaatannya pada dua varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi* 5: 12-20.
- Akib, M.A., Mustari, K., Kuswinanti, T., Syaiful, S.A., Dangnga, M.S., dan Nuddin, A. 2019. Growth analysis of jack bean inoculated with *Acaulospora* sp. in nickel-contaminated soil. *International Journal of Current Research in Biosciences and Plant Biology*. 6(3): 15 –22.
- Akib, M.A., Nuddin, A., Prayudyaningsih, R., Kuswinanti, T., Syaiful, S.A., dan Antonius, S. 2022. Keragaman fungi mikoriza arbuskula pada pola tanam *Piper nigrum* yang berbeda di areal sekitar lahan tambang nikel. *Jurnal Biologi Indonesia*. 18(2): 183-192.
- Anas, I. 1997. *Bioteknologi Tanah*. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Tanah. Fakultas Pertanian. IPB.
- Ansiga, R.E., Rumambi, A., Kaligis, D. A., Mansur, I., dan Kaunang, W. 2017. Eksplorasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada Rizosfir Hijauan Pakan. *Zootec*. 37(1): 167-178.
- Aryanto, A.T., Karti, P.D., dan Prihantoro, I. 2018. Evaluasi produksi dan kualitas inokulum fungi mikoriza arbuskula yang diproduksi dengan teknik hidroponik pada rumput *Brachiaria decumbens* var. mullato. *Jurnal Ilmu Nutrisi dan Teknologi Pakan*. 16(2): 10.
- Baptista, P., Tavares, R.M., dan Neto, T.I. 2011. Signaling in ectomycorrhizal symbiosis establishment. In: Rai, M. and Varma, A. (eds), *Diversity and Biotechnology of Ectomycorrhizae*. Portugal (PT). Springer.

- BBPPTP [Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian]. 2008. <http://lampung.litbang.pertanian.go.id/eng/images/stories/publikasi/1ada.pdf>. Diakses 30 Oktober 2022.
- Begum, N., Qin, C., Ahanger, M.A., Raza, S., Khan, M.I., Ashraf, M., Ahmeed, N., dan Zhang, L. 2019. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in plant growth regulation: implications in abiotic stress tolerance. *Front Plant Sci.* 10: 1-15.
- Bertham, Y.H. 2006. *Pemanfaatan FMA dan Bradyrhizobium dalam Meningkatkan Produktivitas Kedelai pada Sistem Agroforestri Kayu Bawang (Scorodocarpus borneensis) di ultisol*. [Disertasi] Bogor. Sekolah Pascasarjana IPB.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., dan Malajczuk, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Canberra (AU): Australian Centre for Internasional Agriculture Research.
- Cavagnaro, T.R. 2008. The role of arbuscular mycorrhizas in improving plant zinc nutrition under low soil zinc concentrations. A review. *Plant Soil* 304: 315-325.
- Delvian. 2006. *Dinamika sporulasi cendawan mikoriza arbuskula* [Karya Tulis]. Medan (ID): Universitas Sumatera Utara.
- Departemen Pertanian. 1990. *Teknologi budidaya sorgum*. Jayapura (ID): Balai Informasi Pertanian Irian Jaya.
- Dewi, N.S., Wirawan, G.P., dan Sritamin, M. 2014. Identifikasi mikoriza arbuskula secara mikroskopis pada rizhosfer beberapa jenis rumput-rumputan dan tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 3(4): 259-268.
- Dinas Tanaman Pangan, Hortikultura dan Perkebunan. 2021. *Kegiatan Pemeliharaan Kebun Induk Lada Kabupaten Enrekang*. <https://distphbun.sulselprov.go.id>. Diakses pada tanggal 19 Agustus 2023.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2010. *Statistik Perkebunan Indonesia "lada"*. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2021. *Statistik Perkebunan Indonesia "Lada"*. Kementerian Pertanian. Jakarta.

- Evizal, R. 2023. *Pengelolaan Perkebunan Lada*. Pusaka Media. Bandar Lampung. 104-112.
- Fiqa, A.P. 2010. *Tanaman Koleksi Kebun Raya Purwodadi dalam Upaya Menghasilkan Kompos Berkualitas Tinggi*. UPT BKT Kebun Raya Purwodadi-LIPI.
