

**SELEKSI EMPAT SPESIES FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
VARIETAS D_xP SRIWIJAYA 3 DI PEMBIBITAN**

(Skripsi)

Oleh

**FERDI ARDIANSYAH
NPM 2214161030**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

**SELEKSI EMPAT SPESIES FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
VARIETAS D_xP SRIWIJAYA 3 DI PEMBIBITAN**

Oleh

FERDI ARDIANSYAH

Skripsi

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

Pada

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



**JURUSAN AGRONOMI DAN HORTIKULTURA
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

SELEKSI EMPAT SPESIES FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) VARIETAS DxP SRIWIJAYA 3 DI PEMBIBITAN

Oleh

FERDI ARDIANSYAH

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan komoditas perkebunan strategis yang membutuhkan bibit unggul untuk mendukung produktivitas tanaman. Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) berpotensi meningkatkan pertumbuhan bibit melalui peningkatan penyerapan air dan unsur hara, terutama fosfor. Penelitian ini bertujuan menentukan spesies FMA yang terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit varietas DxP Sriwijaya 3 di pembibitan. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan dan rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada September 2025–Maret 2026. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan satu faktor berupa spesies FMA, yaitu tanpa mikoriza (M0), *Glomus clarum* (M1), *Glomus intraradices* (M2), *Acaulospora longula* (M3), dan *Acaulospora spinosa* (M4), masing-masing diulang empat kali. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji BNJ 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap tingkat kehijauan daun, lingkaran bonggol, luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, dan persentase kolonisasi akar, namun tidak berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman, jumlah daun, serta variabel perakaran. Spesies *Acaulospora longula* memberikan hasil terbaik pada luas daun (2210.25 cm²), bobot segar tajuk (122.99 g), bobot kering tajuk (32.82 g), dan persentase kolonisasi akar tertinggi sebesar 26.28%. Sementara itu, *Glomus clarum* menghasilkan tingkat kehijauan daun tertinggi. Secara keseluruhan, *Acaulospora longula* merupakan spesies FMA yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit varietas DxP Sriwijaya 3 dan berpotensi dikembangkan sebagai pupuk hayati untuk menghasilkan bibit yang lebih unggul dan berkualitas.

Kata Kunci: *Acaulospora longula*, fungi mikoriza arbuskular, kelapa sawit, kolonisasi akar, pembibitan.

ABSTRACT

SELECTION OF FOUR ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI SPECIES ON OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) DxP SRIWIJAYA 3 VARIETY IN THE NURSERY

By

FERDI ARDIANSYAH

Oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) is a strategic plantation commodity that requires high-quality seedlings to support optimal crop productivity. Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) have the potential to enhance seedling growth by improving water and nutrient uptake, particularly phosphorus. This study aimed to determine the best AMF species for promoting the growth of DxP Sriwijaya 3 oil palm seedlings in the nursery stage. The experiment was conducted at the Plantation Crop Production Laboratory and greenhouse of the Faculty of Agriculture, University of Lampung, from September 2025 to March 2026. A Randomized Complete Block Design (RCBD) with a single factor consisting of AMF species was employed, namely: no mycorrhiza (M0), *Glomus clarum* (M1), *Glomus intraradices* (M2), *Acaulospora longula* (M3), and *Acaulospora spinosa* (M4), with four replications. Data were analyzed using analysis of variance (ANOVA), followed by the Honestly Significant Difference (HSD) test at the 5% significance level. The results showed that AMF inoculation significantly affected leaf greenness, stem girth, leaf area, shoot fresh weight, shoot dry weight, and root colonization percentage, but had no significant effect on plant height, leaf number, or root growth parameters. *Acaulospora longula* produced the best performance in leaf area (2210.25 cm²), shoot fresh weight (122.99 g), shoot dry weight (32.82 g), and the highest root colonization percentage (26.28%). Meanwhile, *Glomus clarum* resulted in the highest leaf greenness index. Overall, *Acaulospora longula* was the most effective AMF species in enhancing the growth of DxP Sriwijaya 3 oil palm seedlings and shows considerable potential as a biofertilizer for producing superior and high-quality planting materials.

Keywords: *Acaulospora longula*, Arbuscular Mycorrhizal Fungi, nursery, Oil Palm, root colonization.

Judul Skripsi : **Seleksi Empat Spesies Fungi Mikoriza
Arbuskular pada Tanaman Kelapa Sawit
(*Elaeis guineensis* Jacq.) Varietas DxP
Sriwijaya 3 di Pembibitan**

Nama Mahasiswa : Ferdi Ardiansyah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214161030

Program Studi : Agronomi

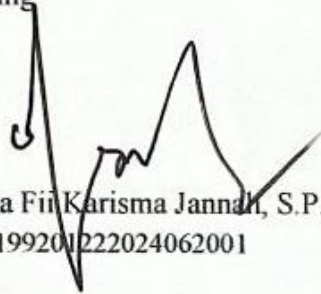
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001



Husna Fitri Karisma Jannah, S.P., M.P.
NIP 199201222024062001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.

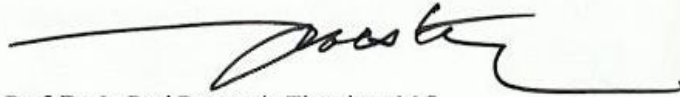


Sekretaris : Husna Fii Karisma Jannah, S.P., M.P.



Penguji

Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 12 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Seleksi Empat Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Varietas DxP Sriwijaya 3 di Pembibitan”** 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 di kemudian hari skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Juni 2026
Penulis



Ferdi Ardiansyah
2214161030

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Mujidadi pada tanggal 07 Juni 2003 sebagai anak ketiga dari tiga bersaudara, anak dari pasangan Bapak Tukimin dan Ibu Sunarti. Penulis mengawali pendidikan sekolah dasar di SD Negeri 21 Gedong Tataan pada tahun 2010 dan menyelesaikannya pada tahun 2016. Pada tahun yang sama, penulis melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Gadingrejo yang diselesaikan tahun 2019. Kemudian melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Gadingrejo, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu yang diselesaikan pada tahun 2022.

Setelah lulus dari SMA Negeri 1 Gadingrejo, penulis melanjutkan pendidikan di Universitas Lampung (UNILA) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian pada tahun 2022. Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif sebagai anggota bidang akademik dan profesi pada Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) periode 2024/2025. Penulis juga aktif sebagai anggota bidang pengembangan sumber daya manusia pada Badan Eksekutif Mahasiswa Fakultas Pertanian periode 2024/2025. Selain berorganisasi, penulis juga menjadi asisten dosen mata kuliah Kimia Dasar Semester Ganjil 2023/2024, Teknologi Pascapanen Semester Ganjil 2024/2025, Perkebunan Kelapa Sawit dan Kelapa Semester Ganjil 2025/2026, Produksi Tanaman Perkebunan dan Produksi Tanaman Rempah Semester Genap 2025/2026.

Sebagai wujud pengabdian kepada masyarakat, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Sumber Agung, Kecamatan Bandar Surabaya, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Januari-Februari 2025.

Penulis selanjutnya melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) sebagai bentuk peningkatan kemampuan dan pengalaman sebagai mahasiswa pertanian di PT Tunggal Yunus Estate OPRS, Kabupaten Kampar, Riau pada bulan Juni-Agustus 2025.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya Dia mendapat (pahala) dari (kebajikan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dari (kejahatan) yang diperbuatnya”
(Q.S. Al-Baqarah: 286)

“Allah tidak mengatakan hidup ini mudah. Tetapi Allah berjanji, bahwa sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”
(Q.S. Al-Insyirah: 5-6)

“Stay Hungry. Stay Foolish”
(Steve Jobs)

“Jangan bangga menjadi ikan besar yang berenang di aquarium, tapi banggalah menjadi ikan kecil yang berenang di lautan luas”
(Ferd Ardiansyah)

Bismillahirrohmannirrohim

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang maha pengasih dan penyayang, skripsi ini penulis persembahkan untuk kedua orang tua tercinta Bapak Tukimin dan Ibu Sunarti yang selalu memberikan dukungan, doa, kasih sayang, dan berusaha memberikan yang terbaik untuk penulis, sehingga mampu menyelesaikan pendidikan hingga jenjang sarjana.

Teruntuk saudara tersayang Apriyati dan Heri Kurniawan serta seluruh keluarga dan orang terdekat penulis.

Terimakasih atas segala doa, kasih sayang, dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis selama ini

Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura Fakultas Pertanian Universitas Lampung, yang telah membimbing, memberikan ilmu pengetahuan, pengalaman serta dukungan selama masa perkuliahan.

Serta

Almamater Tercinta
Universitas Lampung

SANWANCANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian dan menyusun skripsi ini yang berjudul **“Seleksi Empat Spesies Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) Varietas DxP Sriwijaya 3 di Pembibitan”**. Selama melaksanakan penelitian dan penulisan ini, penulis banyak mendapat bimbingan, dukungan, saran, dan bantuan dari berbagai pihak baik secara langsung maupun tidak langsung.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang setulus-tulusnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Pembimbing Pertama yang selalu memberikan bimbingan, nasihat serta masukan dengan penuh kesabaran kepada penulis dalam penyusunan skripsi.
3. Ibu Husna Fii Karisma Jannah, S.P., M.P., selaku pembimbing kedua atas segala masukan, bimbingan, arahan, saran, dan ilmu yang diberikan kepada penulis selama penyusunan skripsi.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Paul Benyamin Timotiwu, M.S., selaku penguji atas arahan, nasihat, ilmu, bimbingan, dukungan, masukan, kritik dan saran selama penyusunan skripsi.
5. Ibu Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D., selaku Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura.

6. Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, atas segala ilmu yang telah diberikan selama perkuliahan.
7. Teristimewa dengan penuh cinta kedua orang tua saya, Bapak Tukimin dan Ibu Sunarti yang selalu mengusahakan sekuat tenaga untuk anak ketiganya ini menempuh pendidikan setinggi-tingginya. Terima kasih atas segala sumber kekuatan, motivasi, dukungan, doa yang senantiasa mengiringi setiap langkah perjuangan anaknya, dan kasih sayang tanpa batas serta kesabaran dan pengorbanan yang tak terhitung jumlahnya.
8. Kepada saudara kandung penulis Apriyati dan Heri Kurniawan yang selalu mendoakan dan memberikan dukungan kepada penulis.
9. Kepada saudari Paras Intan Wanda Putri terima kasih atas masukan, dukungan, doa, motivasi, dan bersedia mendampingi penulis untuk menyelesaikan penelitian ini sampai selesai.
10. Sahabat-sahabat penulis Taufik, Azhar, Reimma, cinta, Umi yang selalu memberi dukungan, doa, dan semangat untuk penulis.
11. Kepada teman-teman penulis Dede, Riki, Dika, Hikmal, Naufal, Ikhsan terima kasih atas segala bentuk dukungan, motivasi, doa dan canda tawa.
12. Teman-teman tim Aerob Family 2022 dan Mba Puput terima kasih atas kerjasamanya, dukungan, doa sehingga penulis dapat menyelesaikan penelitian ini dengan baik.

Penulis berharap semoga Allah SWT membalas atas semua kebaikan yang telah diberikan dan semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat bagi para pembaca.

