

**STUDI POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA  
ARBUSKULAR PADA RIZOSFER TANAMAN KOPI  
ROBUSTA (*Coffea canephora* Pierre Ex Frochner)  
DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Skripsi

Oleh

RUMIATUN  
NPM 1914161008



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## **ABSTRAK**

### **STUDI POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFER TANAMAN KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora* Pierre Ex Frochner ) DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

**Oleh**

**Rumiatusun**

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan jamur yang bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman yang tumbuh secara alami di dalam tanah. Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki populasi dan keragaman yang berbeda di setiap tempat. Lampung Barat merupakan sentra produksi tanaman kopi terbesar di Lampung. Populasi dan keragaman FMA dipengaruhi oleh faktor biotik, abiotik dan cara budidaya. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui populasi dan keragaman FMA pada rizosfer kopi robusta di Kabupaten Lampung Barat Provinsi Lampung. Isolasi spora menggunakan metode pengayakan basah. Keragaman FMA ditentukan dengan menggunakan metode kultur trapping tanaman inang jagung, sorgum, dan *Pueraria javanica*. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa jumlah spora di kebun kopi campuran lebih tinggi yaitu 107,71/50 g tanah, sedangkan di kebun kopi monokultur jumlah spora yang didapat yaitu 61,29/50 g tanah. Dari hasil kultur trapping didapatkan lima jenis spora di kebun kopi campuran dan lima jenis spora di kebun kopi monokultur, yang paling mendominasi adalah FMA jenis S1. Keragaman FMA di kedua kebun tersebut tergolong rendah dengan indeks Shannon-Wiener di bawah 1.

Kata kunci: FMA, keragaman, kopi, dan populasi.

**STUDI POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA  
ARBUSKULAR PADA RIZOSFER TANAMAN KOPI  
ROBUSTA (*Coffea canephora* Pierre Ex Frochner)  
DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Oleh

**RUMIATUN**

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk mencapai gelar  
**SARJANA PERTANIAN**

Pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

Judul Skripsi

: **STUDI POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFER TANAMAN KOPI ROBUSTA (*Coffea Canephora* Pierre Ex Frochner) DI KABUPATEN LAMPUNG BARAT**

Nama Mahasiswa

: **Rumiaturun**

Nomor Pokok Mahasiswa

: **1914161008**

Program Studi

: **Agronomi**

Fakultas

: **Pertanian**



Pembimbing Pertama

Pembimbing Kedua

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

**Fitri Yelli, SP., M.Si., Ph.D.**  
**NIP 197905152008122005**

**2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura**

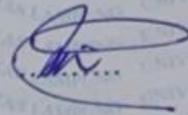
**Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.**  
**NIP 196110211985031002**

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

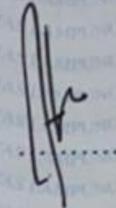
**Ketua**

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



**Sekretaris**

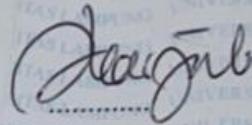
**: Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**NIP.196411181989021002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 17 Januari 2024**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“STUDI POPULASI DAN KERAGAMAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA RIZOSFER TANAMAN KOPI ROBUSTA (*Coffea canephora* Pierre Ex Frochner) 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, 17 Januari 2024  
Penulis



Rumiatusun  
1914161008

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Jati Baru pada tanggal 2 November 2001 dari pasangan Bapak Sadiran dan Ibu Painem. Penulis mengawali pendidikan formal di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Jati Indah dan lulus pada tahun 2013. Kemudian melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Tanjung Bintang dan lulus pada tahun 2016. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Tanjung Bintang dan lulus pada tahun 2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Tahun 2019 melalui Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Selama menempuh pendidikan di kampus, penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik penulis adalah menjadi asisten dosen mata kuliah Fisiologi Tumbuhan, Biologi, dan Produksi Tanaman Perkebunan. Sedangkan kegiatan non akademik sebagai Bendahara Bidang Media Komunikasi dan Informasi HIMAGRHO periode 2022 dan terlibat aktif di dalam kepanitian acara kampus.

Sebagai bentuk pengabdian kepada masyarakat, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Legundi Kecamatan Ketapang Lampung Selatan pada bulan Desember-Januari 2022. Kemudian dilanjutkan melaksanakan Praktik Umum Pertanian di Dinas Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung pada bulan Juli-Agustus 2022.

*Bismillahirrohmanirrohim*

Dengan penuh rasa syukur dan bangga kupersembahkan hasil karya dari perjuangan dan kerja keras ku

Kepada

Ayahanda tercinta Sadiran dan Ibunda tercinta Painem yang telah memberikan doa, perhatian, dan dukungan serta kasih sayang yang tidak ternilai sampai saat ini.

Sahabat dan teman-teman yang selalu memberikan dukungan dan pengalaman berharga.

Karya ini juga ku persembahkan untuk Almamater tercinta Universitas Lampung

## SANWACANA

*Bisimillahirrahmanirrahim,*

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat 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 ini banyak pihak yang terlibat memberikan bantuan dan nasehat. Oleh karena itu, penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., 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. Ibu Fitri Yelli, S.P., M.Si., Ph.D., 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; Bapak Ir. Dad Resiworo J. Sembodo, M.S., selaku Dosen Pembimbing Akademik, atas bimbingan, nasehat, serta motivasi selama masa studi di Universitas Lampung.

6. Seluruh Dosen mata kuliah Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas semua ilmu, didikan, dan bimbingan yang penulis peroleh selama masa studi di Universitas Lampung.
7. Kedua orang tua penulis Bapak Sadiran dan Ibu Painem yang telah memberikan doa, semangat, motivasi, dari dulu hingga sekarang.
8. Bude Rub, Mb Janiasih, Bulek Sam, dan Mas Oni Suryono yang selalu memberikan dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini.
9. Sahabat-sahabat penulis Galuh Maylanda Pramudya, Rini Octavia, dan Wahyu Herdianti yang telah menjadi sahabat sejak menjadi mahasiswa baru hingga kini, yang selalu menyemangati, memberi dukungan dan menghibur.
10. Teman-teman seperjuangan Salwa Azzahra, Oktafia Sari, dan Daniel Kristianto, untuk kebersamaannya dalam pelaksanaan penelitian sampai dengan penulisan skripsi ini selesai.
11. Rekan-rekan KKN Desa Legundi, Kec. Ketapang, Kab. Lampung Selatan 2021 Chintya Irma Yanti, Kirana Zana Ziladi, Ergidona, Triska, Septian Nurhidayat, dan Yahya Umar yang telah memberi semangat dan menghibur.
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 berharap Allah SWT membalas segala kebaikan mereka dan semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi kita semua. Aamiin

Bandar Lampung, 13 januari 2024

Rumiatun

## DAFTAR ISI

	<b>Halaman</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xi</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xiv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xvi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
<b>1.1 Latar Belakang</b> .....	<b>1</b>
<b>1.2 Tujuan Penelitian</b> .....	<b>4</b>
<b>1.3 Landasan Teori</b> .....	<b>4</b>
<b>1.4 Kerangka Pemikiran</b> .....	<b>9</b>
<b>1.5 Hipotesis</b> .....	<b>12</b>
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>13</b>
<b>2.1 Tanaman Kopi</b> .....	<b>13</b>
<b>2.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kopi</b> .....	<b>13</b>
<b>2.3 Deskripsi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)</b> .....	<b>14</b>
<b>2.4 Jenis-Jenis FMA</b> .....	<b>15</b>
2.4.1 <i>Glomus</i> sp. ....	<b>16</b>
2.4.2 <i>Paraglomus</i> .....	<b>16</b>
2.4.3 <i>Gigaspora</i> .....	<b>17</b>
2.4.4 <i>Scutellospora</i> .....	<b>17</b>
2.4.5 <i>Acaulospora</i> .....	<b>18</b>
2.4.6 <i>Entrophospora</i> .....	<b>19</b>
2.4.7 <i>Archaespora</i> .....	<b>19</b>
2.4.8 <i>Funneliformis</i> .....	<b>20</b>
2.4.9 <i>Ambispora</i> .....	<b>20</b>

2.4.10 <i>Septoglomus</i> .....	20
2.4.11 <i>Dentiscutata</i> .....	21
2.4.12 <i>Rhizopagus</i> .....	21
2.4.13 <i>Racocetra</i> .....	22
<b>2.5 Mikoriza di Tanaman Kopi</b> .....	<b>22</b>
<b>2.6 Hubungan FMA dengan Tanaman Inang</b> .....	<b>23</b>
<b>2.7 Peranan FMA</b> .....	<b>24</b>
2.7.1 Serapan Air dan Hara.....	24
2.7.2 Meningkatkan Ketahanan Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan	24
2.7.3 Proteksi dari Patogen dan Unsur Toksik.....	25
2.7.4 Memperbaiki struktur dan agregasi tanah.....	25
<b>2.8 Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza</b> .....	<b>26</b>
2.8.1 Cahaya .....	26
2.8.2 Suhu .....	26
2.8.3 pH Tanah.....	26
<b>2.9 Kultur Trapping</b> .....	<b>27</b>
<b>III. BAHAN DAN METODE</b> .....	<b>28</b>
<b>3.1 Tempat dan Waktu Penelitian</b> .....	<b>28</b>
<b>3.2 Bahan dan Alat Penelitian</b> .....	<b>28</b>
<b>3.3 Metode Penelitian</b> .....	<b>29</b>
<b>3.4 Pengambilan Sampel Tanah</b> .....	<b>29</b>
<b>3.5 Kultur Trapping</b> .....	<b>30</b>
3.5.1 Persiapan Bahan Tanam.....	31
3.5.3 Penanaman .....	32
<b>3.6 Variabel Pengamatan</b> .....	<b>35</b>
3.6.1 Kolonisasi FMA pada Akar Tanaman .....	35
3.6.2 Teknik Isolasi Spora .....	36
3.6.3 Identifikasi Keragaman FMA .....	36
3.6.4 Dominansi FMA .....	37
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN</b> .....	<b>38</b>
<b>4.1 Hasil Penelitian</b> .....	<b>38</b>

4.1.1	Kolonisasi Akar Tanaman Kopi di Lapangan.....	38
4.1.2	Jumlah spora FMA di Lapang .....	38
4.1.3	Kolonisasi Akar Tanaman Inang oleh FMA pada Kultur Trapping ...	39
4.1.4	Populasi spora FMA Hasil Kultur Trapping.....	39
4.1.5	Jenis Spora Hasil Kultur Trapping .....	41
4.1.6	Keragaman FMA .....	42
4.1.7	Dominansi FMA .....	43
<b>4.2</b>	<b>Pembahasan .....</b>	<b>45</b>
<b>V.</b>	<b>KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>Kesimpulan .....</b>	<b>52</b>
<b>5.2</b>	<b>Saran.....</b>	<b>52</b>
<b>DAFTAR PUSTAKA</b>	<b>.....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

<b>Tabel</b>	<b>Halaman</b>
1. Hasil Uji t populasi spora FMA di kebun kopi campuran dan kebun monokultur .....	38
2. Hasil Uji t populasi spora FMA di kebun kopi campuran dan kebun monokultur .....	39
3. Pengaruh jenis tanaman inang (jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> ) dan sampel tanah kebun kopi campuran dan monokultur terhadap persentase kolonisasi akar yang tergolong tinggi. ....	40
4. Pengaruh jenis tanaman inang (jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> ) dan sampel tanah kebun kopi campuran dan monokultur terhadap populasi FMA. ....	40
5. Data jenis-jenis FMA hasil trapping dengan tanaman jagung, sorgum, dan <i>Pueraria javanica</i> pada sampel tanah kebun campuran dan kebun monokultur di Kabupaten Lampung Barat. ....	41
6. Identifikasi Spora FMA .....	42
7. Indeks keragaman Shannon-Wiener FMA pada tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> hasil kultur trapping pada sampel tanah kebun campuran dan monokultur.....	43
8. Nilai dominansi simpson FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada sampel tanah kebun campuran dan kebun monokultur di Kabupaten Lampung Barat. ....	44
9. Rincian jumlah dari masing-masing jenis FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada sampel tanah kebun campuran dan kebun monokultur di Kabupaten Lampung Barat. ....	45
10. Jenis FMA yang dominan hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P. javanica</i> pada sampel tanah kebun campuran dan kebun monokultur di Kabupaten Lampung Barat.....	45
11. Spora FMA.....	64