- Gaur, A., dan Adholeya, A. 2000. Effects of the particle size of soil-less substrates upon AM fungus inoculum production. *Mycorrhiza*. 10(1): 43-48.
- Ginting, R. Caraswati, B.R. dan Husen, E. 2006. *Mikroorganisme Pelarut Posfat (Buku) Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Penelitian Tanah. 265-271.
- Giovannini, L., Palla, M., Agnolucci, M., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., dan Giovannetti, M. 2020. *Arbuscular Mycorrhizal Fungi and Associated Microbiota as Plant Biostimulants: Research Strategies for the Selection of the Best Performing Inocula*. *Agronomy*. 10(1): 1-14.
- Goltapeh, E.M, Danesh, Y.Z, Prasad, R., dan Varma, A. 2013. *Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know?*. In : Varma A, editor. *Mycorrhiza: State of the Art, Genetics and Molecular Biology, EcoFunction, Biotechnology, Eco-Physiology, Structure and Systematics*. India (IN). Springer.
- Gunawan, A.W. 1999. *Teknik pembuatan kultur cendawan mikoriza arbuskula. Makalah workshop mikoriza "aplikasi cendawan mikoriza pada tanaman pertanian, perkebunan dan kehutanan"*. Asosiasi Mikoriza Indonesia. Bogor.
- Guzman, A., Montes, M., Hutchins, L., Delacerda, G., Yang, P., Kakouridis, A., Dahlquist-willard, R.M., Firestone, M.K., Bowles, T., dan Kremen, C. 2021. *Crop diversity enriches arbuscular mycorrhizal fungal communities in an intensive agricultural landscape*. 447–459. *New Phytologist*. 231,1.
- Hetrick, B.A.D. 1984. *Ecology of vesicular arbuscular Micorrhiza Fungi*; Powel CL & Bagyaraj DJ. (Eds). *Vesicular-Arbuscular Micorrhiza*. CRC.Pres. Inc. Boca Raton. Florida. Hal. 6-33.
- Indriana, K.R., Suherman, C., Rosniawaty, S., dan Sumadi. 2020. Response of growth of combination plants of fence distance cultivar with the best mycorrhizal dosage and cytokinin concentration in medium land. *Jurnal Agroekotek*. 2(1): 38–47.

- INVAM. 2012. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Classification. Diakses Desember 7, 2022. <http://invam.wvu.edu/the-fungi/classification>.
- INVAM. 2013. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Diakses melalui <http://invam.caf.wvu.edu/fungi/taxonomy/classification.htm> pada tanggal 17 Oktober 2022.
- INVAM. 2017. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. Diakses melalui [http://invam.caf.wvu.edu/Myco-info/Taxonomy/species descriptions](http://invam.caf.wvu.edu/Myco-info/Taxonomy/species%20descriptions) pada tanggal 1 Agustus 2023.
- Kakarala, M., Brenner, D.E, Korkaya, H., Cheng, C., Tazi, K., Ginestier, C., Liu, S., Dontu, G., dan Wicha, M.S. 2010. *Targeting breast stem cells with the cancer preventive compounds curcumin and piperine*. *Breast Cancer Research and Treatment*. 122(3): 777-785.
- Kementerian Pertanian. 2013. Mengenal jenis-jenis varietas lada. Dalam website: [http://ditjenbun.pertanian.go.id/tanregar/berita-230-mengenaljenisjenis—varietas-lada.html](http://ditjenbun.pertanian.go.id/tanregar/berita-230-mengenaljenisjenis-varietas-lada.html). Diakses pada tanggal 30 Oktober 2022.
- Khan, A.G. 2005. Role of soil microbes in rhizospheres of plants growing on trace metal contaminated soils in phytoremediation. *Journal of Trace Elements in Medicine and Biology*. 18(4): 355-364
- Manohara, D., Wahid, P., Wahyuno, D., Nuryani, Y., Mustika, I., Laba, I.W., Yuhono, A.M., Rivai dan Saefudin. 2006. *Status teknologi tanaman lada*. Prosiding Status Teknologi Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri, Parungkuda-Sukabumi.