Bandar Lampung, 15 Juni 2026



Ferdi Ardiansyah
2214161030

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	iv
DAFTAR TABEL	vi
DAFTAR GAMBAR	x
DAFTAR LAMPIRAN	xi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan.....	5
1.4 Landasan Teori	5
1.5 Kerangka Pemikiran	10
1.6 Hipotesis	13
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Tanaman Kelapa Sawit.....	14
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Kelapa Sawit	15
2.1.2 Varietas Kelapa Sawit.....	16
2.1.3 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	17
2.1.4 Deskripsi Kelapa Sawit Varietas DXP Sriwijaya.....	18
2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular	19
2.2.1 Taksonomi Fungi Mikoriza Arbuskular	19
2.2.2 Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskular	21
2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	24
III. METODOLOGI PENELITIAN	28
3.1 Waktu dan Tempat	28
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Metode Penelitian.....	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian	31

3.4.1 Penyemaian Benih dan Penyiapan Media Tanam di <i>Pre Nursery</i>	31
3.4.2 Persiapan Inokulan.....	31
3.4.3 Penanaman di <i>Pre Nursery</i> dan inokulasi Spora FMA.....	32
3.4.4 Penyiapan Media Tanam di <i>Main Nursery</i>	33
3.4.5 Penanaman di <i>Main Nursery</i>	33
3.4.6 Pemeliharaan Tanaman.....	33
3.5 Variabel Penelitian	34
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	38
4.1 Hasil.....	38
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	39
4.1.2 Jumlah Daun	39
4.1.3 Tingkat Kehijauan Daun.....	40
4.1.4 Lingkar Bonggol.....	41
4.1.5 Luas Daun.....	41
4.1.6 Bobot Segar Tajuk	42
4.1.7 Bobot Kering Tajuk	43
4.1.8 Jumlah Akar Primer Aktif.....	43
4.1.9 Rata-Rata Panjang Akar Primer.....	44
4.1.10 Bobot Segar Akar.....	45
4.1.11 Volume Akar.....	45
4.1.12 Bobot Kering Akar.....	46
4.1.13 Persen Kolonisasi Akar.....	47
4.2 Pembahasan	47
V. KESIMPULAN.....	56
5.1 Kesimpulan.....	56
5.2 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	63

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi Varietas DxP Sriwijaya 3.....	18
2. Taksonomi Glomeromycota yang mengacu pada INVAM 2025	20
3. Deskripsi 4 spesies FMA yang diuji	29
4. Tata letak percobaan di <i>Pre Nursery</i> dan <i>Main Nursery</i>	30
5. Dosis dan waktu pemupukan bibit kelapa sawit	34
6. Rekapitulasi analisis ragam pada berbagai variabel pengamatan	38
7. Tinggi tanaman bibit kelapa sawit umur 8-24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	39
8. Jumlah daun bibit kelapa sawit umur 8-24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	40
9. Tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	40
10. Lingkar bonggol bibit kelapa sawit umur 8-24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	41
11. Luas daun bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	42
12. Bobot segar tajuk bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	42

Tabel	Halaman
13. Bobot kering tajuk bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	43
14. Jumlah akar primer aktif bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	44
15. Rata-rata panjang akar primer bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	44
16. Bobot segar akar bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	45
17. Volume akar bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	46
18. Bobot kering akar bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	46
19. Persen kolonisasi akar bibit kelapa sawit umur 24 MSA yang telah diinokulasi 4 spesies FMA	47
20. Jumlah daun kelapa sawit 8 MSA (helai)	71
21. Anova RAK Jumlah daun kelapa sawit 8 MSA.....	71
22. Jumlah daun kelapa sawit 16 MSA (helai)	71
23. Anova RAK Jumlah daun kelapa sawit 16 MSA.....	71
24. Jumlah daun kelapa sawit 24 MSA (helai)	72
25. Anova RAK jumlah daun kelapa sawit 24 MSA	72
26. Tinggi tanaman kelapa sawit 8 MSA (cm)	72
27. Anova RAK tinggi tanaman kelapa sawit 8 MSA	72
28. Tinggi tanaman kelapa sawit 16 MSA (cm)	73

Tabel	Halaman
29. Anova RAK tinggi tanaman kelapa sawit 16 MSA	73
30. Tinggi tanaman kelapa sawit 24 MSA (cm)	73
31. Anova RAK tinggi tanaman kelapa sawit 24 MSA	73
32. Lingkar bonggol kelapa sawit 8 MSA (cm).....	74
33. Anova RAK lingkar bonggol kelapa sawit 8 MSA.....	74
34. Lingkar bonggol kelapa sawit 16 MSA (cm).....	74
35. Anova RAK lingkar bonggol kelapa sawit 16 MSA.....	74
36. Lingkar bonggol kelapa sawit 24 MSA (cm).....	75
37. Anova RAK lingkar bonggol kelapa sawit 24 MSA.....	75
38. Tingkat kehijauan daun kelapa sawit (24 MSA).....	75
39. Anova RAK tingkat kehijauan daun kelapa sawit	75
40. Luas daun kelapa sawit 24 MSA (cm ²).....	76
41. Anova RAK luas daun kelapa sawit 24 MSA.....	76
42. Bobot segar tajuk kelapa sawit 24 MSA (g)	76
43. Anova RAK bobot segar tajuk kelapa sawit 24 MSA	76
44. Bobot kering tajuk kelapa sawit 24 MSA (g).....	77
45. Anova RAK bobot kering tajuk kelapa sawit 24 MSA.....	77
46. Jumlah akar primer aktif kelapa sawit 24 MSA (unit).....	77
47. Anova RAK jumlah akar primer aktif kelapa sawit 24 MSA	77
48. Rata-rata panjang akar primer kelapa sawit 24 MSA (cm).....	78

Tabel	Halaman
49. Anova RAK rata-rata panjang akar primer kelapa sawit 24 MSA.....	78
50. Bobot segar akar kelapa sawit 24 MSA (g)	78
51. Anova RAK bobot segar akar kelapa sawit 24 MSA.....	78
52. Volume akar kelapa sawit 24 MSA (mL)	79
53. Anova RAK volume akar kelapa sawit 24 MSA	79
54. Bobot kering akar kelapa sawit 24 MSA (g).....	79
55. Anova RAK bobot kering akar kelapa sawit 24 MSA.....	79
56. Persen kolonisasi FMA 24 MSA (%)	80
57. Anova RAK persen kolonisasi FMA 24 MSA.....	80

DAFTAR GAMBAR

Gambar.....	Halaman
1. Bagan alir kerangka pemikiran.	13
2. Proses perkembangan Spora <i>Glomus</i> (INVAM, 2025).....	21
3. Proses perkembangan Spora <i>Acaulospora</i> (INVAM, 2025).....	21
4. Spora FMA Spesies <i>Glomus clarum</i> dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).....	22
5. Spora FMA Spesies <i>Glomus intraradices</i> dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).....	23
6. Spora FMA Spesies <i>Acaulospora longula</i> dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).....	23
7. Spora FMA Spesies <i>Acaulospora spinosa</i> dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).....	24
8. Pengelompokan bibit sawit (a) dan inokulasi FMA (b).	32
9. Akar bibit kelapa sawit yang terkolonisasi FMA.....	49
10. Bibit kelapa sawit yang diberi perlakuan M0 (Tanpa perlakuan FMA), M1 (<i>Glomus clarum</i>), M2 (<i>Glomus intraradices</i>), M3 (<i>Acaulospora longula</i>), dan M4 (<i>Acaulospora spinosa</i>).	53
11. Akar bibit kelapa sawit yang diberi perlakuan M0 (Tanpa perlakuan FMA) dan M3 (<i>Acaulospora longula</i>).	54

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Hasil uji homogenitas ragam dengan uji bartlett.....	64
2. Hasil uji aditifitas dengan uji tukey	69
3. Data penelitian dan ANOVA	71

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas strategis di sektor perkebunan Indonesia yang memiliki peranan penting sebagai sumber minyak nabati. Produk turunan dari kelapa sawit, seperti minyak goreng, margarin, sabun, hingga biodiesel, semakin dibutuhkan seiring meningkatnya konsumsi rumah tangga maupun kebutuhan industri. Tingginya permintaan ini mendorong perluasan areal perkebunan kelapa sawit dari waktu ke waktu. Data menunjukkan bahwa pada tahun 1990 luas perkebunan kelapa sawit masih berada pada angka 1.126.677 hektar, kemudian meningkat signifikan menjadi 8.385.394 hektar pada tahun 2010, mencapai 14.326.350 hektar pada tahun 2018, dan tahun 2024 mencapai 16.005.060 hektar (BPS, 2025). Peningkatan tersebut dilakukan baik melalui pembukaan areal baru maupun intensifikasi pada lahan yang sudah tersedia, dengan tujuan mendukung pencapaian produktivitas yang lebih optimal.

Peningkatan luas lahan untuk tanaman kelapa sawit antara tahun 2018 hingga 2024 sebesar 11,7% (BPS, 2025). Pertumbuhan luas areal ini menyebabkan peningkatan permintaan terhadap bibit berkualitas setiap tahunnya. Bibit berkualitas sangat penting karena memengaruhi produktivitas dan umur tanaman (Jannah *et al.*, 2012). Untuk memenuhi kebutuhan bibit berkualitas, penting untuk menjalankan pemeliharaan yang tepat selama proses pembibitan. Bibit yang dipelihara dengan baik akan menghasilkan tanaman yang sehat dan vigor, yang pada gilirannya akan memberikan produksi yang optimal.

Dalam budidaya tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, pembibitan bertujuan untuk menyediakan dan menyiapkan bibit berkualitas tinggi, yang dapat bertahan pada kondisi lingkungan yang kurang ideal, dibandingkan dengan menanam

benih langsung di lapangan (Buana *et al.*, 2019). Proses pembibitan kelapa sawit terdiri atas dua tahapan, yaitu pembibitan awal (*pre nursery*) yang berlangsung selama 0-4 bulan, dan pembibitan utama (*main nursery*) yang berlangsung dari usia 4-12 bulan (Aji *et al.*, 2017).

Menurut Carillo *et al.* (2020), mikoriza merupakan asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan fungi pada zona rizosfer tanah. Keberadaan mikoriza mampu membantu tanaman dalam menyerap unsur hara yang sulit dijangkau, terutama fosfor. Tidak hanya itu, mikoriza juga dapat meningkatkan daya tahan tanaman terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan dan serangan patogen. Salah satu jenis mikoriza yang umum digunakan adalah Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA). Fungi mikoriza arbuskular merupakan salah satu tipe mikoriza yang mampu bersimbiosis dengan hampir seluruh tanaman yang ada di bumi (Smith and Read, 2008) termasuk tanaman kelapa sawit (Rini *et al.*, 2021). FMA membentuk hubungan saling menguntungkan dengan tanaman. Fungi ini membantu memperluas daerah serapan akar dan mempercepat penyerapan unsur hara, air, enzim, dan antibiotik, sementara tanaman menyediakan senyawa C-organik hasil fotosintesis bagi fungi.

Fungi mikoriza arbuskular dapat bersimbiosis dengan banyak tanaman inang, dengan istilah lain tidak menunjukkan tanaman inang yang spesifik. Akan tetapi, tanaman inang tertentu memperlihatkan respons yang lebih baik terhadap satu jenis spesies FMA. Menurut Souza (2015), keberhasilan asosiasi FMA dengan tanaman inang dipengaruhi oleh jenis FMA, jenis tanaman inang, aktivitas mikroorganisme (faktor biotik), dan faktor abiotik (suhu, kadar air tanah, pH, zat organik, intensitas cahaya, ketersediaan hara, logam berat, salinitas, dan fungisida). Menurut Rini *et al.* (2010), pemberian FMA tidak selalu memberikan peningkatan pada seluruh aspek pertumbuhan tanaman. Beberapa komponen pertumbuhan tanaman, seperti jumlah daun pada kelapa sawit, lebih dominan dipengaruhi oleh faktor genetik daripada faktor lingkungan. Dengan kata lain, meskipun FMA dapat memberikan manfaat tertentu bagi tanaman, pengaruhnya terhadap karakter yang dikendalikan secara genetik cenderung terbatas.