12. Data Populasi FMA pada rizosfir kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur di Kabupaten Lampung Barat.....	65
13. Uji t populasi FMA pada rizosfir kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur di Kabupaten Lampung Barat.....	65
14. Data kolonisasi akar hasil kultur trapping pada tanaman jagung, sorgum dan <i>P.javanica</i> .....	66
15. Analisis ragam kolonisasi akar hasil kultur trapping pada tanaman jagung, sorgum, dan <i>P.javanica</i> .....	66
16. Data populasi FMA hasil kultur trapping pada tanaman jagung, sorgum dan <i>P.javanica</i> .....	67
17. Analisis ragam populasi FMA hasil kultur trapping pada tanaman jagung, sorgum dan <i>P.javanica</i> .....	67
18. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung di kebun kopi campuran.....	68
19. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung di kebun kopi monokultur.....	68
20. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang sorgum di kebun kopi campuran.....	68
21. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang sorgum di kebun kopi monokultur.....	69
22. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang <i>P.javanica</i> di kebun kopi campuran.....	69
23. Perhitungan indeks keragaman FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang <i>P.javanica</i> di kebun kopi monokultur.....	70
24. Indeks dominansi FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P.javanica</i> pada sampel tanah kebun kopi campuran.....	70
25. Indeks dominansi FMA hasil kultur trapping dengan tanaman inang jagung, sorgum, dan <i>P.javanica</i> pada sampel tanah kebun kopi monokultur.....	71

## DAFTAR GAMBAR

<b>Gambar</b>	<b>Halaman</b>
1. Bagan Kerangka Pemikiran.....	11
2. Spora Glomus (INVAM, 2017).....	16
3. Spora Paraglomus (INVAM, 2017) .....	17
4. Spora Gigaspora (INVAM, 2017).....	17
5. Spora Scutellospora (INVAM, 2017) .....	18
6. Spora Acaulospora (INVAM, 2017).....	18
7. Spora Entrophospora (INVAM, 2017).....	19
8. Spora Archaespora (INVAM, 2017).....	19
9. Spora Funneliformis (INVAM, 2017) .....	20
10. Spora Ambispora (INVAM, 2017) .....	20
11. Spora Septoglomus (INVAM, 2017) .....	21
12. Spora Dentiscutata .....	21
13. Spora Rhizopagus (INVAM, 2017) .....	22
14. Spora genus Racocetra (INVAM, 2017).....	22
15. Ilustrasi Pengambilan Sampel Tanah .....	30
16. Tata Letak Percobaan Kultur Trapping di Rumah Kaca.....	31
17. Ilustrasi metode kultur trapping FMA pada tanaman inang .....	33
18. Ilustrasi pemanenan trapping Tanaman Jagung, Sorgum, dan Pueraria Javanica.....	34
19. Nilai rata-rata kolonisasi akar di kebun kopi campuran dan kebun kebun monokultur.....	38

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Mikoriza berasal dari bahasa Yunani yang berarti *myces* (cendawan) dan *rhiza* (akar) (Sieverding, 1991). Mikoriza digolongkan menjadi dua tipe yang didasarkan pada struktur dan cara menginfeksi akar yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Pujianto, 2001). Ektomikoriza merupakan fungi yang bersimbiosis mutualisme dengan tanaman inang yang hifanya berada di luar sel korteks atau tidak menembus sel korteks akar, dengan kisaran inang yang lebih sempit dibandingkan dengan endomikoriza. Sedangkan endomikoriza merupakan fungi yang mempunyai jaringan hifa dapat masuk ke dalam sel korteks akar (Setiadi, 1989).

Endomikoriza yang memiliki penyebaran yang paling luas dan dapat bersimbiosis lebih dengan 90% tanaman tingkat tinggi adalah Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Fungi Mikoriza Arbuskular bersifat obligat, yaitu fungi memerlukan pasokan senyawa karbon dari tanaman inang untuk dapat hidup. Fungi Mikoriza Arbuskular memiliki hubungan simbiosis mutualistik dengan akar tanaman, yaitu mikoriza dan tanaman saling mendapatkan keuntungan dari simbiosis tersebut. Hubungan simbiosis antara FMA dan tanaman inang meliputi penyediaan fotosintat (karbohidrat) oleh tanaman inang untuk FMA dan tanaman inang mendapatkan tambahan nutrisi dan air yang diambil fungi dari tanah (Ristiati dan Ni Putu, 2008).

Secara alami FMA terdapat di alam, akan tetapi populasi dan keragamannya sangat dipengaruhi oleh faktor biotik (jenis tanaman inang), abiotik (kesuburan tanah, suhu, kadar air, dan pH tanah), dan cara budidaya (pengolahan lahan, pola

tanam, dan penggunaan bahan kimia) (Kartika *et al.*, 2012). Fungi Mikoriza Arbuskular secara alami banyak ditemukan pada tanaman inang tingkat tinggi termasuk di tanah-tanah perkebunan kopi yaitu pada perakaran tanaman. FMA berasosiasi dengan berbagai spesies tanaman pada berbagai habitat.

Fungi Mikoriza Arbuskular pada umumnya memiliki populasi yang lebih tinggi pada lahan yang diolah. Lapisan atas tanah memiliki populasi dan keragaman mikoriza yang lebih tinggi dan akan berkurang pada bagian tanah yang tidak dijangkau oleh akar (Muleta *et al.*, 2007).

Kopi merupakan salah satu komoditas perkebunan yang cukup berpotensi tinggi dalam menyumbang devisa negara. Badan Pusat statistik (2022) menyatakan bahwa ekspor kopi pada tahun 2017-2022 cenderung berfluktuasi antara 36%-43%. Jika dilihat dari produksi kopi di Indonesia, pulau Sumatera menjadi sentra produksi kopi terbesar di Indonesia yaitu Sumatera Selatan (24,66%), Lampung (15,11 %), Sumatera Utara (9,73%), Aceh (9,62%), dan Bengkulu (9,13%) (Direktorat Jenderal Tanaman Perkebunan, 2021).

Kopi sangat digemari oleh masyarakat Indonesia sehingga permintaan kopi setiap tahun semakin meningkat. Permintaan kopi mengalami peningkatan bukan hanya di Indonesia, tetapi di pasar Internasional pun meningkat yang menjadikan kopi sebagai komoditas ekspor dan sumber devisa negara. Namun, produksi kopi di Indonesia masih *stuck* dan cenderung mengalami penurunan setiap tahunnya.

Jenis kopi yang dibudidayakan di Indonesia yaitu kopi arabika, kopi robusta, dan kopi liberika. Kopi robusta (*Coffea canephora* Pierre Ex Frochner) merupakan salah satu spesies kopi yang banyak dibudidayakan di Indonesia. Kopi robusta lebih tahan terhadap penyakit karat daun dibandingkan dengan spesies kopi arabika, sehingga luas areal budidaya kopi robusta di Indonesia lebih banyak dibandingkan dengan kopi arabika (Rahardjo, 2012).

Konsumsi kopi di Indonesia mengalami peningkatan setiap tahunnya, khususnya jenis kopi robusta. Tingginya permintaan kopi robusta di Indonesia harus

diimbangi dengan adanya peningkatan produksi yang tinggi. Namun, produksi kopi mengalami penurunan akibat kurangnya perawatan kebun, penggunaan bahan kimia yang terus-menerus, dan rendahnya kualitas mutu kopi yang dihasilkan di perkebunan (Najiyati dan Danarti, 2007).

Budidaya kopi di Lampung Barat dilakukan dengan pola tanam monokultur dan campuran. Pola tanam monokultur dan campuran memiliki kekurangan dan kelebihan masing-masing. Kelebihan pola tanam monokultur antara lain jumlah populasi tanaman utama lebih banyak, perawatan kebun lebih mudah, dan hasil produksi lebih tinggi (Mardian *et al.*, 2020). Kekurangan pola tanam monokultur adalah serangan hama lebih tinggi, tidak ada produksi tanaman sekunder, populasi gulma lebih tinggi, dan kesuburan tanah lebih rendah dibandingkan pola tanam campuran (Maghfiroh dan Suryadarma, 2020). Sedangkan pola tanam campuran mengutamakan kelestarian lingkungan dan tidak memprioritaskan produksi tanaman utama. Pola tanam campuran memberikan keuntungan antara lain; keragaman hayati lebih tinggi, perubahan iklim mikro yang minim, dan keanekaragaman mikroorganisme tanah (Prasmatiwi dan Evizal, 2020).

Keragaman jenis tanaman yang tinggi pada pola tanam campuran dapat meningkatkan kelimpahan spora FMA. Keragaman tanaman memperkaya keragaman jenis FMA, memberikan potensi untuk meningkatkan fungsi dan keberlanjutan ekosistem (Akib dkk., 2022). Pola tanam campuran dengan berbagai macam tanaman dapat meningkatkan luas permukaan akar dalam satu pertanaman, dan menghasilkan banyak bahan organik. Bahan organik dapat menyediakan unsur hara sehingga tanaman lebih subur yang akan menghasilkan asimilat untuk pertumbuhan FMA, sehingga populasi dan keragaman FMA akan meningkat (Sanjaya *et al.*, 2020).

Genus *Gigaspora*, *Acaulospora*, dan *Glomus* memiliki tingkat adaptasi yang tinggi dibandingkan dengan genus lainnya. Nilai populasi genus *Glomus* lebih tinggi dikarenakan *Glomus* memiliki persebaran yang luas dibandingkan dengan *Gigaspora* dan *Acaulospora* (Tarmedi, 2006). Genus *Glomus* mendominasi pada

tanah dengan fraksi lempung karena sesuai untuk perkembangan spora *Glomus*, sementara itu genus *Gigaspora* memiliki perkembangan yang lebih baik dengan fraksi tanah berpasir (Simangunsong, 2006).

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

1. Apakah terdapat perbedaan jumlah populasi FMA pada rizosfer tanaman kopi campuran dan monokultur di Kabupaten Lampung Barat?
2. Apakah terdapat perbedaan keragaman FMA pada rizosfer tanaman kopi campuran dan monokultur di Kabupaten Lampung Barat?
3. Jenis FMA apakah yang paling dominan pada rizosfer tanaman kopi campuran dan monokultur di Kabupaten Lampung 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 rizosfer tanaman kopi monokultur dengan tanaman kopi campuran di Kabupaten Lampung Barat
2. Mengetahui perbedaan keragaman FMA pada rizosfer tanaman kopi monokultur dengan tanaman kopi campuran di Kabupaten Lampung Barat
3. Mengetahui jenis FMA yang dominan pada rizosfer tanaman kopi monokultur dan campuran di Kabupaten Lampung Barat

## **1.3 Landasan Teori**

Mikoriza adalah simbiosis mutualisme antara perakaran tanaman inang dengan fungi tertentu. Mikoriza memberikan keuntungan kepada tanaman untuk

membantu menyerap unsur hara terutama fosfor. Sebaliknya, tanaman memberikan keuntungan dengan memberikan sebagian hasil fotosintesis berupa karbohidrat dan unsur pertumbuhan lain kepada mikoriza. Hubungan antara tanaman inang dan mikoriza saling menguntungkan satu sama lain (Pulungan, 2013).

Lopes *et al.* (1993) menemukan sebanyak 22 spesies FMA pada tanaman kopi dari genus *Glomus* dan *Acaulospora*. Pada penelitian Syahputra dkk.(2021) ditemukan tiga spesies *Acaulospora* mendominasi di rizosfer kopi arabika varietas Ateng Super. Dewi (2016) menemukan tiga jenis FMA pada tanaman kopi robusta, yaitu genus *Acaulospora* sebanyak 37 spora, genus *Glomus* sebanyak 21 spora, dan genus *Gigaspora* sebanyak 9 spora.

Populasi dan keragaman FMA dipengaruhi oleh faktor biotik, abiotik dan cara budidaya. Faktor biotik yang mempengaruhi keragaman dan populasi FMA di alam yaitu jenis tanaman inang. Faktor abiotik yang mempengaruhi populasi dan keragaman FMA yaitu kesuburan tanah, suhu, kadar air, dan pH tanah. Selain faktor biotik dan abiotik, cara budidaya berpengaruh terhadap jumlah populasi dan keragaman FMA di alam seperti pengolahan lahan, pola tanam, dan penggunaan bahan kimia (Kartika dkk., 2012).

Fungi Mikoriza Arbuskular dapat diidentifikasi melalui metode klasifikasi berdasarkan cara terbentuk dan ornament khusus spora setiap genus yaitu *Glomus*, *Entrophospora*, *Acaulospora*, *Archaespora*, *Paraglomus*, dan *Gigaspora* (INVAM, 2013). Persebaran jenis mikoriza tersebut dapat menyesuaikan diri dengan lingkungan dan memiliki adaptasi yang berbeda beda. Namun, FMA memerlukan tanaman inang untuk dapat hidup dan berkembang biak. FMA dapat bersimbiosis dengan 80% spesies tanaman, beberapa jenis FMA memiliki tingkat efektivitas yang berbeda. Tingkat kecocokan FMA dengan tanaman inang berbeda-beda (Rini *et al.*, 2020). Kecocokan tanaman inang dengan FMA dapat dilihat berdasarkan besarnya nilai kolonisasi akar oleh FMA (Allen, 2001).