- Matondang, A.M., Syafruddin, dan Jumini. 2020. Effect of mycorrhizal biofertilizer type and dosage against growth and yield of chili (*Capsicum annum* l.) on andisol soil valley in aceh besar. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 5(2): 101-110.
- Merry, P., dan Anne, N. 2010. Infektivitas inokulasi *Glomus* sp. dan *Gigaspora* sp. pada berbagai komposisi media zeolit sekam bakar dan pengaruh terhadap pertumbuhan sorgum (*Sorgum bicolor*). *J. Agrikultura*. 21(1): 39-45.
- Mishra, R.K., dan Singh, S.K. 2009. Antispermatic and Antifertility Effects of Fruits of *Piper nigrum* L. in mice. *Indian Journal of Experimental Biology* 47(9): 706-714.

- Moreira, Dilmar, dan Tsai, S.M. 2007. Biodiversity dan distribution of arbuscular mycorrhizal fungi in araucaria angustifolia forest. *Journal agriculture*. 64: 393-399.
- Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskular untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian Sumatera Utara*. 29(4):154-158.
- Mustaqimah, N.M., Nurhatika, S., dan Muhibbudin, A. 2019. Pengaruh waktu inokulasi mikoriza arbuskular pada campuran media tanam amb-07 dan pasir pantai terhadap pertumbuhan dan karbohidrat padi (*Oryza sativa* L.) var. Inpari 13. *Jurnal Sains dan Seni*. 8(2): 49–56.
- Nurbaity, A., Herdiyantoro, D., dan Setiawan, A. 2007. *Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Bahan Organik untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Jagung terhadap Kekeringan di Kabupaten Bandung*. Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia ke VI.
- Nurhandayani R., Linda, R., dan Khotimah, S. 2013. Pengaruh berbagai jenis tanaman inang dan beberapa jenis sumber inokulum terhadap infektivitas dan efektivitas mikoriza. *J. Agrista* 16(2):80-86.
- Nurhayati. 2012. Infektivitas mikoriza pada berbagai jenis tanaman inang dan beberapa jenis sumber inokulum. *Jurnal Floratek* 7:25-31.
- Nusantara, A.P., Bertham, Y.H., dan Mansur, I. 2012. *Bekerja dengan Mikoriza*. IPB Press. Bogor.
- Nurmasyitah, dan Khairuna. 2017. Aplikasi pupuk NPK dan fungi mikoriza arbuskula (FMA) terhadap p-tersedia tanah, serapan p, dan pertumbuhan bibit lada lokal Aceh pada media tanah inceptisols. *Jurnal Floratek*. 12(2):62-74.
- Parhusip, A.J.N. 2006. *Kajian mekanisme antibakteri ekstrak andaliman (Zanthoxylum acanthopodium dc) terhadap bakteri patogen pangan*. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Peterson, R.L., Massicotte, H.B., dan Melville, L.H. 2004. *Mycorrhizas: anatomy and cell biology*. CABI Publ. Wallingford, Oxon, UK. 173 p.
- Plantamor. 2016. Klasifikasi Tanaman Lada. <https://www.plantamor.com>. Diakses pada tanggal 7 September 2023.

- Prasetya, C.A.B. 2011. Assesment of the effect of long term village on the arbuscular mycorrhiza colonization of vegetable crop grown in andisol. *Jornal Agrivita*. 33(1): 85-92.
- Prasmatiwi, F.E., dan Evizal, R. 2020. Keragaan dan produktivitas kebun lada tumpangsari kopi di Lampung Utara. *Jurnal Agrotropika*. 19(2): 110-117.
- Pulungan, A.S. 2013. Infeksi fungi mikoriza infeksi fungi mikoriza arbuskula pada akar tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L). *Jurnal Biosains Unimed* 1(1): 43- 46.
- Puspitasari, D., Purwani, K.I., dan Muhibbudin, A. 2012. Eksplorasi *vesicular arbuscular myzhorriza* (VAM) indigenos pada lahan jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1:19-22.
- Ratnawati, L., Yusnaini, S., Utomo, M., dan Niswati, A. 2016. Pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap jumlah spora mikoriza vesikular arbuscular dan infeksi akar tanaman padi gogo varietas INPAGO-8 pada musim tanam ke-46. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4(2): 164-171.