Hasil penelitian Wijayani dan Wirianata (2021) menunjukkan bahwa pada budidaya kelapa sawit rakyat banyak ditemukan keberadaan FMA dari genus *Glomus* dan *Acaulospora*. Tingginya dominasi kedua genus ini mengindikasikan bahwa keduanya memiliki kemampuan adaptasi yang baik terhadap kondisi lingkungan kebun kelapa sawit. Genus *Glomus* dikenal memiliki sifat kosmopolit, mampu berasosiasi dengan berbagai jenis tanaman inang, serta efektif meningkatkan penyerapan unsur hara terutama fosfor, sehingga mendukung pertumbuhan awal bibit kelapa sawit secara optimal (Krisnarini *et al.*, 2018). Fungi dari genus ini juga menunjukkan kemampuan adaptasi yang tinggi terhadap berbagai kondisi tanah, termasuk tanah masam dan miskin hara, sehingga menjadikannya dominan di berbagai tipe lahan pertanian tropis (Hazra dkk., 2024). Sebaliknya, genus *Acaulospora* memiliki karakter yang lebih spesifik, ditandai dengan pembentukan spora berdinding tebal yang berfungsi sebagai perlindungan terhadap kondisi lingkungan ekstrem seperti kekeringan atau fluktuasi kelembapan tanah (Tuheteru *et al.*, 2019). Selain meningkatkan ketersediaan unsur mikro, *Acaulospora* juga berperan dalam menjaga stabilitas ekosistem tanah melalui interaksi simbiotik yang erat dengan sistem perakaran tanaman (Irvanto dkk., 2020).

Penggunaan FMA dalam budidaya kelapa sawit memiliki berbagai kelebihan. Selain dapat mengurangi ketergantungan terhadap pupuk anorganik, FMA juga berperan dalam meningkatkan efisiensi pemupukan, menjaga kesehatan tanah, dan mendukung pertanian berkelanjutan (Firihi dan Husna, 2018). Penerapan teknologi pupuk hayati seperti FMA pada fase pembibitan menjadi salah satu solusi penting untuk menjawab meningkatnya kebutuhan bibit kelapa sawit yang unggul dan berkualitas. Berbagai penelitian menunjukkan bahwa seleksi spesies FMA merupakan langkah penting untuk memperoleh Spesies FMA yang paling efektif dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman. Penelitian Krisnarini *et al.* (2018) pada bibit kelapa sawit menunjukkan bahwa pemberian FMA dari genus *Glomus* mampu meningkatkan pertumbuhan bibit dan serapan fosfor dibandingkan tanpa inokulasi FMA. Tuheteru *et al.* (2019) melaporkan bahwa beberapa spesies FMA memberikan tingkat kolonisasi akar dan respons pertumbuhan yang berbeda pada tanaman kehutanan, yang menunjukkan adanya

variasi efektivitas antar spesies. Selanjutnya, Rini *et al.* (2021) menemukan bahwa aplikasi FMA pada pembibitan kelapa sawit dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif, namun tingkat peningkatan yang dihasilkan bergantung pada jenis FMA yang digunakan. Hasil-hasil penelitian tersebut mengindikasikan bahwa setiap spesies FMA memiliki kemampuan yang berbeda dalam membentuk simbiosis dengan tanaman inang.

Meskipun berbagai penelitian telah membuktikan manfaat FMA terhadap pertumbuhan tanaman, efektivitas setiap spesies FMA tidak selalu sama pada tanaman inang tertentu. Perbedaan kemampuan kolonisasi akar, pembentukan hifa eksternal, serta efisiensi penyerapan unsur hara menyebabkan respons pertumbuhan tanaman terhadap masing-masing spesies FMA menjadi berbeda (Smith dan Read, 2008). Oleh karena itu, proses seleksi spesies FMA perlu dilakukan untuk memperoleh spesies yang paling efektif dan kompatibel dengan tanaman kelapa sawit, khususnya pada fase pembibitan. Seleksi FMA menjadi penting karena spesies yang mampu beradaptasi dan bersimbiosis secara optimal dengan akar tanaman akan memberikan peningkatan pertumbuhan yang lebih baik dibandingkan spesies lainnya (Souza, 2015). Menurut Rini *et al.* (2021), keberhasilan pemanfaatan FMA pada kelapa sawit sangat dipengaruhi oleh kesesuaian antara spesies FMA dan tanaman inang. Dengan demikian, pengujian dan seleksi beberapa spesies FMA pada bibit kelapa sawit Varietas DxP Sriwijaya 3 diperlukan untuk mengidentifikasi spesies yang memiliki efektivitas tertinggi dalam mendukung pertumbuhan bibit, sehingga dapat direkomendasikan sebagai pupuk hayati yang lebih tepat dan efisien pada tahap pembibitan.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, penelitian ini dilakukan untuk menjawab pertanyaan spesies FMA manakah yang paling baik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit di pembibitan?

1.3 Tujuan

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan spesies FMA yang terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman kelapa sawit di pembibitan.

1.4 Landasan Teori

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) adalah fungi yang termasuk ke dalam golongan endomikoriza, yaitu kelompok fungi yang selain mengkolonisasi daerah interseluler pada sel-sel korteks, juga mengkolonisasi hingga ke bagian interseluler sel korteks akar (Brundrett *et al.*, 1996). Fungi mikoriza arbuskular merupakan tipe endomikoriza yang menyediakan unsur P menjadi tersedia bagi tanaman dikarenakan peran dari enzim fosfatase (Oktaviani dkk., 2014). Istilah umum untuk semua mikoriza yang tumbuh dalam sel korteks adalah endomikoriza (*Glomeromycota*) yang sering juga disebut sebagai *vesicular arbuscular mycorrhiza* (VAM) atau fungi mikoriza arbuskular (FMA) (Siddique dan Pichtel, 2008). Keberadaan endomikoriza pada akar tanaman diketahui dengan melihat adanya struktur hifa eksternal, hifa internal, vesikel, arbuskul dan spora dari sampel akar yang diamati di bawah mikroskop (Sufaati dan Bone, 2011).

Pada sistem perakaran tanaman, FMA menjalin simbiosis mutualisme dengan tanaman yang ditandai dengan adanya kolonisasi. Menurut Basri (2018), kolonisasi FMA dimulai dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar, kemudian hifa fungi menembus sel-sel epidermis akar tanaman. Setelah proses penetrasi, hifa tumbuh secara interseluler di dalam jaringan korteks dan ekstraseluler di dalam tanah. Hifa intereluler sebagian membentuk vesikel yang berfungsi sebagai tempat penyimpanan cabang makanan dan sebagian masuk ke dalam sel korteks membentuk percabangan dikotomus secara terus menerus membentuk vesikel. Hifa yang berada di rhizosfer mampu meningkatkan pengambilan fosfor dan unsur hara lainnya dari dalam tanah dengan cara memperluas permukaan yang bersinggungan dengan tanah.

Menurut Rumondang (2011), asosiasi simbiotik antara akar tanaman dengan fungi mikoriza dapat memberikan manfaat yang sangat baik bagi tanah dan tanaman inang yang merupakan tempat fungi tersebut tumbuh dan berkembang biak. Tanaman inang memperoleh hara nutrisi dan air dari fungi, sedangkan fungi memperoleh senyawa karbon hasil fotosintesis dari tanaman inangnya (Smith dan Read 2008). Menurut Dewi dkk. (2017), penggunaan FMA dapat membantu penyediaan hara, terutama fosfat bagi tanaman melalui kolonisasi akar tanpa menimbulkan nekrosis seperti halnya terjadi pada infeksi fungi patogen.

Menurut Nopita dkk. (2022), FMA membantu tanaman dalam penyerapan air dan unsur-unsur hara makro maupun mikro terutama P, memicu pembentukan vitamin dan beberapa zat pengatur untuk tumbuh. Pemberian FMA pada tanaman dapat membuat penyerapan fosfor yang lebih baik. Kolonisasi mikoriza diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman karena adanya peningkatan dalam pengambilan nutrisi. Berkaitan dengan unsur P, P-total dalam tanah tersedia dalam jumlah banyak namun unsur P-total tersebut tidak dapat diserap oleh akar tanaman. Oleh karena itu, upaya yang dilakukan agar P-total menjadi P-tersedia adalah menambahkan mikoriza. Dengan penambahan mikoriza P-total dilepas menjadi P-tersedia sehingga dapat diserap oleh akar tanaman. FMA diketahui juga dapat meningkatkan produksi hormon auksin (Nurbaiti dkk., 2024)

Salah satu manfaat penting dari mikoriza adalah kemampuannya dalam memperbaiki struktur tanah. Finlay dan Söderström (1992) mencatat bahwa fungi mikoriza dapat meningkatkan agregasi tanah dan stabilitas struktur tanah, yang berdampak positif terhadap aerasi dan drainase. Hal ini penting dalam meningkatkan kesuburan tanah dan mencegah erosi tanah. Menurut Bawamenewi (2025), senyawa glikoprotein yang disintesis oleh FMA yang secara signifikan memengaruhi struktur tanah. Protein tanah terkait glomalin (GRSP) sangat berkorelasi dengan stabilitas agregat tanah dan berfungsi sebagai komponen penting bahan organik tanah.

Simbiosis antara FMA dan tanaman inang merupakan hubungan mutualistik yang kompleks dan sangat dipengaruhi oleh berbagai faktor biotik maupun abiotik.

Faktor biotik yang berperan meliputi jenis tanaman inang, spesies FMA, serta aktivitas mikroorganisme lain di sekitar rhizosfer. Kesesuaian antara jenis FMA dan tanaman inang sangat menentukan keberhasilan kolonisasi akar, karena tidak semua jenis tanaman mampu membentuk asosiasi efektif, seperti pada famili *Brassicaceae* yang diketahui tidak bersimbiosis dengan FMA akibat adanya senyawa penghambat dalam akar (Smith dan Read, 2008). Sebaliknya, tanaman dari famili *Fabaceae* dan *Poaceae* umumnya memiliki tingkat kolonisasi tinggi karena sistem perakaran dan eksudat akarnya lebih mendukung pertumbuhan dan aktivitas FMA. Sedangkan untuk FMA merupakan salah satu tipe mikoriza yang mampu bersimbiosis dengan hampir seluruh tanaman yang ada di muka bumi (Smith dan Read, 2008). Fungi ini mampu bersimbiosis dengan hampir 90% spesies tanaman di muka bumi termasuk kelapa sawit (Rini *et al.*, 2021).

Keberadaan mikroba lain seperti bakteri rizosfer dapat mendukung atau menghambat pembentukan simbiosis melalui produksi hormon pertumbuhan atau kompetisi nutrisi. Sementara itu, faktor abiotik mencakup kondisi lingkungan seperti suhu, kelembapan, pH tanah, ketersediaan unsur hara (terutama fosfor), serta tekstur dan struktur tanah. FMA umumnya tumbuh optimal pada tanah dengan pH netral hingga agak masam dan kadar fosfor yang rendah, karena ketersediaan fosfor tinggi dapat menekan pembentukan hubungan simbiotik (Tawaraya, 2003). Suhu dan kelembapan yang ekstrem juga dapat menghambat pertumbuhan hifa serta viabilitas spora. Interaksi antara faktor biotik dan abiotik secara sinergis menentukan tingkat keberhasilan dan efektivitas simbiosis FMA dengan tanaman inang.