Kesuburan tanah dapat mempengaruhi keberadaan FMA di rizosfer. Kesuburan tanah yang rendah dapat meningkatkan jumlah spora dan kolonisasi akar pada tanaman inang. FMA akan maksimal berkembang pada tanah yang kondisinya kurang subur, dan kolonisasi akar jumlahnya akan meningkat ketika kondisi tanah mengalami kekeringan dan tidak terlalu banyak air (Nirmalasari, 2015).

Pertumbuhan FMA dapat dipengaruhi oleh suhu tinggi. Pada kondisi suhu tinggi di tanah dengan tekstur liat FMA mampu bertahan dibandingkan dengan tanah bertekstur pasir (Atmaja, 2001). Hetrick (1984) menyebutkan sebagian besar jamur mikoriza terhambat perkembangannya bila suhu tanah dibawah 5°C dan suhu diatas permukaan tanah 35°C. Apabila suhu tanah mencapai 50°C dapat mematikan fungi mikoriza. Suhu yang baik untuk perkembangan FMA adalah 30°C, tetapi untuk kolonialisasi miselia yang terbaik adalah pada suhu 28 - 34°C.

Kadar air tanah akan berpengaruh terhadap perkembangan FMA. Perkembangan FMA akan terhambat pada kondisi tanah yang tergenang. Fungi Mikoriza Arbuskular akan menguntungkan tanaman inang pada saat kondisi kering karena dapat memperbaiki dan meningkatkan serapan air ke tanaman inang, sehingga tanaman dapat tumbuh dan bertahan pada kondisi tanaman kekurangan air (Atmaja, 2001). Kandungan air tanah yang rendah akan menyebabkan lahan kering. Perkembangan mikoriza akan maksimal pada lahan kering, kondisi lahan yang kering atau lahan yang kekurangan air dengan ketersediaan unsur hara yang rendah dapat mengoptimalkan perkembangan hifa mikoriza (Yusriadi dkk., 2018).

Setiadi (1989) menyatakan bahwa perkembangan FMA yang optimal terjadi pada pH 3,9-5,9. Fungi Mikoriza Arbuskular umumnya memiliki sifat *acidophylis*, yang berarti FMA cenderung menyukai lingkungan yang sedikit asam. Namun, tingkat adaptasi mikoriza terhadap pH tanah berbeda-beda tergantung dengan jenisnya. Menurut Setiadi (2003), genus *Glomus* paling baik tumbuh pada rentang pH tanah 5,6 hingga 7,0 sementara *Gigaspora* mencapai pertumbuhan optimal pada rentang pH 4,0 hingga 6,0 dan *Acaulospora* pada rentang pH tanah 4,0 hingga 5,0.

Selain faktor biotik dan abiotik, populasi dan keragaman FMA sangat dipengaruhi oleh cara budidaya tanaman inang. Cara budidaya seperti saat pengolahan lahan. Pengolahan lahan konservasi (tanpa olah tanah dan olah tanah minimum) dapat meningkatkan jumlah bakteri, meso fauna, cacing tanah dan mikoriza serta meningkatkan kandungan C-organik dalam tanah sebesar 13,0 % apabila dibandingkan dengan pengolahan tanah konvensional (Utomo *et al.*, 2010). Jumlah spora dalam pengolahan tanah minimum memberikan hasil yang tinggi dibandingkan pengolahan tanah konvensional. Pengolahan tanah minimum memberikan hasil terbaik pada jumlah spora yang dihasilkan, kandungan C-organik, bahan organik, dan P-tersedia (Susanti dkk., 2019).

Keanekaragaman FMA pada pola tanam campuran lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam monokultur. Hal ini dapat disebabkan karena pada pola tanam campuran, jenis tanaman lebih beragam sehingga jenis FMA yang bersimbiosis juga lebih kaya dan lebih beragam. Kolonisasi rata-rata akar pada pola tanam campuran menunjukkan angka yang lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam monokultur pada tanaman lada (Guzman *et al.*, 2021). Pada pola tanam monokultur seringkali menurunkan kualitas tanah, keanekaragaman mikroba, dan struktur penyusun tanah. Hal ini karena pada lahan ditanam tanaman yang sama dari tahun ke tahun. Sedangkan pola tanam campuran dapat meningkatkan kualitas tanah dan kinerja tanaman. Pada sistem pola tanam campuran, populasi dan keragaman FMA pada tanah lapisan bawah lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam monokultur karena pada tanah lapisan bawah di pola tanam campuran tidak kekurangan unsur hara yang dapat mengakibatkan penipisan tanah. Populasi FMA yang melimpah di bagian tanah lapisan bawah dapat berkontribusi dalam siklus fosfor di dalam tanah dan nutrisilebih tersedia pada tanaman (Nath and O'Reilly, 2016).

Dari faktor-faktor yang berpengaruh terhadap populasi dan keragaman FMA pada rizosfer seperti faktor biotik yang meliputi tanaman inang dan faktor abiotik yang meliputi kesuburan tanah, suhu, kadar air, dan pH tanah, serta

faktor cara budidaya yang meliputi pengolahan lahan, pola tanam, dan penggunaan bahan kimia pada lahan. Maka, dilakukan pengambilan sampel pada rizosfer di kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur untuk dilakukan identifikasi dan perhitungan populasi FMA.

Di lokasi pengambilan sampel di kebun kopi campuran, kopi ditanam bersamaan dengan cabai dan lada dengan penaung pohon gamal di Desa Sinar Jaya, Kecamatan Air Hitam, Kabupaten Lampung Barat. Titik koordinat-5.0934262 , 104.4324841 ±900 m diatas permukaan laut. Di kebun ini sudah ditanam kopi sejak tahun 1997 sehingga tanaman kopi sudah berumur 25 tahun. Pohon kopi di kebun ini disetek setiap satu bulan sekali. Jenis kopi yang ditanam yaitu kopi robusta dengan jarak tanam 1.5 m x 1.5 m antar tanaman kopi dan tanaman lada. Perawatan lahan seperti, penyiangan gulma dilakukan secara mekanis dengan menggunakan tenaga manusia yang dilakukan 2 bulan sekali. Pemberian kapur dolomit pada lahan dilakukan sebanyak 5 kuintal per hektar lahan. Pemberian kapur dolomit dimaksudkan agar meningkatkan pH dan memperbaiki sifat tanah. Penggunaan pupuk kimia urea 3,5 kuintal dengan luas lahan 800 m<sup>2</sup> secara terus menerus mengakibatkan penurunan hasil produksi buah kopi. Pada tahun 2020 kebun kopi campuran tidak lagi diberikan pupuk kimia dengan gantinya diberikan pupuk organik seperti urine kambing, pupuk kandang kambing 1.5 ton, dan sisa gilingan kopi.

Kebun kopi monokultur berada di Desa Sukapura, Kecamatan Sumber Jaya, Kabupaten Lampung Barat dengan titik koordinat -5.0244814 , 104.4286647 ± 824 m diatas permukaan laut. Kebun kopi tersebut sudah berumur 20-30 tahun dengan sistem pola tanam monokultur kopi robusta dengan naungan pohon duren, sengon, gamal, dan kelapa. Jarak tanam tanaman kopi 2m x 2m. Pemberian pupuk dilakukan sebanyak 3 kali dalam 1 tahun. Pemberian pupuk kimia diberikan 2 kali dalam setahun menggunakan pupuk phonska sebanyak 1 kuintal dan pupuk urea sebanyak 1 kuintal dengan luas lahan 1 ha. Sedangkan pemberian pupuk organik diberikan sekali dalam setahun menggunakan petro organik sebanyak 5 kuintal. Penyiangan gulma dilakukan 3 bulan sekali secara mekanis dengan tenaga

manusia, dan penyemprotan menggunakan herbisida diberikan sekali dalam satu tahun.

#### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Populasi dan keragaman FMA sangat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik berkaitan erat dengan tanaman inang, sedangkan faktor abiotik yaitu kesuburan tanah, suhu, kadar air, dan pH tanah. Pengolahan lahan, pola tanam, dan penggunaan bahan kimia seperti pupuk serta herbisida sangat berpengaruh terhadap jumlah populasi dan keragaman FMA. Faktor-faktor di atas akan mempengaruhi populasi dan keragaman FMA yang ada pada kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur yang berada di Lampung Barat.

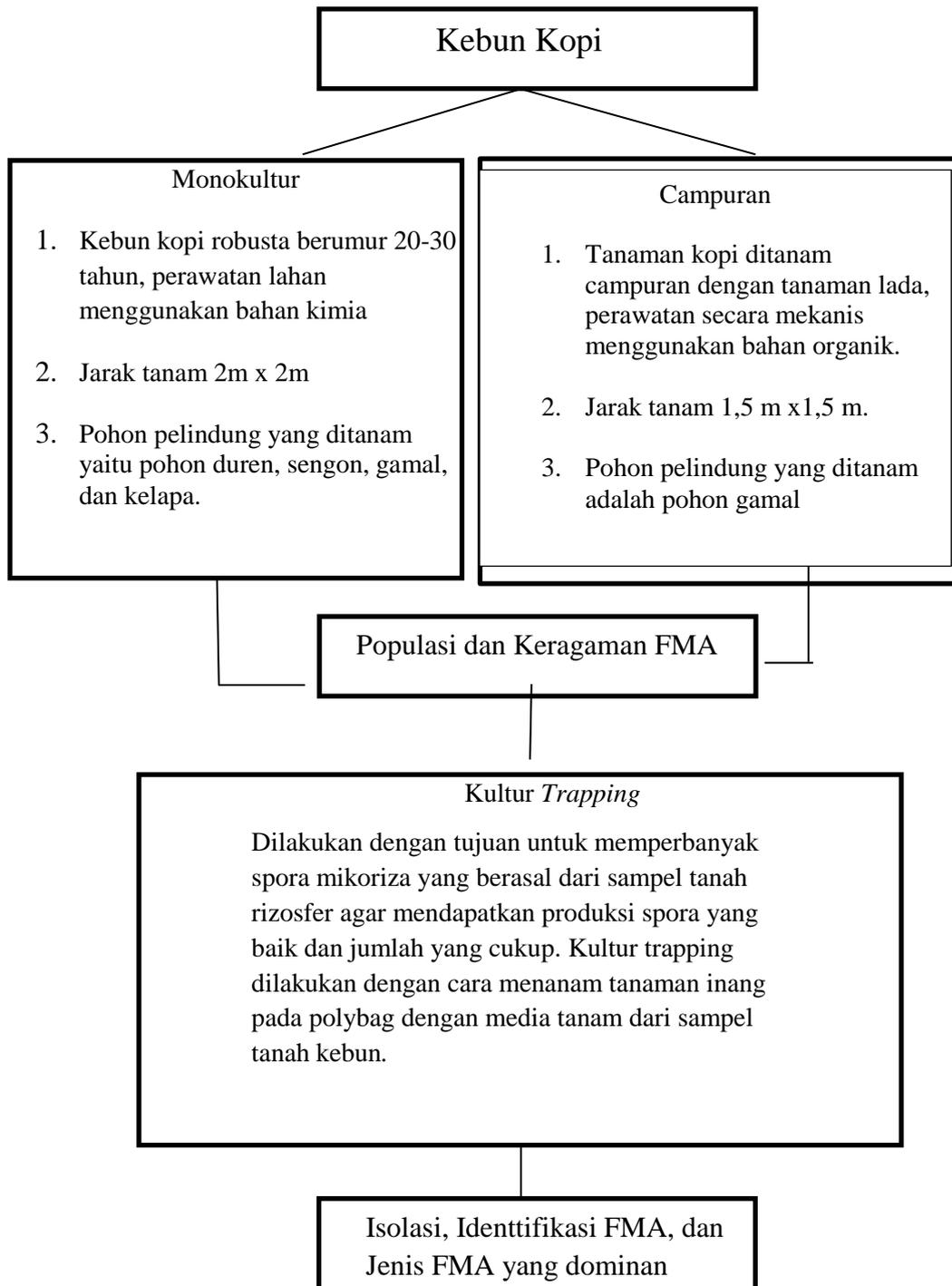
Populasi dan keragaman FMA pada pola tanam campuran lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam monokultur. Pada pola tanam campuran terdapat berbagai macam tanaman yang mengakibatkan populasi FMA lebih banyak dan beragam. Pola tanam campuran dengan lebih dari satu tanaman memberikan keanekaragaman mikroba yang lebih banyak sehingga tanaman menjadi subur yang dapat efektif terhadap pertumbuhan FMA. Pola tanam monokultur kopi di Desa Sukapura memiliki jumlah populasi yang lebih rendah dibandingkan dengan pola tanam campuran.