- Redecker, D., dan Raab, P. (2006). Phylogeny of the glomeromycota (arbuscular mycorrhizal fungi): recent developments and new gene markers. *Mycologia*. 98(6): 885-895.
- Rini, M.V. dan Rozalinda, V. 2010. Pengaruh tanaman inang dan media tanam pada produksi fungi mikoriza arbuskular. *Jurnal Agrotropika*. 15 (1): 37-43.
- Rini, M. V., Jamal, T., Idris, Z.A., dan Azizah, H. 2000. Effect of arbuscular mycorrhiza fungi colonization on growth and physiological responses of grafted cocoa under field condition. *Malaysian Journal of Soil Science* 4: 67—78.
- Rini, M.V., Susilowati, E., dan Riniarti, M. 2020. Application of glomus sp. and mix of *Glomus* sp with *Gigaspora* sp. Improved agarwood (*Aquillaria malaccensis* lamk.) Seedling growth in ultisol soil. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 449012004.
- Sancayaningsih, R.P. 2005. *The effects of single and dual inoculations of arbuscular mycorrhizal fungi on plant growth and the EST and MDH isozyme profiles of maize roots (Zea mays L) grown on limited growth media*. Disertasi UGM. Yogyakarta.
- Sanjaya , R., Dhalika, T., dan Hidayat, R. 2020. Pengaruh substitusi aditif molase



- dengan lumpur kecap pada ensilase tanaman jagung terhadap pencernaan bahan kering dan bahan organik ransum domba garut jantan. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis dan Ilmu Pakan*. 2(4): 207-216.
- Sartika, G.F. 2018. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) di bawah Tegakan Cemara Laut (Casuarina equisetifolia) pada Beberapa Kedalaman Tanah*. Skripsi. Fakultas Kehutanan. Universitas Sumatera Utara.
- Sasli, I., dan Ruliansyah, A. 2012. Pemanfaatan mikoriza arbuskula spesifik lokasi untuk efisiensi pemupukan pada tanaman jagung di lahan gambut tropis. *Agrovigor Jurnal Agroekoteknologi*. 5(2): 65-74.
- Sastrahidayat, I.R. 2010. *Rekayasa Pupuk Hayati Mikoriza dalam Meningkatkan Produksi Pertanian*. Universitas Brawijaya Press (UB Press), Malang.
- Schubler, A., Schwarzott, D., dan Walker, C. 2001. A new fungal phylum, the glomeromycota phylogeny and evolution. *Mychological Research*. 105(12): 1413-1421.
- Schubler, A., dan Walker, C. 2010. *The Glomeromycota. A Species List with New Families and New Genera*. Kew: The Royal Botanic Garden Kew.
- Sianturi, R.P., Delvian, dan Elfiati, D. 2014. *Keanekaragaman Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Beberapa Tegakan di Areal Arboretum Univeristas Sumatera Utara*. Program Studi Kehutanan Fakultas Pertanian Univeritas Sumatera Utara.
- Simanungkalit, R.D.M. 2004. *Teknologi Cendawan Mikoriza Arbuskular: Produksi Inokulan dan Pengawasan Mutunya*. Prosiding Seminar Mikoriza Teknologi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan. Universitas Padjadjaran, Bandung. Hal 103-110.
- Smith, S.E., dan Read, D., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. Academic Press, Elsevier. New York.
- Smith, S.E., dan Read, D., 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third Edition. Academic Press, London.
- Soermatiningsih, M., Rauf, dan Buntan, A. 2015. Efektifitas Cendawan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) pada Beberapa Isolat dan Perbedaan Jumlah Spora terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Risalah Penelitian Jagung dan Serealia Lain* 3:35- 44.

- Sofyan, A. 2005. Perbanyak cendawan mikoriza arbuskular (cma) pada berbagai varietas jagung (*Zea mays* L.) dan pemanfaatannya pada dua varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Sains dan Teknologi*. 5: 12-20.
- Spedding, T.A., Hamel, C., Mehuys, G.R., dan Madramootoo, C.A. 2004. Soil Microbial Dynamics in Maize-growing Soil Under Different Tillage and Residue Management Systems. *Soil Biology Biochemistry* 36: 499-512.