FMA mampu meningkatkan parameter pertumbuhan vegetatif dalam waktu singkat, yang memberikan dampak positif yang signifikan terhadap produktivitas dan kualitas tanaman. Menurut Leovini *et al.* (2014), pemanfaatan FMA pada tebu lahan kering menyebabkan sistem perakaran tebu menjadi lebih baik, dibandingkan dengan tebu tanpa menggunakan FMA. Hifa FMA dapat menjangkau unsur hara penting seperti fosfor dan berbagai unsur hara lainnya seperti N, S, Zn, K, Co, serta Mo dalam tanah. Dalam kondisi kekeringan, peran FMA dianggap positif dalam meningkatkan kemampuan tanaman tebu dalam

menyerap air dan nutrisi, yang mendukung pertumbuhan optimal (Riliana, 2020). Menurut Puspitasari (2021), pemberian fungi mikoriza *Glomus* sp. pada tebu dapat secara signifikan meningkatkan laju fotosintesis, jumlah daun, kehijauan daun, jumlah anakan, diameter batang, tinggi tanaman, serta berat kering tanaman.

Penelitian Rini *et al.* (2017) mengevaluasi lima isolat FMA untuk pembibitan kelapa sawit menemukan bahwa isolat *Entrophospora* sp. isolat MV 29 dan *Glomus* sp. isolat MV 27 menunjukkan kinerja terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit dibanding kontrol dan *Glomus* sp. isolat MV 10, *Gigaspora* sp. isolat MV 17, *Entrophospora* sp. isolat MV 2. Peneliti ini melaporkan bahwa bibit yang diinokulasi kedua isolat tersebut menghasilkan rata-rata jumlah daun sebanyak 10,5 helai dibandingkan dengan kontrol 9,3 helai, bobot kering tajuk masing-masing sebesar 30,7 g dan 29,2 g dibandingkan dengan kontrol 20,3 g, diameter batang sekitar 3,98 cm dan 4,02 cm dibandingkan dengan kontrol 3,32 cm serta persentase infeksi akar 82,9% dan 75,8% dibandingkan dengan kontrol 51,4%. Hal tersebut memperlihatkan kemampuan isolat FMA guna meningkatkan kolonisasi akar dan parameter pertumbuhan bibit kelapa sawit secara signifikan.

Penelitian yang dilakukan oleh Rini dkk. (2021), menunjukkan bahwa aplikasi empat jenis FMA pada bibit kelapa sawit yang ditanam di tanah histosol memberikan pengaruh signifikan terhadap peningkatan pertumbuhan dan penyerapan unsur hara tanaman. Hasil penelitian memperlihatkan bahwa inokulasi FMA, khususnya jenis *Glomus* sp. dan kombinasi *Gigaspora* sp. dengan *Entrophospora* sp., mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, serta bobot kering tajuk secara nyata dibandingkan tanaman kontrol tanpa mikoriza. Selain itu, kolonisasi akar oleh FMA juga memperbaiki serapan unsur hara esensial seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan boron (B), yang berperan penting dalam fase awal pertumbuhan kelapa sawit. Temuan ini menegaskan bahwa pemilihan jenis FMA yang adaptif terhadap kondisi tanah histosol dapat menjadi strategi efektif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan serta memperkuat pertumbuhan awal bibit kelapa sawit di lahan marginal.

Penelitian yang dilakukan oleh Irvanto dkk. (2020) mengungkap bahwa pemberian beberapa jenis FMA pada bibit kelapa sawit yang dibudidayakan di tanah haplohumods memberikan pengaruh nyata terhadap pertumbuhan vegetatif dan efisiensi serapan hara tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa FMA jenis *Acaulospora* sp. dan *Glomus* sp.+*Gigaspora* sp. merupakan FMA yang efektif dalam mendukung pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit pada haplohumods yang ditunjukkan dengan nilai bobot kering tajuk yang berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol dengan peningkatan bobot kering sebesar 38,0% dan 53,2% secara berturut-turut. Selain memperbaiki pertumbuhan, FMA tersebut juga memperlihatkan tingkat kolonisasi akar yang lebih intensif dan mampu meningkatkan serapan unsur hara terutama fosfor (P), yang pada umumnya rendah pada tanah haplohumods. Temuan ini menegaskan bahwa pemanfaatan FMA berpotensi besar dalam mendukung pertumbuhan optimal bibit kelapa sawit di lahan dengan karakteristik tanah organik tinggi melalui peningkatan efisiensi penyerapan hara dan perbaikan sistem perakaran tanaman.

Penelitian yang dilakukan oleh Rias dkk. (2015), menunjukkan bahwa seluruh jenis FMA yang diujikan yaitu *Entrophospora* sp. isolat MV 3, *Entrophospora* sp. isolat MV 12, *Glomus* sp. isolat MV 4, dan *Glomus* sp. isolat MV 13 dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dibandingkan tanpa FMA kecuali *Glomus* sp., Isolat MV 11. Pemberian dosis pupuk NPK 100% dari dosis anjuran menghasilkan pertumbuhan terbaik bibit kelapa sawit pada variabel bobot segar akar, volume akar, bobot segar tajuk, bobot kering akar, bobot kering tajuk, dan tingkat kehijauan daun. Respon pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA tidak ditentukan oleh dosis pupuk NPK yang diberikan. Tidak terdapat dosis optimum pupuk NPK untuk masing-masing jenis FMA yang digunakan.

Kelapa sawit secara alami bersimbiosis dengan FMA dan menurut Phosri *et al.* (2010), tanaman kelapa sawit tergolong kedalam tanaman yang sangat bergantung pada FMA karena perakarannya yang tidak memiliki rambut akar. Widiastuti *et al.* (2005), melaporkan terjadi peningkatan pertumbuhan dan serapan hara bibit

kelapa sawit yang diberi perlakuan salah satunya FMA *Acaulospora tuberculata*. Mereka juga melaporkan bahwa jumlah spora yang efektif dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit adalah 500 spora. Peningkatan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang diaplikasikan FMA juga dilaporkan oleh Rini dan Efriani (2016). Di samping peningkatan pertumbuhan, aplikasi FMA juga meningkatkan ketahanan bibit terhadap cekaman air.

Menurut Rengganis (2013), bahwa *Glomus* mempunyai tingkat adaptasi yang cukup tinggi terhadap lingkungan, baik pada kondisi tanah yang masam maupun netral. Beberapa penelitian juga menyatakan bahwa genus *Glomus* merupakan genus yang paling mendominasi dalam suatu ekosistem. Hasil penelitian Sanana dkk. (2022) memperlihatkan bahwa *Glomus* lebih beradaptasi dibandingkan dengan genus lainnya dan mempunyai daerah sebaran yang paling luas serta paling toleran terhadap kondisi salinitas tanah.

Penelitian Widiastuti *et al.* (2005) mengungkapkan bahwa keberhasilan inokulasi FMA dalam mendukung pertumbuhan sekaligus berperan sebagai agen biokontrol terhadap serangan patogen sangat dipengaruhi oleh jumlah spora yang diberikan. Dari beberapa taraf dosis yang diuji, aplikasi 500 spora per tanaman terbukti memberikan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang paling optimal dibandingkan dengan pemberian 200 maupun 350 spora per tanaman.

1.5 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoretis terhadap rumusan masalah. Pertumbuhan kelapa sawit akan meningkat optimal apabila dipelihara dengan baik sejak masa pembibitan. Peningkatan pertumbuhan bibit kelapa sawit dapat dilakukan salah satunya dengan pemberian FMA.

Penerapan FMA dalam penelitian ini diharapkan mampu memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan pertumbuhan dan serapan hara tanaman melalui pembentukan hubungan simbiosis mutualisme antara FMA dengan akar tanaman inang. Ketika inokulum FMA diaplikasikan di sekitar akar bibit pada media

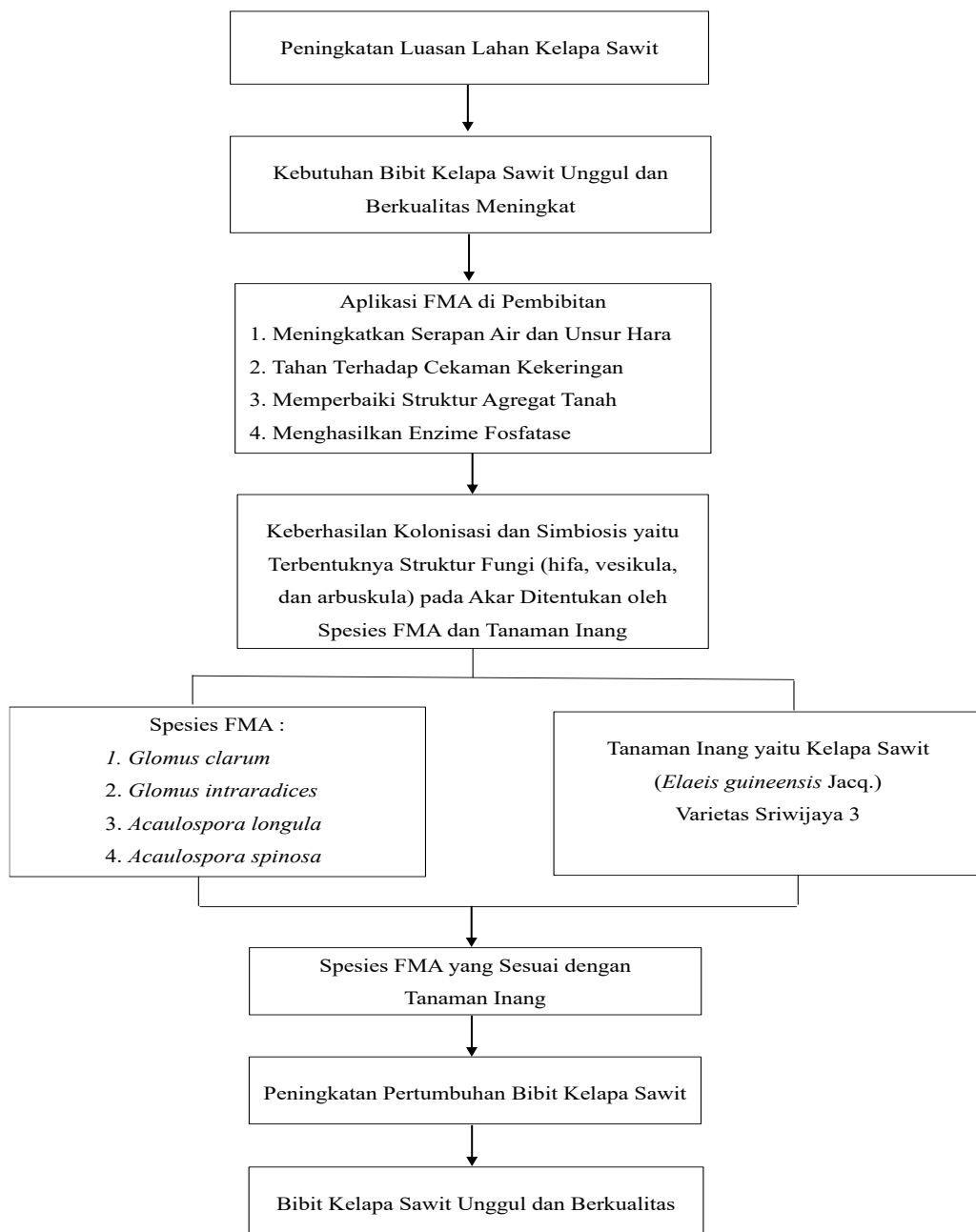
tanam, spora akan mulai berkecambah dan membentuk hifa yang tumbuh menuju permukaan akar tanaman. Pada tahap awal, terbentuk apresorium pada epidermis akar sebagai pintu masuk bagi hifa ke jaringan korteks. Setelah berhasil menembus jaringan akar, hifa akan berkembang baik secara interseluler maupun ekstraseluler dan membentuk struktur khas seperti vesikel dan arbuskul. Struktur arbuskul inilah yang berperan sebagai tempat terjadinya pertukaran hara antara fungi dan tanaman, di mana unsur fosfor (P) yang sebelumnya tidak tersedia dalam tanah akan diubah menjadi bentuk yang dapat diserap oleh tanaman yaitu pada pH 3-6 dalam bentuk H_2PO_4^- , sedangkan pada pH 8-11 dalam bentuk HPO_4^{2-} . Sementara itu fungi memperoleh makanan dari senyawa karbon hasil fotosintesis tanaman inang yang dilepaskan di daerah rhizosfer akar. Seiring berjalannya waktu, kolonisasi akar oleh FMA akan semakin meningkat, ditandai dengan bertambahnya jumlah hifa dan spora di sekitar rizosfer. Kondisi ini mendorong efisiensi penyerapan hara, khususnya unsur P, N, Zn, dan K, serta memperluas daerah eksplorasi akar tanpa menambah energi metabolik tanaman. Sistem perakaran yang dibantu oleh hifa akan berkembang lebih baik karena FMA membantu memperluas area serapan air dan hara, sehingga tanaman lebih tahan terhadap cekaman lingkungan seperti kekeringan.