Penggunaan bahan kimia seperti pupuk dan herbisida yang terus menerus secara berkepanjangan dapat memberikan dampak negatif terhadap struktur tanah, penurunan populasi dan keragaman FMA, serta penurunan produksi kopi yang drastis. Penggunaan pupuk urea dan herbisida pada kebun kopi monokultur di Sinar Jaya akan mengurangi terbentuknya spora yang berakibat pada populasi dan keragaman FMA yang rendah dibandingkan dengan kebun kopi campuran di Desa Sukapura.

Populasi dan keragaman FMA juga dipengaruhi oleh pengolahan lahan pertanian seperti penyiangan gulma dan pemberian kapur dolomit. Pada kebun kopi campuran penyiangan gulma dilakukan 2 bulan sekali dengan pemberian kapur dolomit untuk meningkatkan pH tanah dan meningkatkan kelembaban pada tanah yang akan memperbaiki struktur tanah. sedangkan di kebun kopi monokultur penyiangan gulma dilakukan 3 bulan sekali dan dipadukan dengan pemberian bahan kimia herbisida serta tidak ada upaya dalam memperbaiki struktur tanah. Pada tanah yang diolah dan pemberian kapur dolomit pada kebun kopi campuran di Desa Sukapura akan mengakibatkan struktur tanah yang lebih baik dan akan terjadinya pergantian akar sehingga populasi dan keragaman FMA lebih tinggi pada pola tanam campuran di Desa Sukapura lebih tinggi dibandingkan dengan pola tanam monokultur di Desa Sinar Jaya Kabupaten Lampung Barat.

Sampel tanah yang diambil di kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur, dilakukan perbanyakan spora FMA dengan menggunakan teknik kultur trapping. Kultur trapping dilakukan untuk memperbanyak populasi spora FMA yang terdapat pada sampel tanah kebun kopi campuran dan monokultur yang dipelihara di rumah kaca selama tiga bulan. Selanjutnya dipanen dan dibawa ke laboratorium untuk dilakukan identifikasi jenis FMA.

Kolonisasi akar lebih tinggi pada lahan yang ditanami tanaman yang beragam karena keragaman jenis tanaman akan mempengaruhi jumlah spora. Komunitas tumbuhan yang lebih beragam akan meningkatkan akar tanaman inang yang mengakibatkan nilai kolonisasi akar lebih tinggi mengakibatkan jumlah spora yang tinggi pada pola tanam kebun kopi campuran dibandingkan dengan pola tanam kebun kopi monokultur. Kerangka pemikiran disajikan pada Gambar 1.



Gambar 1. Bagan Kerangka Pemikiran.

## 1.5 Hipotesis

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

1. Populasi FMA pada rizosfer tanaman kopi campuran yang di tanam di Desa Sinar Jaya lebih tinggi dibandingkan dengan kebun kopi monokultur di Desa Sukapura Kabupaten Lampung Barat.
2. Keragaman FMA pada rizosfer tanaman kopi campuran yang di tanam di Desa Sinar Jaya lebih tinggi dibandingkan dengan kebun kopi monokultur di Desa Sukapura Kabupaten Lampung Barat.
3. Jenis FMA yang terdapat pada tanaman kopi campuran dan monokultur di Kabupaten Lampung Barat didominasi oleh spora FMA S1 jenis *Acaulospora*.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kopi

Kopi merupakan tanaman perkebunan yang sudah lama dibudidayakan di Indonesia serta mempunyai nilai ekonomis yang tinggi. Spesies kopi yang dibudidayakan di Indonesia yaitu kopi arabika dan kopi robusta. Kopi arabika berasal dari Afrika tepatnya di pegunungan Ethiopia. Masyarakat dunia mengenal kopi sejak dikembangkan oleh saudagar Arab hingga melalui perkembangan sampai saat ini (Rahardjo, 2012).

Tanaman kopi pada umumnya tumbuh dengan baik pada ketinggian tempat di atas 700 m diatas permukaan laut. Ketinggian tempat akan mempengaruhi cita rasa kopi. Kopi arabika kurang sesuai jika ditanam di Indonesia, dikarenakan Indonesia memiliki lahan dengan ketinggian 700-1000 m dpl. Oleh karena itu, jenis kopi yang paling banyak dibudidayakan di Indonesia adalah jenis kopi robusta. Tanaman kopi tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki pH berkisar 5-6,5. Suhu rata-rata 15-27 derajat celcius dan curah hujan 1500-2500 mm per tahun (Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia, 2006).

### 2.2 Klasifikasi dan Morfologi Tanaman Kopi

Klasifikasi tanaman kopi (*Coffea robusta* L Pierre Ex Frochner.) menurut Rahardjo (2012), dijelaskan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae  
Subkingdom : Tracheobionta  
Super Divisi : Spermatophyta

Divisi : Magnoliopsida  
Sub Kelas : Asteridae  
Ordo : Rubiales  
Famili : Rubiaceae  
Genus : Coffea  
Spesies : *Coffea sp.*

Dibutuhkan waktu 3 tahun dari saat perkecambahan sampai tanaman kopi berbunga dan menghasilkan buah kopi. Semua spesies kopi berbunga berwarna putih yang beraroma wangi. Buah kopi terdiri atas kulit buah (epicarp), daging buah (mesocarp), dan kulit tanduk (endocarp) (Rahardjo, 2012).

Daun kopi robusta berbeda dengan daun kopi arabika, daun kopi robusta berbentuk oval dengan ujung daun meruncing sedangkan daun kopi arabika berukuran lebih kecil dibandingkan dengan daun kopi robusta. Akan tetapi, biji robusta lebih kecil membulat dibandingkan dengan biji kopi arabika (Yahmadi, 2007).

### **2.3 Deskripsi Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)**

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan mikroorganisme yang dapat bersimbiosis secara mutualisme dengan akar tanaman, FMA memiliki hubungan yang saling menguntungkan dengan akar tanaman. FMA mendapatkan senyawa karbon hasil dari proses fotosintesis tanaman inang sedangkan tanaman inang memperoleh unsur hara dari FMA (Harley and Smith, 1983).

FMA terdiri dari struktur khusus dan memiliki peranan spesifik. Struktur khusus tersebut adalah spora, hifa, vesikula, dan arbuskula.

a. Spora

Spora adalah struktur FMA yang cukup penting dalam proses identifikasi. Spora terbentuk di ujung hifa eksternal yang berkelompok dengan ukuran yang bervariasi antara 20-500  $\mu\text{m}$ . Ukuran sporiferous saccule mempunyai ukuran yang hampir sama dengan spora dan akan mengecil setelah spora berkembang optimal (Brundrett *et al.*, 1995).

b. Hifa

Hifa merupakan struktur FMA yang penting dalam asosiasi dengan tanaman yang berfungsi untuk menyerap nutrisi dan air dari dalam tanah (Smith and Read, 1997)

c. Vesikula

Vesikula mengandung banyak lemak yang berfungsi untuk penyimpanan dan sebagai spora istirahat . Vesikula berbentuk struktur yang menggelembung yang dibentuk pada hifa-hifa utama (Ginting 2013).

d. Arbuskula

Arbuskula merupakan cabang dari hifa yang masuk ke dalam sel korteks tanaman inang. Struktur arbuskula berperan sebagai tempat pertukaran karbon dan unsur hara (Ginting, 2013).

## 2.4 Jenis-Jenis FMA

Secara umum, mikoriza dapat digolongkan menjadi 2 tipe yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza merupakan jamur yang hifanya berkembang di antara dinding sel korteks dan membentuk mantel pada permukaan akar. Ektomikoriza hifanya tidak masuk sampai ke dalam sel korteks. Sedangkan

endomikoriza salah satunya FMA. Hifa sebagian berkembang dalam jaringan berkorteks dan sebagian FMA masuk ke dalam sel korteks yang bercabang membentuk arbuskula (Cahyaningrum dkk, 2020). Berdasarkan INVAM (2017), ada 13 genus spora mikoriza yaitu:

#### 2.4.1 *Glomus* sp.

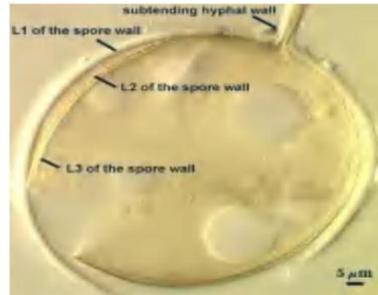
*Glomus* sp. memiliki tingkat keragaman yang tinggi dibandingkan dengan yang lainnya. *Glomus* sp berasal dari famili Glomeracea dengan ciri-cirinya yaitu spora terbentuk secara tunggal atau berpasangan. Genus *Glomus* sp memiliki dinding spora yang lebih dari satu lapis, berwarna hyaline sampai kuning, merah kecokelatan, coklat dan hitam yang berbentuk spora globose, sub-globose, ovoid, atau obovoid. Dengan ukuran spora antara 200-400 mium (INVAM, 2013). Contoh spora *Glomus* disajikan pada Gambar 2.



Gambar 2. Spora *Glomus* (INVAM, 2017).

#### 2.4.2 *Paraglomus*

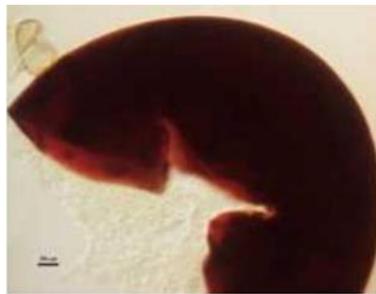
Genus *Paraglomus* berbentuk bulat, berwarna kuning bening dan semi transparan dengan ukuran rata-rata 85 μm. Dudukan hifa berbentuk silinder. Contoh spora *Paraglomus* disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Spora *Paraglomus* (INVAM, 2017).

#### 2.4.3 *Gigaspora*

Genus *Gigaspora* berbentuk bulat dan permukaan dinding spora kasar. Perkembangannya dimulai dari ujung hifa membulat yang dinamakan bulbous suspensor. Spora berasal dari bulatan kecil yang semakin lama akan semakin membesar hingga mencapai maksimum. Spora yang dihasilkan dinamakan azygospora yang memiliki ciri khas tidak memiliki lapisan dinding spora dalam, spora yang dihasilkan tunggal di dalam tanah, dan berwarna krem hingga kuning (Puspita dkk.,2012). Contoh spora *Gigaspora* disajikan pada Gambar 4.

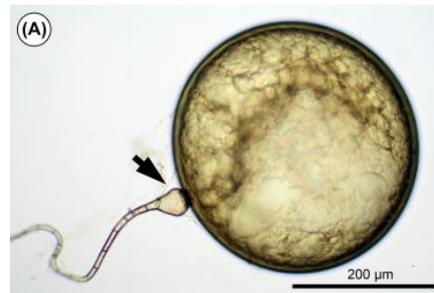


Gambar 4. Spora *Gigaspora* (INVAM, 2017).

#### 2.4.4 *Scutellospora*

Genus *Scutellospora* termasuk dalam family Gygasporaceae yang dengan ciri khas adanya dinding spora yang fleksibel, ukuran spora berbentuk ovoid, obovoid, pyriformis, dan irregulker, spora genus *scutellospora* dengan atau

tanpa adanya hiasan (Elmore, 2006). Pada *Scutellospora* sp. Terdapat *germination shield* tempat keluar hifa saat berkecambah (INVAM, 2013). Contoh spora *Scutellospora* disajikan pada Gambar 5.



Gambar 5. Spora *Scutellospora* (Smith and Rad, 2008).

#### 2.4.5 *Acaulospora*

Genus *Acaulospora* termasuk dalam family Acaulosporaceae yang berbentuk globos hingga elips, berwarna kuning, bening, atau merah kekuningan. Spora memiliki 2-3 dinding spora, spora terbentuk di sisi samping leher *sporiferous saccule*, Genus *Acaulospora* dapat beradaptasi pada kondisi tanah asam dengan pH 5- netral (Puspita, dkk., 2012). Contoh spora *Acaulospora* disajikan pada Gambar 6.



Gambar 6. Spora *Acaulospora* (INVAM, 2017).

#### 2.4.6 *Entrophospora*

Genus *Entrophospora* termasuk dalam family Acaulosporaceae dengan ciri-ciri memiliki bentuk bulat, warna kecoklatan, memiliki dinding 2-3 dinding sporawarna dinding spora lebih coklat gelap (INVAM, 2013). Genus *Entrophospora* memiliki ciri khas spora berkembang dari tengah *sporiferous saccule*, sehingga pada saat dewasa akan meninggalkan dua lubang kecil (Wahid, 2018). Contoh spora *Entrophospora* disajikan pada Gambar 7.