- Suharno dan Santosa. 2005. Pertumbuhan tanaman kedelai [*Glycine max* (L.) Merr] yang diinokulasi jamur mikoriza, legin dan penambahan seresah daun matoa (*Pometia pinnata* Forst) pada tanah berkapur. *Sains dan Sibernatika*. 18(3):367–378.
- Suharno, Tanjung, R.H.R., Agustini, V., dan Sufaati, S. 2015. Keragaman fungi mikoriza arbuskula pada tumbuhan pokem (*Setaria italica* (L.) Beauv.) dengan metode traping. *Jurnal Biologi Papua*. 7(2): 68-77.
- Syibli, 2008. *Ilmu kesuburan tanah*. Kanisius, Yogyakarta.
- Tjitrosoepomo, G. 1994. *Morfologi tumbuhan*. Gajah Mada. University Press. Yogyakarta. Hal 25-26.
- Triyono, A., Purwanto, dan Budiyo. 2013. *Efisiensi penggunaan pupuk N untuk mengurangi kehilangan nitrat pada lahan pertanian*. Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan Sumber Daya Alam dan Lingkungan. Program Magister Ilmu Lingkungan, Universitas Diponegoro, Semarang.
- Tuheteru, F.D. 2003. *Aplikasi asam humat terhadap sporulasi CMA dari bawah tegakan alami Sengon*. [Skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Ulfa, M., Agus, K., Sumardi, S., dan Irnayuli. 2011. Populasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) lokal pada lahan pasca tambang batubara. *Jurnal Penelitian Hutan dan Konservasi Alam*. 8(3) 301-309.
- Wangiyana, et al., 2011. Fungi Mikoriza.  
<http://rudycr.tripo.com/sem2012/igmsubiksa>. h m.Access: Diakses pada tanggal 30 Oktober 2022.
- Widiatma, P.S., Wirawan, I.G.P., dan Susrama, I.G.K. 2015. Identifikasi mikoriza vesicular arbuscular (MVA) pada rhizosfer tanaman ubi jalar (*Ipomoea batatas* L.) dan ubi kaya (*Manihot esculenta* Crantz) serta perbanyakannya dengan media zeolit. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(4):253-263.

- Winata, M.P., dan Zainul, A.B. 2020. The effect of giving tobacco biochar and mycorrhiza to the productivity of tobacco (*Nicotiana tobaccum*) besuki naogst. *Jurnal Pertanian*. 3(2): 7-15.
- Wiwin, F., Melya, R., dan Surnayanti. 2017. Penggunaan berbagai media tanam dan inokulasi spora untuk meningkatkan kolonisasi ektomikoriza dan pertumbuhan. *J. Sylva Lestari*. 5(3): 87-94.
- Xu, X., Chen, C., Zhang, Z., Sun, Z., Chen, Y., Jiang, J., dan Shen, Z. 2017. The influence of environmental factors on communities of arbuscular mycorrhizal fungi associated with *Chenopodium ambrosioides* revealed by Miseq sequencing investigation. *Scientific Report*. 7, 45134. Nature Publishing Group.
- Yanti, dan Aba, L. 2023. The influence micorhyza arbuscular indigenous to growth pepper plant (*Pipper nigrum* L.). *Jurnal Biologi Tropis*. 23(3):600-606.
- Yassen, E.I., Burni T., dan Hussain F. 2011. Effect of arbuscular mycorrhizal inoculation on nutrient uptake, growth and productivity of cowpea (*Vigna unguiculata*) varieties. *African Journal of Biotechnology*. 10 (43): 8593-8598.
- Yuwati, T.W., Putri, W.S., dan Badruzsaufari. 2020. Comparison of arbuscular mycorrhizal spores abundance under sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) barneby & grimes) planted on deep peat and mineral soils. *Journal of Tropical Peatland*. 10(2): 1–8.
- Yuwati, T.W. 2021. Enhancing sengon seedling's growth by using indigenous arbuscular mycorrhiza from tropical peatland. *Jurnal Galam*. 1(2): 93-107.
- Zuhry, E. dan Puspita, F. 2008. *Pemberian Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) pada Tanah Podsolik Merah Kuning Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kedelai (Glycine max (L) Merrill*. Sagu 7(2):25-29.