Fungi Mikoriza Arbuskular dapat bersimbiosis hampir dengan 90% jenis tanaman. Namun FMA akan tumbuh dengan baik apabila mendapatkan tanaman inang yang sesuai terhadap karakteristik FMA tersebut. Pemberian spesies FMA yang berbeda akan memberikan pengaruh yang berbeda pula pada satu jenis tanaman. Keberhasilan infeksi FMA bergantung kepada kecocokan antara FMA dengan tanaman inang. Kecocokan tersebut dapat dilihat dari eksudat akar yang dikeluarkan tanaman inang. Mikoriza mengambil eksudat akar untuk pertumbuhannya. Tidak semua mikoriza cocok dengan eksudat akar yang dikeluarkan oleh tanaman inang tertentu. Apabila mikoriza cocok dengan eksudat akar tanaman tersebut, maka pertumbuhan FMA akan semakin meningkat dan dapat melakukan simbiosis dengan baik pula. Namun bila mikoriza tersebut tidak menyukai eksudat akar yang dikeluarkan tanaman inang, maka simbiosis FMA dan tanaman inang akan rendah atau bahkan tidak terjadi simbiosis.

Perlakuan FMA dengan dosis inokulum 500 spora per bibit akan memberikan hasil yang optimal dan berpengaruh positif terhadap pertumbuhan bibit. Kolonisasi ini juga diharapkan memperkuat ketahanan tanaman terhadap patogen tanah melalui mekanisme kompetisi ruang dan aktivasi sistem pertahanan alami tanaman. Dengan demikian, penerapan FMA dalam penelitian ini diharapkan juga dapat memperbaiki kondisi fisiologis tanaman secara keseluruhan, menghasilkan pertumbuhan yang lebih optimal dan produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan perlakuan tanpa mikoriza.

Dalam penelitian ini diuji empat spesies FMA, yaitu *Glomus clarum*, *Glomus intraradices*, *Acaulospora longula*, dan *Acaulospora spinosa*. Spesies *Glomus* dikenal karena efisiensi tinggi dalam penyerapan fosfor dan kolonisasi yang luas, sementara spesies *Acaulospora* memiliki karakteristik ekologis dan adaptasi yang berbeda yang perlu dieksplorasi lebih lanjut. Eksudat akar kelapa sawit, khususnya strigolakton, akan memicu perkecambahan spora dan inisiasi simbiosis oleh FMA.

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dibuat, maka bagan alir kerangka pemikiran dari penelitian ini diharapkan dapat memberikan rekomendasi spesies FMA yang paling sesuai dengan tanaman kelapa sawit Varietas Sriwijaya 3 dan menghasilkan bibit kelapa sawit unggul dan berkualitas (Gambar 1).



Gambar 1. Bagan alir kerangka pemikiran.

1.6 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat disimpulkan hipotesis pada penelitian ini yaitu, terdapat spesies FMA yang paling sesuai dengan bibit kelapa sawit dalam meningkatkan pertumbuhan bibit dan menghasilkan bibit kelapa sawit unggul dan berkualitas.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guinensis* Jacq.) merupakan tumbuhan tropis yang diperkirakan berasal dari Nigeria (Afrika Barat) karena pertama kali ditemukan di hutan belantara negara tersebut. Kelapa sawit pertama kali diperkenalkan di Indonesia oleh pemerintah kolonial Belanda pada tahun 1848. Ketika itu ada empat bibit kelapa sawit yang dibawa dari Mauritius dan Amsterdam serta ditanam di Kebun Raya Bogor. Sebagian keturunan kelapa sawit dari Kebun Raya Bogor tersebut diintroduksi ke Deli Serdang (Sumatra Utara) sehingga dinamakan Dura Deli (Hadi, 2004). Tanaman kelapa sawit mulai diusahakan dan dibudidayakan secara komersial pada tahun 1911. Perintis usaha perkebunan kelapa sawit di Indonesia adalah Adrien Hallet, seorang Belgia yang belajar banyak tentang kelapa sawit di Afrika. Budidaya yang dilakukannya diikuti oleh K. Schadt yang menandai lahirnya kebun sawit di Indonesia mulai berkembang. Pada masa pendudukan Belanda, perkembangan kelapa sawit mengalami perkembangan yang cukup pesat.

Memasuki masa pendudukan Jepang, perkembangan kelapa sawit mengalami kemunduran. Lahan perkebunan mengalami penyusutan sebesar 16% dari total luas lahan yang ada sehingga produksi minyak sawit di Indonesia hanya mencapai 56.000 ton pada tahun 1948/1949, padahal pada tahun 1940 Indonesia mengekspor 250.000 ton minyak sawit. Pada tahun 1957, setelah Belanda dan Jepang meninggalkan Indonesia, pemerintah mengambil alih perkebunan. Luas areal tanaman kelapa sawit terus berkembang dengan pesat di Indonesia. Hal ini menunjukkan meningkatnya permintaan akan produk olahannya. Ekspor minyak sawit CPO Indonesia antara lain ke Belanda, India, Cina, Malaysia dan Jerman,

sedangkan untuk produk minyak inti sawit *Palm Kernel Oil* (PKO) lebih banyak diekspor ke Belanda, Amerika Serikat dan Brasil (Pahan, 2008).

2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Kelapa Sawit

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2012), sebagai berikut:

Divisi	: Embryophyta Siphonagama
Kelas	: Angiospermae
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Arecaceae (dahulu disebut Palmae)
Subfamili	: Cocoideae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

Menurut Barokah dkk. (2024), tanaman kelapa sawit merupakan tumbuhan monokotil yang tidak memiliki akar tunggang. Radikula pada bibit kelapa sawit tumbuh memanjang ke arah bawah selama enam bulan, mencapai panjang hingga 15 meter. Akar primer kelapa sawit terus berkembang dengan susunan akar yang terdiri dari serabut primer yang tumbuh vertikal ke dalam tanah dan horizontal ke samping. Serabut primer ini bercabang menjadi akar sekunder yang tumbuh ke atas dan ke bawah, dan cabang-cabang ini juga akan bercabang lagi menjadi akar tersier. Kedalaman perakaran tanaman kelapa sawit dapat mencapai 8 hingga 16 meter secara vertikal.

Batang tanaman kelapa sawit umumnya tidak bercabang dan mengalami pembentukan batang yang melebar tanpa pemanjangan internodia pada fase pertumbuhan awal. Titik tumbuh batang terletak di pucuk batang yang berbentuk seperti kubis dan terbenam di dalam tajuk daun. Pada batang terdapat pangkal pelepah-pelepah daun yang melekat kukuh, dan pada tanaman tua, pangkal-pangkal pelepah yang tertinggal akan terkelupas, menjadikan batang tampak berwarna hitam beruas. Daun kelapa sawit memiliki bentuk menyerupai bulu burung atau ayam, dengan dua baris duri tajam di pangkal pelepah dan anak-anak daun yang tersusun berbaris dua hingga ke ujung daun (Mahendra, 2022).

Tanaman kelapa sawit mulai mengeluarkan bunga jantan dan betina setelah berumur tiga tahun. Bunga jantan berbentuk lonjong, sedangkan bunga betina agak bulat, dan penyerbukan terjadi secara silang dengan bantuan angin atau serangga. Buah kelapa sawit memiliki kulit yang licin dan keras, daging buah yang mengandung minyak, serta biji yang terdiri dari kulit biji, daging biji, dan lembaga. Lembaga akan berkembang menjadi plumula (batang dan daun) dan radikula (akar). Menurut Lubis dan Purba (2017), biji kelapa sawit umumnya memiliki periode dorman (masa non-aktif). Perkecambahannya dapat berlangsung lebih dari 6 bulan dengan keberhasilan sekitar 50%. Agar perkecambahan dapat berlangsung lebih cepat dan tingkat keberhasilannya lebih tinggi, biji kelapa sawit memerlukan pre-treatment.

2.1.2 Varietas Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit merupakan tanaman monokotil yang tergolong dalam famili palmae. Tanaman kelapa sawit digolongkan berdasarkan ketebalan tempurung (cangkang) dan warna buah (Pahan, 2012). Menurut Pahan (2012), berdasarkan ketebalan cangkang, tanaman kelapa sawit dibagi menjadi tiga varietas yaitu:

1. Varietas Dura, dengan ciri-ciri yaitu ketebalan cangkangnya 2-8 mm, dibagian luar cangkang tidak terdapat lingkaran serabut, daging buahnya relatif tipis, dan daging biji besar dengan kandungan minyak yang rendah. Varietas ini biasanya digunakan sebagai induk betina oleh para pemulia tanaman.
2. Varietas Psifera, dengan ciri-ciri yaitu ketebalan cangkang yang sangat tipis (bahkan hampir tidak ada). Daging buah psifera tebal dan daging biji sangat tipis. Psifera tidak dapat digunakan sebagai bahan baku untuk tanaman komersial karena bunga betinanya banyak yang mandul. Tetapi psifera kebanyakan digunakan sebagai induk jantan oleh para pemulia tanaman untuk menyerbuki bunga betina.
3. Varietas Tenera merupakan hasil persilangan antara dura dan psifera. Varietas ini memiliki ciri-ciri yaitu cangkang yang tipis dengan ketebalan 1,5 – 4 mm, terdapat serabut melingkar di sekeliling tempurung dan daging buah yang

sangat tebal. Varietas ini umumnya menghasilkan banyak tandan buah dan produksi minyak tinggi.

Menurut Sari (2022), berdasarkan warna buah tanaman kelapa sawit terbagi menjadi 3 jenis yaitu:

1. *Albescens*, dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna keputih-putihan, sedangkan buah yang telah masak berwarna kekuning-kuningan dengan ujung buah berwarna ungu kehitaman.
2. *Nigrescens*, dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna ungu kehitam-hitaman, sedangkan buah yang telah masak berwarna jingga kehitam-hitaman.
3. *Virescens*, dengan ciri-ciri yaitu buah mudanya berwarna hijau, sedangkan buah yang telah masak berwarna jingga kemerah-merahan dengan ujung buah tetap berwarna hijau.

2.1.3 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Kelapa sawit memerlukan kondisi lingkungan yang optimal untuk tumbuh dan berproduksi dengan baik. Faktor utama yang mempengaruhi pertumbuhan kelapa sawit adalah iklim dan tanah, di samping faktor genetika, perlakuan budidaya, dan penerapan teknologi. Tanaman ini dapat tumbuh pada berbagai jenis tanah, dengan ciri tanah yang baik adalah gembur, memiliki aerasi dan drainase yang baik, kaya akan humus, dan tidak memiliki lapisan padas. Tanaman kelapa sawit cocok dibudidayakan pada pH 4–6,5 dengan curah hujan ideal antara 1.750–2.500 mm per tahun. Ketinggian tempat yang baik untuk penanaman adalah kurang dari 500 m dpl dengan kemiringan lereng 0 hingga 3%, dan suhu optimum berkisar 27–33°C (Juliardi dan Fachrudin, 2022).