Gambar 7. Spora *Entrophospora* (INVAM, 2017).

#### 2.4.7 Genus *Archaespora*

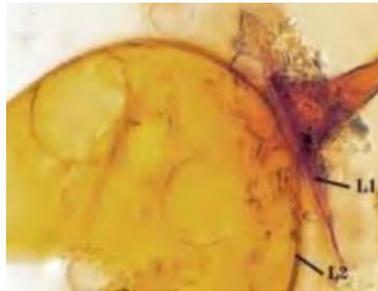
Spora genus *Archaespora* merupakan perpaduan perkembangan spora genus *Glomus* dan *Entrophospora*. Diawali dengan pembentukan spora diujung hifa berupa *Sporiferous saccule*. Leher *saccule* akan berkembang menjadi percabangan hifa. Contoh spora *Archaespora* disajikan pada Gambar 8.



Gambar 8. Spora *Archaespora* (Satish Chandra Pandey *et al.*, 2023).

#### 2.4.8 Genus *Funneliformis*

Spora genus *Funneliformis* biasanya dikelilingi oleh seluruh atau sebagian dari selimut miselium. Spora berbentuk corong dan dinding spora terdiri atas dua atau tigalapisan. Contoh spora *Funneliformis* disajikan pada Gambar 9.



Gambar 9. Spora *Funneliformis* (INVAM, 2017).

#### 2.4.9 Genus *Ambispora*

Genus *Ambispora* terdiri dari tiga lapis dinding spora dan berbentuk bulat. Dinding spora yang paling luar membentuk permukaan spora yang berumur pendek tidak sampai fase dewasa. Contoh spora *Ambispora* disajikan pada Gambar 10.

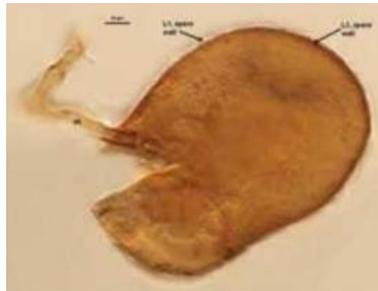


Gambar 10. Spora *Ambispora* (INVAM, 2017).

#### 2.4.10 Genus *Septoglomerus*

Spora genus *Septoglomerus* mempunyai susunan hifa yang tidak beraturan yang tersusun oleh lapisan laminasi pada dinding spora. Dudukan hifa berbentuk

silindris dengan cenderung berbentuk corong pada dasar spora. Contoh spora genus *Septoglomus* disajikan pada Gambar 11.



Gambar 11. Spora *Septoglomus* (INVAM, 2017).

#### 2.4.11 Genus *Dentiscutata*

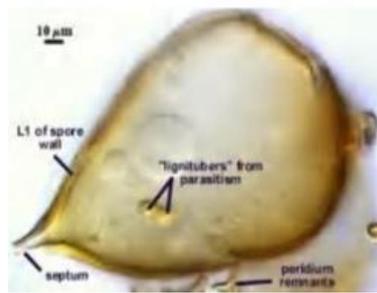
Spora genus *Dentiscutata* memiliki dinding spora berlapis-lapis dengan dinding bagian dalam bersifat fleksibel. Berdinding tipis dengan permukaan yang halus dan menonjol. Contoh spora genus *Dentiscutata* disajikan pada Gambar 12.



Gambar 12. Spora *Dentiscutata* (INVAM, 2017).

#### 2.4.12 Genus *Rhizopagus*

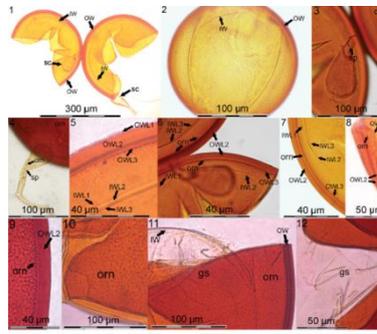
Spora genus *Rhizopagus* perkembangannya memiliki persamaan dengan genus *Glomus*. Terbentuk secara tunggal di dalam tanah dan akar. Genus *Rhizopagus* tidak membentuk struktur vesikular yang khas. Contoh spora *Rhizopagus* disajikan pada Gambar 13.



Gambar 13. Spora *Rhizopagus* (INVAM, 2017).

#### 2.4.13 Genus *Racocetra*

Spora genus *Racocetra* memiliki ornamen spora, memiliki dua lapis dinding spora dan dua lapis dinding germinal yang fleksibel, berdinding tipis dengan permukaan halus dan menonjol, dan diproduksi hifa di dalam tanah dekat permukaan akar. Contoh spora *Racocetra* disajikan pada Gambar 14.



Gambar 14. Spora genus *Racocetra* (Bruno Tomio Goto *et al.*, 2009)

### 2.5 Mikoriza di Tanaman Kopi

Lopes *et al.* (1983) mengidentifikasi 22 spesies FMA di kebun kopi Brazil. Genus *Acaulospora* dan *Glomus* merupakan genus FMA yang paling sering ditemukan. Bukan hanya di Brazil, namun genus FMA ini ditemukan di rizosfer

tanaman kopi wilayah Venezuela, Kolombia, dan Meksiko. Tanaman kopi memilikiketergantungan terhadap FMA yang lebih tinggi pada fase pembibitan (Habte dan Bittenbender, 1999).

Faktor-faktor yang mempengaruhi adanya genus yang berbeda pada tanaman kopi adalah cara budidaya dan kondisi iklim. Cara budidaya seperti pembersihan kapur dan monokultur dapat mempengaruhi keragaman dan populasi FMA karena dapat mengubah karakteristik tanah. Pada iklim tropis dan subtropis, keragaman FMA dapat dipengaruhi oleh curah hujan. Pada kebun kopi di Brazil, tingkat kolonisasi tanaman kopi meningkat pada musim hujan dan mengalami penurunan pada musim kemarau. Pertumbuhan populasi FMA dipengaruhi oleh faktor lain seperti tanaman inang dan status hara pada tanah (Andrade dkk., 2009).

## **2.6 Hubungan FMA dengan Tanaman Inang**

Fungi Mikoriza Arbuskular berasosiasi dengan tanaman inang untuk dapat hidup. Adanya asosiasi tanaman inang dengan FMA dapat memberikan manfaat bagi pertumbuhan baik secara langsung dan tidak langsung. Secara langsung FMA mampu meningkatkan serapan hara, air dan melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Secara tidak langsung FMA mampu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kelarutan hara, dan proses pelapukan batu induk (Subiksa, 2005). FMA memperoleh hasil fotosintat yang berasal dari tanaman inang untuk pertumbuhan dan perkembangan FMA (Martin *et al.*, 2007).

Fungi Mikoriza Arbuskular bersimbiosis dengan baik pada tanaman inang yang memiliki perakaran banyak. Tanaman jagung, sorgum, dan *P.javanica* merupakan tanaman yang memiliki perakaran banyak yang baik untuk perkembangan dan perbanyak FMA (Simanungkalit, 2004). Akar tanaman inang yang terinfeksi dapat memproduksi jalinan hifa secara intensif

yang akan meningkatkan kapasitas dalam penyerapan hara karena tanaman berkolonisasi dengan FMA (Rungkat, 2009). Dalam memperbanyak FMA dalam jumlah besar, FMA harus dikembangbiakkan pada tanaman inang yang sesuai (Rini *et al.*, 2020).

## 2.7 Peranan FMA

Mikoriza memiliki peran penting terhadap tanaman, yaitu mampu memaksimalkan penyerapan unsur hara yang ada di dalam tanah. Beberapa manfaat dari mikoriza ialah sebagai berikut:

### 2.7.1 Serapan Air dan Hara

Hifa FMA yang berkembang di luar akar dapat mencapai pori-pori mikro sehingga dapat menyerap air lebih maksimal pada kondisi lahan yang sangat kering. Selain hifa dapat menyerap air, hifa juga dapat menyerap unsur hara secara maksimal. Hifa mampu melepaskan P dari ikatan spesifik dikarenakan hifa mengeluarkan enzim fosfatase. Mikoriza juga berinteraksi dengan mikoriza pelarut P sehingga dapat meningkatkan penyerapan unsur P (Basri, 2018).

### 2.7.2 Meningkatkan Ketahanan Tanaman Terhadap Cekaman Kekeringan

Pada akar tanaman yang bermikoriza, akar akan cepat kembali normal pada kondisi kekurangan air. Penyerapan jumlah air yang sangat meningkat disebabkan oleh jaringan hifa yang sangat luas, hifa mampu menyerap air disaat akar tanaman lain sudah tidak mampu menyerapnya. Kekurangan air pada akar tanaman dapat mengakibatkan mati permanen pada akar tanaman tidak bermikoriza (Basri, 2018).

Menurut Setiadi (2003), ukuran hifa mikoriza yang lebih halus dari bulu-bulu akar dapat memperluas bidang serapan akar terhadap air. Ukuran hifa

mikoriza dapat menyusup pori-pori tanah yang paling kecil sehingga bisa menyerap air dan unsur hara pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah. Oleh karena itu, pada akar tanaman yang bermikoriza, akar akan cepat kembali normal pada kondisi kekurangan air.

### 2.7.3 Proteksi dari Patogen dan Unsur Toksik

Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dengan melindunginya dari serangan patogen dan racun. Struktur mikoriza dapat bertindak sebagai pelindung biologis terhadap patogen akar. Jamur mikoriza dapat meningkatkan antibiotik yang dapat mematikan patogen (Basri, 2018).

Menurut Suhardi (1990), dari beberapa penelitian ditemukan bahwa FMA dapat dipergunakan untuk mengurangi kerusakan tanaman oleh serangan patogen. Penelitian infeksi *Glomus* sp. pada dua jenis jeruk didapati bahwa FMA dapat mengurangi serangan *Phytophthora parasitica* dengan terbentuknya penebalan pada dinding tempat penyerangan penyakit.

### 2.7.4 Memperbaiki struktur dan agregasi tanah

Cendawan mikoriza dapat memperbaiki dan memantapkan struktur tanah melalui jaringan hifa eksternal. Sekresi polisakarida, asam organik, dan lendir oleh jaringan hifa eksternal yang mampu mengikat butir-butir primer menjadi agregat makro (Basri, 2018).

Thomas *et al.* (1993), menyatakan bahwa FMA di tanah bertekstur lempung berpasir secara nyata menyebabkan agregat tanah lebih baik, lebih berpori, memiliki permeabilitas tinggi, serta memiliki kemampuan memegang air untuk menjaga kelembaban.

## 2.8 Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Mikoriza

Perkembangan FMA terbentuk di dalam tanah tetapi sangat dipengaruhi oleh kondisi biotik dan abiotik dari rizosfer tanah. Faktor yang mempengaruhi FMA dan tanaman, sebagai berikut:

### 2.8.1 Cahaya

Cahaya sangat berperan penting untuk berkembang dan mentranslokasikan fotosintat ke akar. Mikoriza tidak secara langsung membutuhkan cahaya, tetapi cahaya merangsang FMA untuk meningkatkan kolonisasi akar dan produksi spora serta respon tanaman terhadap FMA (Elmore, 2006). Oleh karena itu, dibutuhkan intensitas cahaya yang tinggi agar pertumbuhan eksternal hifa pada rizosfer tidak terhambat (Setiadi, 2001).

### 2.8.2 Suhu

Peningkatan aktivitas jamur disebabkan oleh suhu yang tinggi. Suhu yang tinggi dapat mendukung infeksi dan pembentukan spora, sedangkan suhu yang rendah sesuai untuk pembentukan arbuskular (Fergusson dan Woodhead, 1982 *dalam* Bintoro, 2000). Suhu yang baik untuk perkembangan arbuskular adalah 30°C, suhu sekitar 24-34°C untuk kolonisasi miselium dan suhu 35°C untuk sporulasi dan perkembangan vesikel (Baon, 1998).

### 2.8.3 pH Tanah

Fungi Mikoriza Arbuskular umumnya beradaptasi dengan perubahan pH tanah. pH tanah berpengaruh pada perkecambahan, perkembangan, dan peran FMA untuk tanaman. Setiap FMA memerlukan pH optimum yang berbeda-beda untuk perkembangannya. pH tanah mempengaruhi perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman (Maas dan Nieman, 1978).

## 2.9 Kultur Trapping

Kultur trapping merupakan metode untuk memperbanyak populasi spora mikoriza yang berasal dari rizosfer. Penanaman Kultur trapping menggunakan pot-pot/*polybag* agar diperoleh jumlah spora yang banyak sehingga dapat dilakukan identifikasi jenis dan kelimpahan serta infeksi pada tanaman inang (Brundett *et al.*, 1996).