Pemeliharaan tanaman kelapa sawit harus dilakukan secara intensif, termasuk penyiraman, penyiangan, pemupukan, dan pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT). Pemupukan merupakan kegiatan penting yang dapat dilakukan dengan menggunakan pupuk organik dan anorganik. Penggunaan topsoil sebagai media tanam bertujuan untuk menghasilkan bibit yang berkualitas, namun ketersediaan topsoil yang semakin menipis memerlukan alternatif campuran

media tanam berupa subsoil yang ditambah dengan kompos untuk meningkatkan kesuburan dan kemampuan menahan air. Aplikasi pupuk hayati juga menjadi alternatif untuk mengurangi penggunaan pupuk anorganik dan meningkatkan kualitas lahan secara berkelanjutan (Hidayat dkk., 2023).

2.1.4 Deskripsi Kelapa Sawit Varietas DxP Sriwijaya

Benih DxP Sriwijaya adalah benih kelapa sawit unggul hasil dari penelitian dan pengembangan PT Binasawit Makmur sejak tahun 1994. Melalui sistem pemuliaan yang handal, pohon induk- pohon induk unggul terpilih untuk menghasilkan benih yang memiliki potensi superior dalam produksi tandan, unggul dalam ekstraksi minyak, toleran terhadap cekaman biotik dan abiotik, dengan persen kontaminasi non tenera yang rendah. PT Binasawit Makmur telah merilis 6 varietas benih kelapa sawit unggul yaitu Sriwijaya 1-6. Masing-masing varietas memiliki karakteristik unggul yaitu adaptasi yang tinggi terhadap lingkungan (tahan kekeringan), seragam (kontaminasi dura sangat rendah), cepat produksi (panen perdana umur 26-30 bulan), pertumbuhan meninggi lambat (56-68 cm/ tahun), kerapatan tinggi (Standar Pokok Per Ha, SPH 135-160 pohon/ha), produktivitas tinggi (TBS >28 ton/Ha/tahun). Dalam penelitian ini varietas yang digunakan yaitu DxP Sriwijaya 3, hasil persilangan Dura Deli dengan Psifera Ekona. Deskripsi varietas DxP Sriwijaya 3 disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Deskripsi Varietas DxP Sriwijaya 3

Kriteria	Nilai
Panen perdana	26 bulan
Kerapatan tanam	135 pohon/hektar
Rerata Produksi TBS	30,5 ton/hektar
Rerata OER Industri	24%
Rerata jumlah tandan	19 tandan/pohon/tahun
Rerata bobot tandan	10,8 kg (\pm 5%)
Pertumbuhan meninggi	59 cm/tahun
Adaptasi lingkungan	Tahan kekeringan

Sumber: <https://binasawitmakmur.com/produk-dan-jasa/benih&bibit> 2025

2.2 Fungi Mikoriza Arbuskular

Mikoriza secara harfiah berarti fungi akar. Mikoriza merupakan hubungan simbiotik dan mutualistik antara fungi nonpatogen dengan sel-sel akar tanaman yang hidup. Mikoriza mengkolonisasi akar tanaman terutama pada sel epidermis dan sel korteks (Basri, 2018).

Menurut Brundrett *et al.* (1996), berdasarkan struktur dan cara fungi mengkolonisasi akar, mikoriza dapat dikelompokkan ke dalam tiga tipe yaitu:

1. Ektomikoriza mempunyai sifat antara lain akar yang terkolonisasi membesar, bercabang, rambut-rambut akar tidak ada, hifa mengarah ke luar dan berfungsi sebagai alat yang efektif dalam menyerap unsur hara dan air. Hifa tidak masuk ke dalam sel tetapi hanya berkembang di antara dinding-dinding sel jaringan korteks membentuk struktur seperti pada jaringan hartigs.
2. Ektendomikoriza merupakan bentuk antara (intermediet) ektomikoriza dan endomikoriza. Ciri-cirinya antara lain adanya hartig net di dalam jaringan sel korteks, serta terdapat mantel yang menyelubungi akar hifa dapat mengkolonisasi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteksnya. Penyebarannya terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe ini sangat terbatas.
3. Endomikoriza mempunyai 3 jenis yaitu Orchid, Ericoid, dan FMA. Sifat FMA yaitu akar yang terkolonisasi tidak membesar, hifa masuk ke dalam individu sel jaringan korteks, adanya bentukan khusus yang berbentuk oval yang disebut vesikel dan sistem percabangan hifa yang berpasangan seperti garpu disebut arbuskul.

2.2.1 Taksonomi Fungi Mikoriza Arbuskular

Berdasarkan taksonomi, FMA termasuk dalam phylum Glomeromycota terbagi atas empat ordo utama, yaitu *Archaeosporales*, *Diversisporales*, *Glomerales*, dan *Paraglomerales* yang mencakup 10 famili, 19 genus, dan 234 spesies.

Pengelompokkan ordo, famili, genus, dan spesies FMA mengacu pada INVAM 2025 tersaji pada Tabel 2.

Tabel 2. Taksonomi Glomeromycota yang mengacu pada INVAM 2025

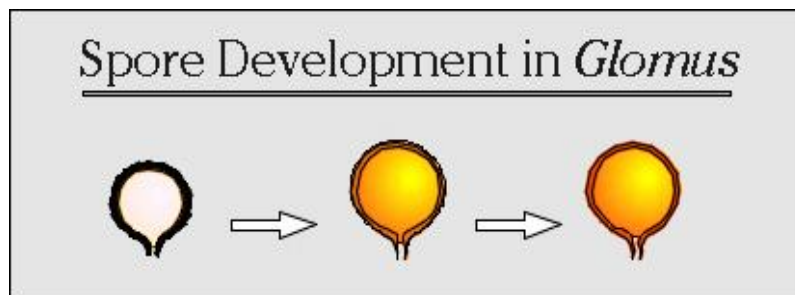
NO	Ordo	Famili	Genus	Jumlah Spesies		
1.	<i>Archaeosporales</i>	<i>Archaeosporaceae</i>	<i>Archaeospora</i>	2		
		<i>Ambisporaceae</i>	<i>Ambispora</i>	8		
		<i>Geosiphonaceae</i>	<i>Geosiphon</i>	1		
2.	<i>Diversisporales</i>	<i>Acaulosporaceae</i>	<i>Acaulospora</i>	39		
			<i>Entropospora</i>	3		
		<i>Diversisporaceae</i>	<i>Diversispora</i>	9		
			<i>Redeckera</i>	3		
			<i>Gigasporaceae</i>	<i>Gigaspora</i>	6	
					<i>Dentiscutata</i>	13
					<i>Cetraspora</i>	5
					<i>Racocetra</i>	13
					<i>Scutellospora</i>	11
					<i>Pacisporaceae</i>	<i>Pacispora</i>
3.	<i>Glomerales</i>	<i>Glomeraceae</i>	<i>Glomus</i>	81		
			<i>Funneliformis</i>	9		
			<i>Rhizophagus</i>	11		
			<i>Septoglomus</i>	4		
		<i>Cloroideo-glomeraceae</i>	<i>Claroideoglomus</i>	7		
4.	<i>Paraglomerales</i>	<i>Paraglomeraceae</i>	<i>Paraglomus</i>	2		
Jumlah Total		10	19	234		

Sumber : https://invam.ku.edu/classification_2025

Menurut INVAM (2013), cara terbentuknya spora FMA pada *Glomus* dan *Acaulospora* sebagai berikut :

1. *Glomus*

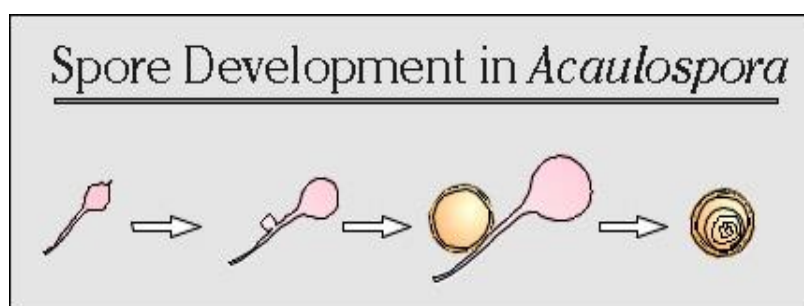
Proses pembentukan spora *Glomus* merupakan hasil dari perkembangan hifa hingga mencapai ukuran yang maksimal, dapat dilihat pada Gambar 2. Antara dinding hifa dan dinding spora bergabung atau tidak ada sekat. Lapisan luar dari dinding spora sering mengelupas ketika sudah tua.



Gambar 2. Proses perkembangan Spora *Glomus* (INVAM, 2025).

2. *Acaulospora*

Pada pembentukan spora *Acaulospora* dimulai dari terbentuknya *saccule*. *Saccule* berkembang dari ujung hifa membesar yang strukturnya seperti spora. Setelah *saccule* menjadi besar, kemudian muncul bulatan kecil dari sisi hifa subtenting (yang disebut “leher *saccule*”). Spora akan terbentuk di salah satu sisi hifa di leher *saccule*. Setelah spora masak kemudian spora melepaskan diri dari leher *saccule*. Spora yang masak ditandai dengan adanya lingkaran-lingkaran yang membentuk lubang di dalamnya. Proses pembentukan spora *Acaulospora* dapat dilihat pada Gambar 3.



Gambar 3. Proses perkembangan Spora *Acaulospora* (INVAM, 2025).

2.2.2 Morfologi Fungi Mikoriza Arbuskular

Struktur pembentuk FMA yaitu vesikel, arbuskul dan spora.

1. Vesikel

Vesikel merupakan struktur fungi yang berasal dari pengembangan hifa internal secara terminal apabila letaknya pada ujung hifa, dan secara interkalar apabila letaknya di antara sel-sel hifa. Vesikel berfungsi sebagai organ

penyimpanan cadangan makanan dan pada kondisi tertentu dapat berperan sebagai spora atau alat mempertahankan kehidupan fungi (Pattimahu, 2004).

2. Arbuskul

Arbuskul merupakan hifa bercabang halus yang dibentuk oleh percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon di dalam sel inang. Arbuskul merupakan percabangan dari hifa masuk ke dalam sel tanaman inang (Pattimahu, 2004).

3. Spora

Spora terletak pada ujung hifa eksternal. Spora-spora yang dihasilkan merupakan salah satu bentuk alat untuk bertahan hidup di alam yang berfungsi sebagai proses adaptasi terutama apabila mikoriza tersebut belum menemukan tanaman inang yang sesuai (Smith dan Read, 2010).

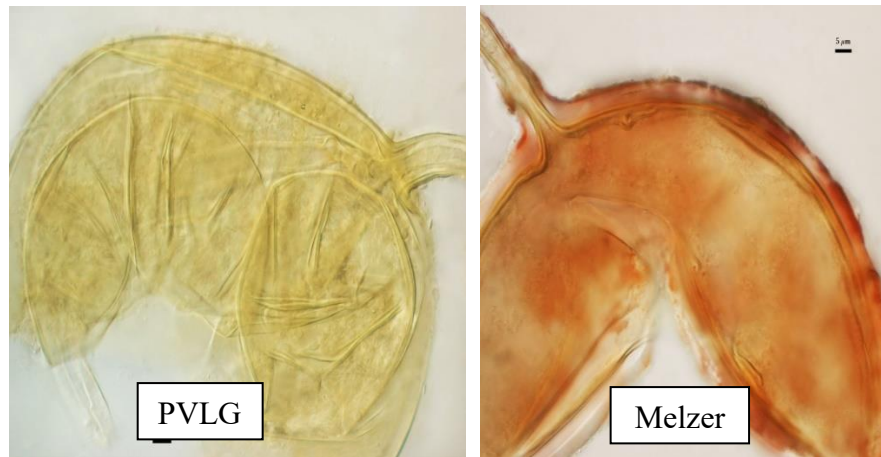
Pada penelitian ini menggunakan 4 spesies FMA dan berikut gambar dari masing-masing sporanya dalam larutan melzer.

1. FMA Spesies *Glomus clarum* tidak menunjukkan perubahan warna (non-reaktif) pada dinding sporanya (Gambar 4).



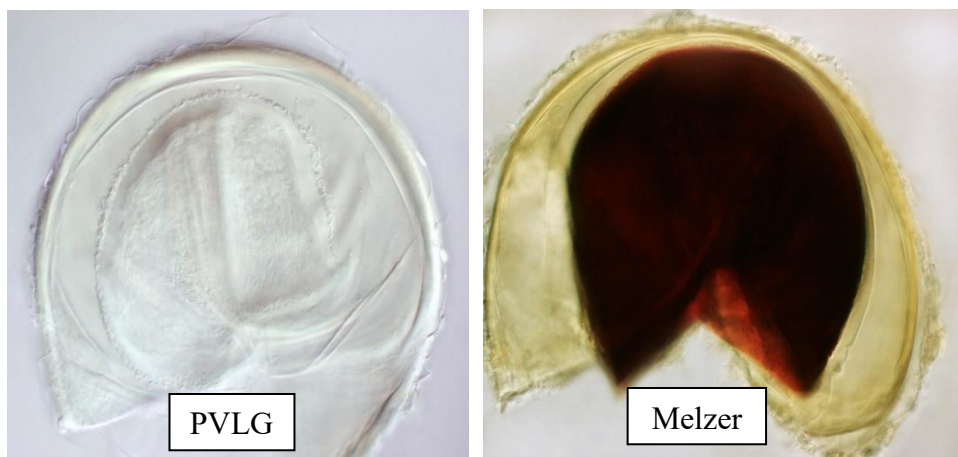
Gambar 4. Spora FMA Spesies *Glomus clarum* dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).

2. FMA Spesies *Glomus* saat diamati di bawah mikroskop menggunakan reagen melzer, spora ini tidak menunjukkan reaksi warna (dextrinoid negatif) atau tetap pucat/hialin (Gambar 5).



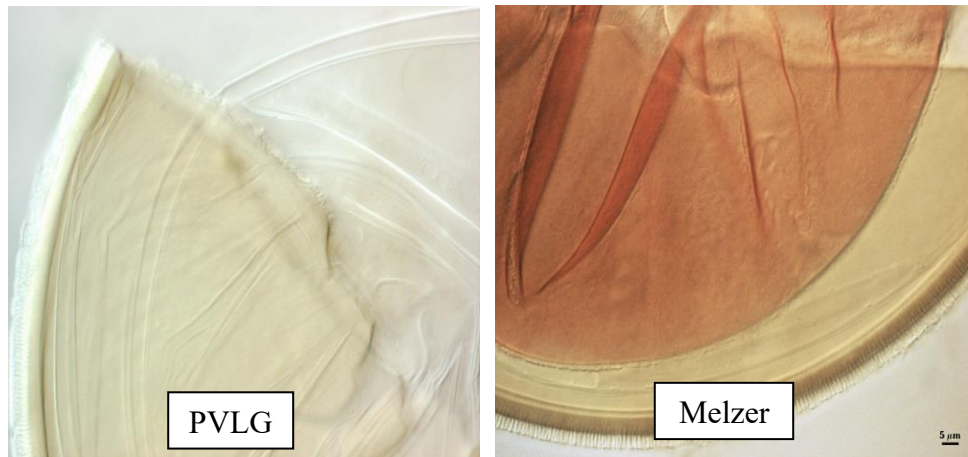
Gambar 5. Spora FMA Spesies *Glomus intraradices* dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).

3. FMA Spesies *Acaulospora longula* pada struktur dinding spora bagian dalam menunjukkan reaksi positif terjadi pewarnaan khas (merah keunguan gelap) (Gambar 6).



Gambar 6. Spora FMA Spesies *Acaulospora longula* dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).

4. FMA Spesies *Acaulospora spinosa* saat direaksikan dengan larutan melzer, lapisan dinding dalamnya menunjukkan perubahan warna spesifik yang menjadi kunci identifikasi penting di bawah mikroskop (Gambar 7).



Gambar 7. Spora FMA Spesies *Acaulospora spinosa* dalam larutan PVLG dan melzer (INVAM, 2025).

Menurut Basri (2018), beberapa manfaat dari mikoriza bagi tanaman ialah:

1. Meningkatkan serapan air dan hara.
2. Meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan.
3. Proteksi dari patogen dan unsur toksik.
4. Memproduksi senyawa perangsang pertumbuhan.
5. Merangsang aktivitas beberapa organisme yang menguntungkan.
6. Memperbaiki struktur dan agregasi tanah.

2.2.3 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Perkembangan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan kelompok fungi yang berperan penting dalam meningkatkan penyerapan nutrisi dan ketahanan tanaman terhadap stres lingkungan. Perkembangan FMA dipengaruhi oleh berbagai faktor, baik faktor biotik maupun abiotik. Faktor abiotik yang utama meliputi suhu, kelembaban, pH tanah, dan ketersediaan nutrisi. Suhu optimal untuk perkembangan arbuskul biasanya sekitar 30°C, sedangkan koloni miselia dapat tumbuh baik pada rentang suhu 28–34°C. Kelembaban tanah yang cukup juga

sangat penting karena FMA membutuhkan kondisi lembap untuk pertumbuhan dan kolonisasi akar tanaman (Prihantoro dkk., 2023).

Selain itu, pH tanah memengaruhi aktivitas enzim dan ketersediaan unsur hara yang dibutuhkan oleh FMA. Tanah dengan pH netral hingga sedikit asam cenderung mendukung pertumbuhan FMA lebih baik dibandingkan tanah yang sangat asam atau basa. Ketersediaan nutrisi seperti fosfor juga sangat berpengaruh, karena FMA membantu tanaman dalam penyerapan fosfor yang biasanya sulit diserap oleh akar secara langsung (Asril dkk., 2023). Tanaman menyerap hara P dalam bentuk orthofosfat (pada pH 3-6 H_2PO_4^- dan pH 8-11 HPO_4^{2-}), penambahan fosfat melalui pemberian pupuk fosfat ternyata kurang efisien, hanya 20-30% dari jumlah hara P yang diberikan dapat diserap tanaman, sebagian besar terikat oleh mineral tanah (Rianditya dan Hartatik, 2022). Penelitian yang dilakukan Basri (2018) memperlihatkan bahwa akar yang terkolonisasi mikoriza akan meningkatkan perkembangan akar dan memperluas bidang serapan akar hingga ke pori-pori tanah yang paling kecil, sehingga dapat meningkatkan serapan fosfor dalam bentuk fosfat. Selain itu, akar yang terkolonisasi mikoriza mampu mengeluarkan enzim fosfatase dan asam organik sehingga fosfat tersedia bagi tanaman (Islamiyah *et al.*, 2017).

Selain kesesuaian inang dan jenis FMA, keberadaan dan aktivitas mikroorganisme lain di sekitar rhizosfer juga sangat memengaruhi interaksi simbiotik. Mikroba seperti bakteri pemacu pertumbuhan tanaman PGPR (*plant growth-promoting rhizobacteria*) dapat meningkatkan kolonisasi FMA dengan menghasilkan hormon seperti auksin, sitokinin, dan giberelin, atau dengan memfasilitasi ketersediaan unsur hara tertentu yang dibutuhkan FMA (Artursson *et al.*, 2006). Namun, interaksi antagonistik juga dapat terjadi, misalnya antara FMA dengan fungi patogen tanah yang bersaing memperebutkan ruang dan sumber karbon pada akar tanaman. Dalam beberapa kasus, keberadaan mikroba patogen dapat menekan perkembangan mikoriza, tetapi sebaliknya, koloni FMA yang stabil mampu memperkuat sistem pertahanan tanaman dengan memicu mekanisme resistensi sistemik.

Faktor biotik lainnya yang berpengaruh adalah usia dan kondisi fisiologis tanaman inang. Tanaman muda biasanya menunjukkan tingkat kolonisasi FMA yang lebih tinggi karena memiliki sistem perakaran yang aktif dan memproduksi eksudat akar dalam jumlah besar, terutama senyawa organik seperti asam amino, gula, dan flavonoid yang berperan sebagai sinyal kimia dalam proses pembentukan simbiosis (Bucking dan Kafle, 2015). Sementara itu, tanaman yang mengalami stres fisiologis atau kekurangan nutrisi cenderung meningkatkan aktivitas mikoriza sebagai mekanisme adaptasi untuk memperoleh unsur hara lebih efisien.

Faktor biotik seperti jenis tanaman inang juga menentukan keberhasilan simbiosis FMA, karena beberapa spesies tanaman memiliki hubungan yang lebih erat dan saling menguntungkan dengan FMA dibandingkan yang lain (Rupaedah dkk., 2015). Fungi mikoriza arbuskular dalam asosiasinya mempunyai kisaran inang yang sangat luas, tetapi tingkat efektivitasnya berbeda, beberapa jenis FMA tertentu menunjukkan spesifikasi untuk memilih dan berasosiasi dengan suatu jenis tanaman inang tertentu (Smith dan Read, 2008).

Selain faktor lingkungan dan tanaman inang, media tanam juga memengaruhi perkembangan FMA. Media yang kaya bahan organik dan memiliki struktur tanah yang baik akan mendukung pertumbuhan miselia dan pembentukan arbuskul. Penggunaan kompos dan bahan organik lain dapat meningkatkan aktivitas FMA dengan menyediakan sumber karbon dan nutrisi yang diperlukan (Prayudyaningsih *et al.*, 2016). Dengan memahami faktor-faktor ini, pengelolaan FMA dapat dioptimalkan untuk meningkatkan produktivitas tanaman dan keberlanjutan ekosistem pertanian.

Fungi Mikoriza Arbuskular merupakan mikroba yang berperan penting dalam meningkatkan penyerapan unsur hara dan air oleh tanaman kelapa sawit, terutama pada tahap pembibitan. FMA membentuk simbiosis mutualisme dengan akar tanaman, yang memungkinkan peningkatan efisiensi penyerapan nutrisi seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan boron (B). Penelitian menunjukkan bahwa aplikasi FMA, khususnya jenis *Glomus* sp. dan campuran *Gigaspora* sp. dengan *Entrophospora* sp., secara konsisten

meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit yang ditanam di tanah histosol, ditandai dengan peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, dan bobot kering tajuk (Rini *et al.*, 2021).

Selain meningkatkan penyerapan nutrisi, FMA juga berperan dalam meningkatkan ketahanan bibit kelapa sawit terhadap patogen tanah, khususnya penyakit busuk pangkal batang yang sering menyerang pada tahap awal pertumbuhan. Kolonisasi FMA pada akar dapat memperkuat struktur akar dan memicu respons pertahanan tanaman sehingga mengurangi kejadian penyakit tersebut (Hendarjanti dan Sukorini, 2022). Dengan demikian, penggunaan FMA pada pembibitan dapat menekan penggunaan pestisida kimia dan mendukung budidaya kelapa sawit yang lebih ramah lingkungan.

Lebih lanjut, FMA juga berkontribusi dalam meningkatkan kualitas media tanam dan memperbaiki struktur tanah di sekitar akar bibit kelapa sawit. Hifa FMA membantu agregasi partikel tanah sehingga meningkatkan aerasi dan retensi air, yang sangat penting untuk pertumbuhan bibit yang sehat dan kuat. Kondisi media tanam yang optimal ini mendukung perkembangan akar yang lebih baik dan mempercepat adaptasi bibit kelapa sawit saat dipindahkan ke lapangan (Kartika, 2016).