### III. BAHAN DAN METODE

#### 3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari November 2022 hingga Mei 2023.

#### 3.2 Bahan dan Alat Penelitian

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari pertanaman kopi robusta, benih jagung, benih sorgum, benih *Pueraria javanica*, pasir, zeolit, aquades, pupuk Urea, pupuk NPK, KOH, HCl, *lacto glycerol*, *tryplan blue*, larutan *Melzer*, larutan PVLG (Poly Vinyl Lacto Glycerol), dan larutan kloroks.

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik, neraca ohaus, alat pengaduk, bor tanah, ember, spidol, kamera, plastik tahan panas, *polybag*, cawan petri, gelas beker, gelas arloji, *cover glass*, kaca preparat, pinset spora, gelas ukur, pipet tetes, saringan spora (45  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 500  $\mu\text{m}$ ) mikroskop *stereo*, mikroskop majemuk, autoklaf, *water bath*, dan alat tulis.

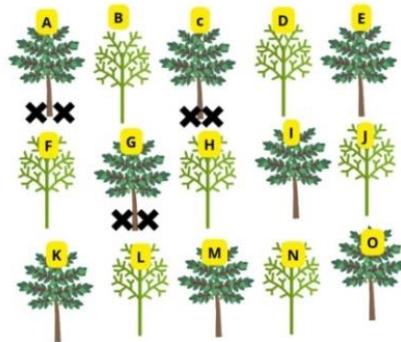
### 3.3 Metode Penelitian

Sampel tanah diambil dari dua kebun pertanaman kopi robusta di Kabupaten Lampung Barat yang terdiri dari k1= kebun kopi robusta campuran; dan k2= kebun kopi robusta monokultur. Pada setiap kebun, sampel tanah diambil sebanyak 7 ulangan. Data yang diperoleh diuji dengan menggunakan uji t untuk mengetahui perbedaan populasi FMA pada masing- masing kebun.

### 3.4 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada rizosfer tanaman kopi baik dari kebun campuran maupun monokultur di Kabupaten Lampung Barat. Setiap kebun diambil 7 titik sampel secara acak dengan masing-masing titik sampel terdiri dari 3 tanaman kopi. Pada tiap tanaman sampel, tanah diambil di dua titik pada kedalaman 20 cm. Jarak titik pengambilan sampel tanah dengan pangkal batang kopi  $\pm 30$  cm (Gambar 15). Sampel tanah dari 3 pohon sampel kemudian dicampur menjadi satu untuk mewakili satu titik sampel. Akar tanaman kopi yang terbawa pada saat pengambilan sampel dipisahkan dan disimpan dalam plastik. Sampel tanah juga dimasukkan kedalam plastik, diikat, dan diberi label.

Total sampel keseluruhan adalah 14 yang berasal dari 2 kebun kopi (campuran dan monokultur) x 7 titik sampel di setiap kebun dengan berat masing-masing 2,5 kg. Sampel tanah dan akar tanaman kopi yang didapatkan digunakan untuk menghitung populasi FMA di dalam sampel tanah, kolonisai akar, dan kultur trapping. Total populasi FMA dalam masing-masing sampel dihitung dengan menyaring spora yang ada di dalam sampel tanah dengan metode penyaringan basah (Brundrett *et al.*, 1996).



Gambar 15. Ilustrasi Pengambilan Sampel Tanah di Satu Titik Sampel.

Keterangan: A-O : Tanaman dalam satu sampel kebun kopi dan lada  
 X : Titik pengambilan sampel tanah dalam satu tanaman kopi

### 3.5 Kultur Trapping

Pembuatan kultur trapping bertujuan untuk menghasilkan spora-spora dari propagule FMA yang ada di sampel tanah dari lapangan dengan kondisi spora yang segar dan lengkap ornamen sporanya. Pada proses kultur trapping, 7 sampel tanah dari setiap kebun dicampur dengan rata menjadi satu sampel, sehingga diperoleh hanya 2 sampel tanah, yaitu kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur di Kabupaten Lampung Barat. Dari masing-masing kebun, sampel tanah  $\pm 1$  kg diambil dari setiap titik sampel dan dikompositkan menjadi satu sampel sehingga diperoleh  $\pm 7$  kg sampel tanah dari setiap kebun.

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan faktorial ( $2 \times 3$ ) dengan faktor pertama yaitu kebun kopi campuran (k1) dan kebun kopi monokultur (k2). Faktor kedua yaitu jenis tanaman inang, yaitu tanaman Jagung (t1), Sorgum (t2), dan *P. javanica* (t3). Setiap perlakuan diulang sebanyak 8 kali. Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan menggunakan

Rancangan Acak Lengkap.

Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett. Jika ragam perlakuan homogen dilanjutkan pemisahan nilai tengah yang diuji dengan Uji BNT pada taraf 5%. Tata letak percobaan di rumah kaca dapat dilihat pada Gambar 16.

k1t3u2	k1t1u1	k2t2u5	k2t1u4	k1t3u3	k1t1u5	k2t2u8	k2t1u2
k1t2u7	k2t1u6	k1t3u5	k1t3u8	k1t3u7	k1t2u5	k1t2u6	k1t1u6
k2t1u8	k1t3u5	k2t2u	k2t2u6	k1t2u4	k1t2u2	k1t2u3	k2t3u6
k1t3u1	k1t2u6	k1t1u2	k1t1u3	k2t3u7	k2t2u2	k2t1u5	k2t3u8
k2t2u4	k2t3u5	k2t3u4	k2t2u7	k2t3u1	k1t2u8	k2t1u3	k2t1u7
k2t3u3	k2t2u1	k1t1u7	k2t2u3	k2t3u2	k1t3u4	k2t1u1	k1t1u8

Keterangan: k1 : Sampel tanah kebun kopi campuran  
 k2 : Sampel tanah kebun kopi monokultur  
 t1 : Tanaman jagung  
 t2 : Tanaman sorgum  
 t3 : Tanaman *Pueraria javanica*  
 U1-U8 : Ulangan percobaan 1-8

Gambar 16. Tata Letak Percobaan Kultur Trapping di Rumah Kaca.

### 3.5.1 Persiapan Bahan Tanam

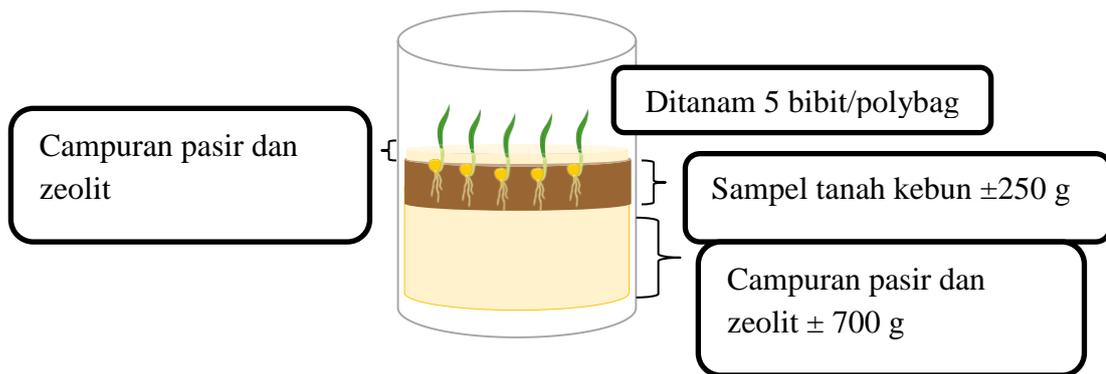
Benih jagung, sorgum, dan *P. javanica* direndam dengan larutan kloroks selama 15 menit, benih dibilas dengan menggunakan air keran dan aquades, benih diletakkan di atas kertas merang yang telah basah dan disimpan dalam suhu ruangan selama 2 hari dengan selalu menjaga kelembaban.

### 3.5.2 Persiapan Media Tanam

Dalam penelitian ini digunakan media tanam pasir steril dan zeolit. Pasir yang digunakan terlebih dahulu disterilisasi dengan menggunakan autoklaf pada suhu 120°C dengan tekanan 1 atm selama 60 menit. Pasir disterilisasi dengan menggunakan autoklaf sebanyak dua kali, kemudian setelah pasir steril dilakukan pencucian menggunakan air mengalir sebanyak enam kali bilasan atau sampai pasir terpisah dari batu dan kotoran. Zeolit yang digunakan untuk media tanam juga dicuci hingga bersih sebanyak lima kali bilasan menggunakan air mengalir. Setelah media pasir dan zeolit dicuci kemudian dicampurkan dengan perbandingan 2:1 (volume:volume). Setelah media tercampur, kemudian dimasukkan dalam polybag dengan ukuran 14x20 cm sebanyak 700 gram. Selanjutnya, sampel tanah dari kebun diambil sebanyak 250 gram dan dimasukkan ke dalam polybag.

### 3.5.3 Penanaman

Benih tanaman inang (jagung, sorgum, dan *P. javanica*) yang sudah disemai kemudian ditanam masing-masing 5 kecambah per *polybag* di atas sampel tanah dari lapangan dan ditutup kembali dengan media pasir dan zeolit. Media tanam pasir dan zeolit merupakan media paling baik karena memiliki pori-pori yang terbentuk lebih besar sehingga memiliki aerasi yang lebih baik untuk perkembangan FMA. Hal yang sama dilakukan pada setiap tanaman inang dengan 8 kali ulangan. Ilustrasi penanaman metode kultur trapping dilihat pada Gambar 17.



Gambar 17. Ilustrasi metode kultur trapping FMA pada tanaman inang.

### 3.4.1 Pemeliharaan Tanaman

Tanaman inang yang sudah ditanam dalam polybag dipelihara dengan melakukan penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit, pemupukan, dan pemotongan bunga pada tanaman jagung dan sorgum. Penyiraman dilakukan setiap hari sampai dengan panen selama 3 bulan pada tanaman jagung dan 4 bulan pada tanaman *P.javanica*, namun pada dua minggu sebelum panen jagung, sorgum, dan *P. javanica*, tidak dilakukan penyiraman. Tidak dilakukannya penyiraman bertujuan untuk memicu pembentukan spora FMA (Zulfredi dkk., 2015).

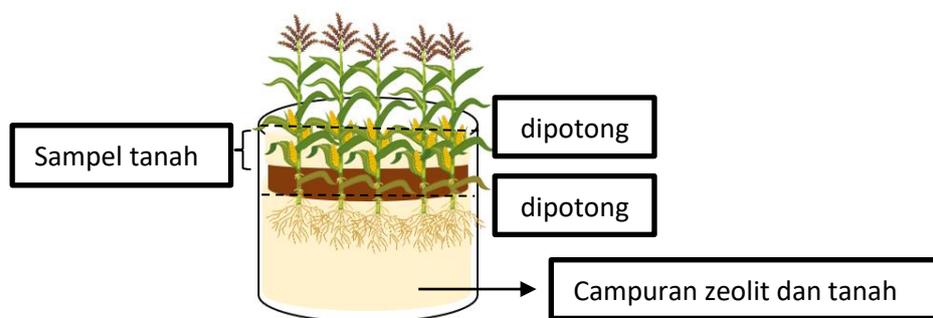
Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang tumbuh di dalam polybag. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan menangkap dan memusnahkan hama pengganggu tanaman.

Pemupukan diaplikasikan setiap seminggu 2 kali dengan menggunakan pupuk Urea dengan konsentrasi 2 gr per 1 liter dengan dosis 20 ml/polybag pada minggu ke-2 sampai minggu ke-3 dan pupuk NPK diberikan ketika tanaman memasuki minggu ke-4 dengan dosis 0,3 gram per polybag yang dilakukan dengan cara pupuk NPK dibenamkan ke dalam tanah. Pemotongan daun yang mengering dilakukan secara mekanis dengan gunting.

### 3.4.2 Pemanenan

Tanaman jagung dan sorgum dipanen pada umur 3 bulan dan tanaman *P. javanica* dipanen pada umur 4 bulan setelah tanam. Sebelum pemanenan dilakukan, media tanam harus benar-benar kering dengan tidak menyiram selama 2 minggu untuk merangsang pembentukan spora. Batang tanaman jagung, sorgum, dan *P. javanica* dipotong  $\pm 1$  cm dari permukaan media tanam. Pemisahan bagian atas dan bagian bawah polybag dilakukan dengan cara memotong polybag.

Pengamatan untuk menghitung populasi dan keragaman FMA diambil dari media tanam bagian bawah yang terdapat campuran pasir dan zeolit. Spora FMA dihasilkan oleh akar tanaman inang di dalam media pasir + zeolit diamati lalu dihitung dan diidentifikasi dengan mengambil sampel sebanyak 50 gram kemudian spora diisolasi dengan teknik penyaringan basah. Ilustrasi proses pemanenan ditunjukkan pada Gambar 18.



Gambar 18. Ilustrasi pemanenan kultur trapping dengan tanaman jagung, sorgum, dan *P. Javanica*.

### 3.6 Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan pada penelitian ini yaitu;

1. Persen kolonisasi akar oleh FMA pada akar tanaman yang dilakukan dengan teknik pewarnaan akar.
2. Menghitung jumlah spora per 50 gram yang diamati pada masing-masing sampel tanah.
3. Identifikasi jenis FMA yang berdasarkan bentuk, ukuran, warna, dan ornamen hasil dari kutur trapping. dan dihitung keragamannya
4. Jenis FMA yang dominan pada masing-masing kebun.

#### 3.6.1 Kolonisasi FMA pada Akar Tanaman

Pengamatan kolonisasi FMA pada akar tanaman contoh dilakukan dengan menggunakan teknik pewarnaan akar. Akar-akar halus yang segar diambil secara acak ( $\pm 2$  gram) dicuci menggunakan air mengalir. Akar sampel tersebut, direndam menggunakan larutan KOH 10 % dan dimasukkan ke dalam *water bath* selama 5 menit lalu diulangi sampai akar bersih. Larutan KOH dibuang dan dicuci akar dengan air mengalir, selanjutnya akar contoh direndam dengan larutan HCl dan dimasukkan kembali kedalam *water bath* selama 2 menit. Larutan HCl dibuang, selanjutnya akar sampel dikukus dengan larutan trypan blue 0.05 % selama 5 menit. Potongan-potongan akar yang telah diwarnai diambil dengan panjang  $\pm 2$  cm sebanyak 15 potongan akar dan disusun di atas kaca preparat, dan diamati di bawah mikroskop majemuk. Tanda-tanda kolonisasi yaitu jika pada bidang pandang terdapat hifa, arbuskula, dan vesikula diberi tanda positif (+) dan tanda negatif (-) yang tidak terdapat tanda-tanda kolonisasi.

Kolonisasi akar dihitung dengan rumus:

$$\% \text{ kolonisasi} = \frac{\Sigma \text{pandang akar yang terinfeksi}}{\Sigma \text{pandang akar yang diamati}} \times 100\%$$

### 3.6.2 Teknik Isolasi Spora

Isolasi spora FMA dilakukan dengan teknik penyaringan basah sebanyak 50 gram sampel tanah ditimbang, kemudian dimasukkan kedalam gelas beaker volume 1000 ml dan ditambahkan air hingga mencapai volume 500 ml dan diaduk selama  $\pm 1$  menit sampai agregat tanah pecah. Setelah itu didiamkan selama  $\pm 10$  detik sampai terjadi pengendapan pada partikel-partikel besar. Selanjutnya, cairan supernatant dituang ke dalam saringan bertingkat (45  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , dan 500  $\mu\text{m}$ ). Kegiatan ini diulang sebanyak 3-4 kali untuk memastikan semua spora sudah tersaring. *Debris* yang tersangkut di setiap saringan dituang ke dalam cawan petri untuk dilakukan pengamatan spora dengan bantuan mikroskop *stereo* dan spora FMA yang ditemukan dihitung dengan menggunakan bantuan *counter*.

### 3.6.3 Identifikasi Keragaman FMA

Identifikasi spora FMA diamati berdasarkan bentuk, ukuran, warna dan ornamen spora. Spora diisolasi menggunakan pinset spora dan diletakkan di dalam gelas arloji yang telah diberi sedikit *aquades*. Setelah proses isolasi, kemudian spora yang diperoleh dihitung dan diidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, ada atau tidaknya ornamen spora seperti *bulbose*, *saccule*, *germination shield*, dan *auxillary cells*. Spora-spora yang memiliki ciri yang sama dikumpulkan dalam gelas arloji terpisah. Kemudian reaksi spora dengan larutan *Melzer* diuji menggunakan larutan PVLG dan *Melzer* dan diamati di bawah mikroskop *stereo* hingga perbesaran 45x. Larutan PVLG merupakan bahan perekat permanen yang tidak merubah warna spora. Formula dari PVLG terdiri dari (*distilled water* 100 ml, *lactid acid* 100 ml, *glycerol* 10 ml, dan *polyvinyl alcohol* 16.6 g), sedangkan

*Melzer* merupakan bahan pereaksi penting dalam identifikasi karena dapat memberikan reaksi yang berbeda dari genus FMA disebabkan oleh kandungan lipid dropletnya. Larutan *Melzer* terdiri dari *chloral hydrate* 100 g, *distilled water* 100 ml, *iodine* 1.5 g, dan *potassium iodide* 5 gr). Kemudian dilakukan perhitungan indeks keragaman 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

$p_i$  = Jumlah individu suatu spesies/jumlah total seluruh spesies

$n_i$  = Jumlah individu spesies ke-i

N = Jumlah total individu

#### 3.6.4 Dominansi FMA

Perhitungan dominansi FMA yang diperoleh dari kultur *trapping* digunakan untuk mengetahui indeks dominansi keberadaan masing-masing spesies FMA pada setiap sampel kebun. Perhitungan dominansi FMA menggunakan rumus dominansi Simpson.

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

Keterangan: D : Indeks Dominasi

$n_i$  : Jumlah individu tiap spesies

N : Jumlah individu seluruh revisi

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Populasi FMA pada sampel tanah rizosfir kebun kopi campuran lebih tinggi dibandingkan dengan populasi FMA pada sampel tanah rizosfir kebun kopi monokultur.
2. Berdasarkan Indeks Keragaman Shannon-Wiener, keragaman FMA di rizosfir kebun kopi monokultur lebih tinggi dari rizosfir kebun kopi campuran.
3. Jenis FMA yang dominan hasil kultur trapping sampel tanah kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur yaitu spora jenis S1 yang memiliki ciri ciri utama adanya *sporiferous saacule* dan berbentuk bulat dengan ukuran kecil (77-78  $\mu\text{m}$ ) memiliki reaksi positif terhadap *Melzer*.

### 5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang telah didapat, maka penulis menyarankan untuk melakukan penelitian lanjutan terkait dengan perbanyak jenis FMA jenis S1 pada sampel tanah kebun kopi campuran dan kebun kopi monokultur dengan menggunakan tanaman inang sorgum dan *P. javanica* kemudian diuji lanjut efektifitas untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman kopi.

## **DAFTAR PUSTAKA**

## DAFTAR PUSTAKA

- Adnan. 2012. Aplikasi beberapa dosis herbisida glfosat dan paraquat pada sistem tanpa olah tanah (TOT) serta pengaruhnya terhadap sifat kimia tanah, karakteristik gulma dan hasil kedelai. *J. Agrista*. 16 (3): 135-145.
- Akib, M.A., Nuddin, A., Prayudyarningsih, R., Kuswinanti, T., Syaiful, S.A., dan Antonius, S. 2022. Keragaman fungi mikoriza arbuskula pada pola tanam *paper nigrum* yang berbeda di areal sekitar lahan tambang nikel. *Jurnal Biologi Indonesia*. 18(2): 183-192.
- Agustin W, Ilyas S, Budi SW, Anas I, dan Suwarno, F.C. 2010. Inokulasi fungi mikoriza arbuskula (FMA) dan pemupukan P untuk meningkatkan hasil dan mutu cabai (*Capsicum annum L.*). *Jurnal Agronomi Indonesia*. 38(3): 218-224.
- Allen, M.F. 2001. Modeling arbuscular mycorrhizal infection: is % infection an appropriate variable?. *Journal Mycorrhiza*. 10 (5): 255-258.
- Andrade, S.A.L., Mazzafera, P., Schiavinato, M.A., and Silveira, A.P.D. 2009. Arbuscular mycorrhizal association in coffee. *Journal of Agricultural Science*. 147: 105–115.
- Atmaja, I.W.D. 2001. *Bioteknologi Tanah*. Udayana University Press. Denpasar. 87 hlm.
- 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.
- Basri, A.H.H. 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensia*. 12(2): 74-78.

- Bertham, Y.H. 2006. *Pemanfaatan FMA dan Bradyrhizobium dalam Meningkatkan Produktivitas Kedelai pada Sistem Agroforestri Kayu Bawang (Scorodocarpus Borneensis Burm F) di Ultisol*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB. Bogor.
- Bintoro M., Ika R.S dan Saubari M.M 2000. Pengaruh slude dan inokulasi mikoriza vesicular arbuscular terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Agrivita*. 22(2): 147-155
- Borstler, B., Raab, P.A., Thiery, O., Morton, J.B. and Redecker, D. 2008. Genetic diversity of the arbuscular mycorrhizal fungus glomus intraradices as determined by mitochondrial large subunit RNA gene sequences is considerably higher than previously expected. *New Phytologist*. 180(2): 452-465.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Mycorrhizas for Forestry And Agriculture. China. 380 hlm.
- Cahyaningrum, H., Aji, H.B., dan Zainiyah, W. 2020. Keberadaan jamur mikoriza arbuskular pada beberapa jenis akar tanaman. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*. 6(1): 14-19.
- Delvian. 2017. Penggunaan asam humik dalam kultur trapping cendawan mikoriza arbuskular dari ekosistem dengan salinitas tinggi. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia*. 9(2): 124–129.
- Direktorat Jenderal Tanaman Perkebunan. 2021. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kopi*. Kementrian Pertanian. Jakarta.
- Elmore, W.C. 2006. *Population And Identification Of Mycorrhizal Fungi In St. Augustinegrass In Florida And Their Effect On Soilborne Pathogens*. University Of Florida. 287 hlm.
- Guzman, A., Montes, M., Hutchins, L., Delacerda, G., Yang, P., Kakouridis, A., Dahlquist-willard, R.M., Firestone, M., Bowles, T., and Kremen, C. 2021. Crop diversity enriches arbuscular mycorrhizal fungal communities in an intensive agricultural landscape. *New Phytologist*. 231 (1): 447–459.
- Ginting, S., Santono, T dan Harahap, I, S. 2013. Potogenisitas Berapa Isolat Cendawan terhadap *Coptotermes curvignathus* Holmgren dan *Schedorhinotermes javanicus* Kemmer. *J. Agrotek. Trop*. 2(1): 1-5.

- Giovannini, L., Palla, M., Agnolucci, M., Avio, L., Sbrana, C., Turrini, A., and 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.
- Habte, M., and Bittenbender, H.C. 1999. reactions of coffee to soil solution p concentration and arbuscular mycorrhizal colonization. *Journal of South Pacific Agriculture*. 6: 29–3.
- Hajoeningtjas, O.D., 2009. Ketergantungan tanaman terhadap mikoriza sebagai kajian potensi pupuk hayati mikoriza pada budidaya tanaman berkelanjutan. *Agritect*. 11(2): 125-136.
- Hanafiah, K.A. 2001. *Pengaruh Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Azospirillum Brasiliense dalam Peningkatan Efisiensi Pemupukan P dan N Pada Padi Sawah Tadah Hujan*. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor. 158 hlm.
- Harley, J. L., and Smith, S.E. 1983. *Occurrence and distribution of arbuscular mycorrhizal fungi and microbial flora in the rhizosphere soils of mungbean (Vigna radiata L.) and soybean (Glycine max L) from Adilabad, Nizamabad and Karimnagar districts of Andhra Pradesh state, India*. Mycorrhizal Symbiosis. Academic press. London. 483 hlm.
- Helander, M., Saloniemi, I., Omaci M., Druille, M., Pekka, J., and Saikkonen, K. 2015. Glyphosate decreases mycorrhizal colonization and affects plant-soil feedback. *Science of the Total Environment*. 642: 285-291.
- Hermawan, H., Muin, A., dan Wulandari, R.S. 2015. Kelimpahan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada tegakan ekaliptus (*Eucalyptus pelita*). *Jurnal Hutan Lestari*. 3 (1) : 124-132.
- Hetrick BAD. 1984. *Ecology of Vesicular Arbuscular Micorrhiza Fungi; Powel CL & Bagyaraj DJ. (Eds)*. Vesicular-Arbuscular Micorrhiza. CRC.Pres. Inc. Boca Raton. Florida. 33 hlm.
- Husin, E. F. 1991. *Respon Tanaman Jagung Terhadap Vesicular Arbuscular Mycorrhiza dan Sesbaena rosrata di Tanah Ultisol*. Universitas Andalas. Padang.
- Invam. 2013. International Culture Collection Of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi. <http://invam.caf.wvu.edu/Myco-info/Taxonomy/classification.html>. (05.11.2022).

- Islami, T. dan Utomo, W.H. 2017. *Hubungan Tanah, Air dan Tanaman*. IKIP. Semarang. 33 hlm.
- Kafrawi dan Kumalawati, Z. 2022. Infektifitas mikoriza arbuskula asal rhizosfer tanaman kakao (*Theobroma cacao L.*) pada kultur trapping menggunakan inang kacang hijau. *Agroplantae: Jurnal Ilmiah Terapan Budidaya Dan Pengelolaan Tanaman Pertanian Dan Perkebunan*. 11(1): 1–10.
- Kartika, E., Lizawati dan Hamzah. 2012. Isolasi identifikasi dan pemurnian cendawan mikoriza arbuskular (CMA) dari tanah bekas tambang batubara. *Bioplantae*. 1(4):21-28.
- Lin, C., Wang, Y., Liu, M., Xiaoi, W., and Song, X. 2020. Effects of nitrogen deposition and phosphorus addition on arbuscular mycorrhizal fungi of Chinese fir (*Cunninghamia lanceolata*). *Nature research*. 10:1-8.
- Lizawati, Kartika, E., dan Gusniwati. 2017. Identifikasi awal fungi mikoriza arbuskular dari rhizosfer tanah gambut tanaman kopi liberika tunggal jambi. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. 98-105.
- Lopes, E.S., Oliveira, E., Dias, R., and Schenck, N. C. 1983. Occurrence and distribution of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in coffee (*Coffea arabica L.*) plantations in central sao paulo state, Brazil. *Turrialba*. 33: 417–422.
- Maghfiroh, R.N., and Suryadarma, P. 2020. Cultivation of oyong (*Luffa acutangula L.*) and eggplant (*Solanum melongena L.*) with intercropping base as an efforts to increase production in neglasari village. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat*. 2(2): 302–308.
- Mardian, I., Suriadi, A., and Barat, L. 2020. *Intercropping of Soybean and Maize for Land Optimization on Farming System in Low Lands With Dry Climate In Bima Regency*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal Ke-8 Tahun 2020. 556–564.
- Martin, F., Perotto, S., and Bofante, P. 2007. *A Fungal Community At The Interface Between Soil And Roots*. The Rhizosfer. 236 hlm.
- Maas, E.V. and R.H. Nieman. 1978. *Physiology of Plant Tolerance to Salinity*. In *GA Jung (Ed)*. Crop tolerance to Sub Optimal land. ASA Spec : 277-299.
- Muchovej, R.M. 2004. *Importance of Mycorrhizae for Agricultural Crops*. Institute of Food and Agricultural Sciences. University of Florida. Florida.

- Mulyati, S., Mansur, I., dan Budi, S.W. 2016. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfer *Desmodium* spp. asal pt. cibaliung sumberdaya, banten. *Journal of Tropical Silviculture*. 7(3) : 188-197.
- Muleta, D., Assefs, F., Nemomissa, S., and Granhall, U. 2007. Composition of coffee shade tree species and density of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) spores in Bonga natural coffee forest, southwestern Ethiopia. *Forest Ecology and Management*. 242: 145-154.
- Najiyati dan Danarti. 2007. *Kopi Budidaya dan Penanganan Pasca Panen*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Nandakwang P, Elliot S, Youpensuk S, and Lumyong S. 2008. Effects of arbuscular mycorrhizal inoculation and fertilizer on production of *Castanopsis acuminatissima* saplings for forest restoration in Northern Thailand. *Journal of Microbiology* 3(4): 225-236.
- Nath, T.K., and O'Reilly, P. 2016. *Socio Economic and Environmental Impacts Of Teak Monoculture Plantations in Sri Lanka*. Nova. 199 hlm.
- Nirmalasari. 2015. *Keberadaan Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada tegakan durian (*Durio zibethinus* Murr)*. skripsi. Fakultas Kehutanan UNTAN. Pontianak. 68 hlm.
- Prasmatiwi, F.E., dan Evizal, R. 2020. Keragaan dan produktivitas kebun lada tumpangsari kopi di Lampung Utara. *Jurnal Agrotropika*. 19(2): 110–117.
- Prastowo, B., Karmawati, E., Rubiyo., Siswanto., Indrawanto, C., dan Munarso, S.J. 2010. *Budidaya dan Pasca Panen Kopi*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Kementerian Pertanian Produksi tanaman. *FORMAS*. 4: 270-27.
- Prihastuti. 2007. Isolasi dan karakterisasi mikoriza vesikular-arbuskular di lahan kering masam, Lampung Tengah. *Berk Penel Hayat*. 12: 99-106.
- Pujiyanto. 2001. *Pemanfaatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza dan Bakteri Dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia: Tinjauan Dari Perspektif Falsafah Sains*. Falsafah Sains Program Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Pulungan, A.S.S. 2013. Infeksi fungi mikoriza arbuskula pada akar tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L). *J. Biosains Unimed*. 1(1):43 - 46.

- Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia. 2006. *Pedoman Teknis Tanaman Kopi*. Jember.
- Puspitasari, D., Kristianti, I.P., dan Muhibuddin, A. 2012. Eksplorasi vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) indigenous pada lahan jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1:19-22.
- Rahardjo, P. 2012. *Berkebun Kopi*. Penebar Swadaya. Jakarta Timur.
- Rahmi, N. 2017. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza di Kawasan Hutan Desa*. Prossiding, Seminar Nasional.
- Ranchiano, M.G., Rini M.V., dan Arif, M.A.S. 2018. Produksi isolat fungi mikoriza arbuskular pada lahan sayur dan semak di sumber jaya Lampung Barat. *Jurnal Wacana Pertanian*. 14(2): 53-61.
- Ratnawati, L., Sri, Y., Muhajir, U., dan Ainin, M. 2016. Pengaruh sistem olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap jumlah spora mikoriza vesikular arbuskular dan infeksi akar tanaman padi gogo varietas inpago-8 pada musim tanam ke-46. *Jurnal Agrotek Tropika*. 4 (2): 164-171.
- Rini, M.V., Wahyudi, S., dan Sugiarno. 2020. Pengaruh jumlah tanaman inang terhadap infeksi akar dan produksi spora fungi mikoriza arbuskular. *Jurnal Agrotropika*. 19 (2): 70-75.
- Ristiati dan Ni putu. 2008. *Mikrobiologi Lingkungan (Tanah, Air, Udara, Limbah)*. Bagian Ilmu Faal Fakultas Kedokteran Universitas Udayana. Singaraja. 103 hlm.
- Rungkat, J.A. 2009. Peranan MVA dalam meningkatkan pertumbuhan dan sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1:19-22.
- Sanjaya, M.F., Muhammad, L., Kilowasid, H., Sabaruddin, L., Sulaeman, D., and Nurmas, A. 2020. Effect of organic matter on arbuscular mycorrhizal fungi spores in soil, and its soil potential as a source of the inoculum. *Agronomi*. 8(1): 11-22.
- Satish, C.P. 2023. *Advanced Microbial Techniques in Agriculture, Environment, and Health Management*. Elsevier.

- Setiadi, Y. 1989. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan*. Departemen Pendidikan dan Kebudayaan. Direktorat jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas Bioteknologi IPB. Bogor.
- Setiadi, Y. 2001. Karakterisasi Fungi Mikoriza Arbuskula Pada Rhizosfer Aren *Arenga pinnata* (Wrm) Merr.) dari Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*.7(1): 18-23.
- Setiadi, Y.2003. *Arbuscular Mycorrhizal Inokulum Production*. Program dan Abstrak Seminar dan Pameran: Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan.
- Sieverding, E.1991. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agrosystem*. Eschborn Germany.Germany.
- Simangunsong S.A. 2006. *Pengaruh pemberian berbagai mikoriza dan pupuk kandang ayam pada tanaman tembakau deli terhadap serapan P dan pertumbuhan di tanah inceptisol sampali* Skripsi. Padang: Departemen Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Simanungkalit, R.D.M. 2004. *Teknologi cendawan mikoriza arbuskularr: produksi inokulan dan pengawasan mutunya*. Prosiding Seminar Mikoriza Teknologi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan. 16 September 2003. Universitas Padjadjaran, Bandung. 103-110 hlm.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A., Rasti, S., Diah, S., dan Wiwik, H. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian Bogor.
- Sitio, S.N.S. 2017. Populasi dan keragaman fungi mikoriza arbuskular pada rizosfer ubi kayu klon kasetstari di kabupaten Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat. Skripsi. Universitas Lampung.
- Solaiman, M.Z., dan Hirata.1995. Effect of indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi in Paddy Fields on Rice Growth and NPK nutrition under different water regimes. *Plant Nutr.* 41 (3): 505-514.
- Subiksa, I. G. M. 2002. *Pemanfaatan Mikoriza untuk Penanggulangan Lahan Kritis*. Makalah Palsafah Sains. Program Pascasarjana/SE IPB. Bogor.
- Suhardi. 1990. *Pedoman Kuliah Mikoriza V.A. Proyek Peningkatan Perguruan Tinggi UGM PAU*. Bioteknologi Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

- Suharno dan Sancayaningsih, R.P. 2013. Fungi mikoriza arbuskula: potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. *Bioteknologi*. 10(1):23–34.
- Suharno, S.R.P. 2013. Fungi mikoriza arbuskula: potensi teknologi mikorizoremediasi logam berat dalam rehabilitasi lahan tambang. *Jurnal Bioteknologi*. 10 (1): 31- 42.
- Sukmawaty, E., Hafsan, dan Asriani. 2016. Identifikasi cendawan mikoriza arbuskula dari perakaran tanaman pertanian. *Jurnal Ilmiah Biologi*. 4(1): 16-20.
- Susanti, R., Afriani, A., Harahap, F.S., Fadhillah, W., Oesman, R., dan Walida, H. 2019. Aplikasi mikoriza dan beberapa varietas kacang tanah dengan pengolahan tanah konservasi terhadap perubahan sifat biologi tanah. *Jurnal Pertanian Tropik*. 16(1) : 34-42.
- Syahputra, R., Fikrinda., dan Hifnalisa. 2021. Isolasi dan identifikasi fungi mikoriza arbuskula (fma) pada berbagai varietas dan umur kopi arabika (*coffea arabica l.*) di kecamatan Timang Gajah kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6 (1): 53-65.
- Tarmedi E. 2006. *Keanekaragaman cendawan mikoriza arbuskuladi hutan sub pegunungan Kamojang Jawa Barat*. Skripsi. Program Studi Budidaya Hutan Fakultas Kehutanan Institut Pertanian Bogor.
- Thomas, B.M. 2001. *The role of vesikular arbuskular mycorrhizal funngi in Linum usitatissimum L. Production in Southern Austrakian soils*. Departement of Soil and Water. University of Adelaide.
- Thomas, R.S., Franson, R.L., and Bethlenfalvay, G.J. 1993. Separation of arbuscular mycorrhizal fungus and root effect on soil aggregation. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 77-81.
- Utomo, M., Niswati, A., Deriyati., Wati, M.R., Raguean, R.F., and Syarif, S. 2010. Earthworm and soil carbon sequestration after twenty one years of continuous no-tillage corn-legume rotation in indonesia. *JIFS*. 7 : 51 –58.
- Wahid, I. 2018. *Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula Di Kawasan Manifestasi Geothermal Ie Jueseulawah Agam Desa Meurah Kecamatan Seulimeum Sebagai Referensi Mata Kuliah Ekologi Tumbuhan*. Skripsi. Universitas Islam Negeri Ar-Raniry. Banda Aceh.

- Wirawan, G. A. 2014. *Identifikasifungi mikoriza arbuskular secara mikroskrropis pada rhizosfer tanaman alang-alang*. Skripsi. Universitas Udayana. Bali.
- Yahmadi, M. 2007. *Rangkaian Perkembangan dan Permasalahan Budidaya & Pengolahan Kopi di Indonesia*. PT. Bina Ilmu Offset.
- Yusriadi, Y.S., Patadungan., dan Hasanah, U. 2018. Kepadatan dan keragaman spora fungi mikoriza arbuskula pada daerah perakaran beberapa tanaman pangan di lahan pertanian desa sidera. *Jurnal Agroland*. 25(1): 64-73.
- Zaller, J.G., Florian, H., Liliane, R., and Andrea, G. 2014. Glyphosate herbicide affects belowground interactions between earthworms and symbiotic mycorrhizal fungi in a model ecosystem. *Scientific Reports*. 4(6):1-8 hlm.
- Zulfredi, D., Elfiati, dan Delfian. 2015. *Status dan Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) pada Lahan Produktif dan Lahan Non Produktif*. Jurusan Kehutanan. Universitas Sumatera Utara.