Penggunaan FMA pada tahap pembibitan kelapa sawit juga telah terbukti meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat, sehingga dapat mengurangi biaya produksi dan dampak negatif terhadap lingkungan. FMA membantu mobilisasi fosfat yang biasanya sulit diserap oleh tanaman, sehingga pupuk yang diberikan dapat dimanfaatkan secara lebih efektif oleh bibit kelapa sawit (Fitria dkk., 2010). Oleh karena itu, integrasi FMA dalam teknologi pembibitan kelapa sawit menjadi strategi penting dalam meningkatkan produktivitas dan keberlanjutan budidaya kelapa sawit.

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

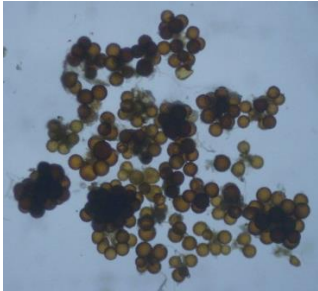
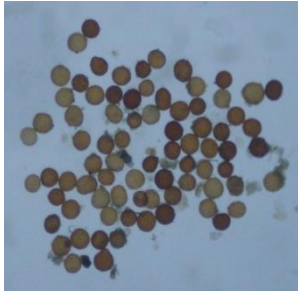
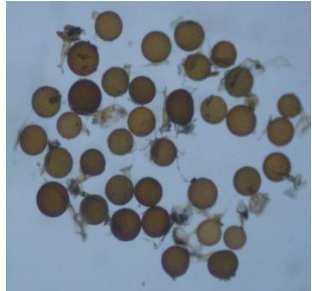
Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan dan rumah kaca, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dari bulan September 2025 sampai dengan Maret 2026.

3.2 Alat dan Bahan

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini meliputi alat-alat di laboratorium dan di lapangan. Di laboratorium, peralatan yang digunakan antara lain mikroskop stereo dan majemuk, autoklaf, timbangan elektrik, pinset spora, cawan petri, water bath, leaf area meter (LAM), saringan mikro, mikropipet, gelas ukur, oven, counter, cover glass, kaca preparat, kamera, dan alat tulis. Sedangkan peralatan yang digunakan di lapang yaitu ember, centong plastik, nampan plastik, polybag ukuran 15 cm x 20 cm dan ukuran 30 cm x 30 cm, ayakan ukuran 0,5 cm x 0,5 cm, penggaris, gunting, karet gelang, label, meteran, spidol, beaker plastik, *cutter*, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kecambah kelapa sawit Varietas (DxP) Sriwijaya 3 yang diperoleh dari PT Bina Sawit Makmur, pasir, air, aquades, tanah lapisan top soil dan inokulum FMA *Glomus clarum*, *Glomus intraradices*, *Acaulospora longula*, dan *Acaulospora spinosa* dari Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan Universitas Lampung, larutan KOH 10%, HCl 1%, glycerol, tinta dan cuka. Deskripsi masing-masing FMA yang digunakan dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3. Deskripsi 4 spesies FMA yang diuji

No	Uraian	<i>Glomus clarum</i>	<i>Glomus intraradices</i>	<i>Acaulospora longula</i>	<i>Acaulospora spinosa</i>
1.	Warna	Putih-kekuningan	Warna : Orange	Warna : Cream-kuning	Warna : Orange
2.	Bentuk	Bulat	Bulat	Bulat	Bulat
3.	Ukuran Spora	58-138 μm	48-87 μm	68-97 μm	113-158 μm
4.	Reaksi terhadap melzer	Negatif	Negatif	Positif	Positif
5.	Bulbose suspensor	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
6.	Tanaman Asal	Kelapa Sawit	Sengon	Kelapa Sawit	Jarak Pagar
7.	Germination Shield	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada	Tidak ada
8.	Sporiferous saccule	Tidak ada	Tidak ada	Ada	Ada
9.	Gambar spora				

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan perlakuan faktor tunggal dengan 5 taraf perlakuan mikoriza. Perlakuan tersebut yaitu tanpa perlakuan mikoriza (M0), menggunakan FMA *Glomus clarum* (M1), *Glomus intraradices* (M2), *Acaulospora longula* (M3), dan *Acaulospora spinosa* (M4). Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali dan setiap satu satuan percobaan diwakili oleh 1 tanaman, sehingga total satuan percobaan adalah 20. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Pengelompokan didasarkan atas keseragaman bibit yang disesuaikan yaitu tinggi bibit dan panjang akar. Kesamaan ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett. Kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam perlakuan homogen dan data bersifat menambah, data dianalisis ragam. Pengujian hipotesis dilakukan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Adapun tata letak percobaan disajikan pada Tabel 4.

Tabel 4. Tata letak percobaan di *Pre Nursery* dan *Main Nursery*

Kelompok			
1	2	3	4
M 3	M 4	M 3	M 1
M 1	M 1	M 0	M 4
M 4	M 3	M 1	M 0
M 2	M 0	M 2	M 3
M 0	M 2	M 4	M 2

Keterangan:

M 0 : Tanpa Perlakuan Mikoriza M 3 : *Acaulospora longula*
 M 1 : *Glomus clarum* M 4 : *Acaulospora spinosa*
 M 2 : *Glomus Intraradices*

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyemaian Benih dan Penyiapan Media Tanam di *Pre Nursery*

Benih kelapa sawit yang baru berkecambah (*germinated seed*) disemai menggunakan media pasir sungai yang sudah disterilkan menggunakan *autoclave* dengan suhu 121°C selama \pm 1 jam. Penyemaian dilakukan selama 4 minggu dengan cara menanam benih kelapa sawit yang berjumlah 50 di dalam *box* yang sudah berisi pasir. Setelah 4 minggu, diseleksi bibit yang pertumbuhannya seragam untuk setiap kelompok dan selanjutnya ditransplantingkan ke polybag PN.

Media tanam yang digunakan pada *pre nursery* yaitu tanah top soil. Sebelum digunakan, tanah dianalisis untuk menghitung jumlah spora indigenous FMA yang terdapat dalam tanah. Penghitungan dilakukan dengan menggunakan teknik isolasi spora melalui penyaringan basah. Tanah *top soil* yang akan digunakan diayak terlebih dahulu menggunakan ayakan tanah 0.5 cm x 0.5 cm; lalu dicampurkan dengan kompos dengan perbandingan 2 bagian tanah dengan 1 bagian kompos (2:1) dan campuran tersebut dimasukkan ke dalam polybag berukuran 15 cm x 20 cm.

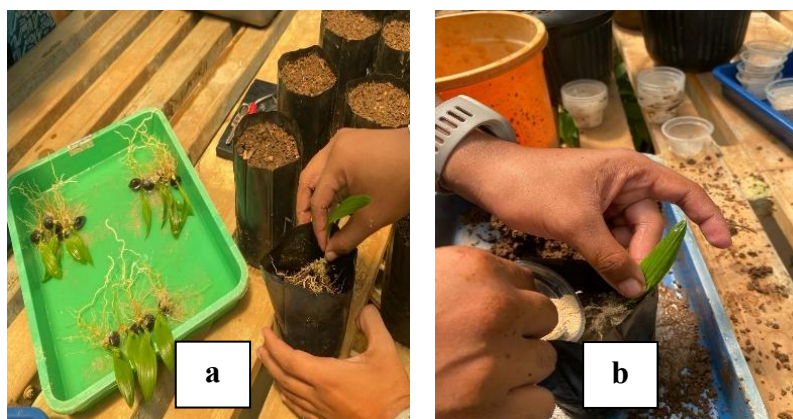
3.4.2 Persiapan Inokulan

Dalam penelitian ini digunakan empat spesies FMA, yaitu *Glomus clarum*, *Glomus intraradices*, *Acaulospora longula*, dan *Acaulospora spinosa*. Sebelum digunakan, dilakukan penghitungan spora setiap per 25 gram inokulum menggunakan mikroskop stereo untuk masing-masing spesies. Prosesnya yaitu ditimbang sebanyak 25 gram inokulum dan dilakukan teknik penyaringan basah sesuai metode (Brundrett *et al.*, 1996). Langkah-langkahnya sebagai berikut: Sampel inokulum sebanyak 25 gram dicampur dengan 500 ml air diaduk, selanjutnya disaring dalam satu set saringan bertingkat dengan ukuran 45 μ m, 250 μ m dan 500 μ m, penyaringan dilakukan tiga kali ulangan, pasir yang menempel pada ketiga saringan dituangkan ke gelas plastik dan dipindahkan kedalam cawan petri untuk dihitung jumlahnya spora di bawah mikroskop stereo.

Hasil perhitungan menunjukkan bahwa inokulum *Glomus clarum* mengandung 639 spora per 25 gram, sehingga diperlukan 20 gram inokulum untuk memperoleh 500 spora per bibit kelapa sawit. Inokulum *Glomus intraradices* memiliki 432 spora per 25 gram, sehingga dibutuhkan 30 gram inokulum untuk mencapai 500 spora per bibit. Inokulum *Acaulospora longula* mengandung 948 spora per 25 gram, sehingga diperlukan 14 gram inokulum untuk mendapatkan 500 spora per bibit, inokulum *Acaulospora spinosa* mengandung 1320 spora per 25 gram, sehingga diperlukan 10 gram inokulum untuk mendapatkan 500 spora per bibit. Penimbangan dilakukan menggunakan timbangan digital untuk memastikan akurasi.

3.4.3 Penanaman di *Pre Nursery* dan inokulasi Spora FMA

Benih yang telah disemai selama 4 minggu dipilih yang seragam untuk setiap kelompok berdasarkan tinggi dan jumlah daun. Bibit dipindah tanam ke dalam polybag yang berukuran 15 cm x 20 cm dengan satu bibit per polybag. Inokulum dari masing- masing spesies *Glomus clarum*, *Glomus intraradices*, *Acaulospora longula*, dan *Acaulospora spinosa* yang telah ditimbang, ditaburkan secara merata dan perlahan pada akar-akar bibit hingga inokulum tersebar merata di permukaan akar (sesuai dengan perlakuan). Kemudian bibit kelapa sawit yang telah diaplikasi FMA ditutup dengan media tanam. Selanjutnya polybag yang sudah ditanami bibit disusun di dalam rumah kaca sesuai tata letak percobaan. Bibit dipelihara di *pre-nursery* selama dua bulan sebelum dipindahkan ke *main nursery*.



Gambar 8. Pengelompokan bibit sawit (a) dan inokulasi FMA (b).

3.4.4 Penyiapan Media Tanam di *Main Nursery*

Pada saat *main nursey*, media tanam yang digunakan yaitu tanah top soil yang sama dengan tanah top soil di PN. Top soil diayak menggunakan ayakan ukuran 0,5 cm x 0,5 cm; lalu dimasukkan kedalam polybag berukuran 30 cm x 30 cm tanpa dicampur dengan kompos. Media tanam disiram satu hari sekali sampai kadar air merata di seluruh media sebelum dilakukan penanaman bibit kelapa sawit. Kemudian dibuat lubang tanam yang sesuai dengan ukuran polybag PN menggunakan alat ponjo agar bibit dapat ditransplanting tanpa merusak perakarannya dan mudah dalam proses transplanting.

3.4.5 Penanaman di *Main Nursery*

Setelah bibit 1 bulan di semia dan 2 bulan di polybag *pre nursery*, kemudian dilakukan *transplanting* dari *pre nursery* ke *main nursery*. Polybag *pre nursery* dilepaskan dengan hati-hati dengan cara menyayat polybag dengan pisau *cutter* dan diusahakan perakaran bibit tetap utuh. Setelah itu bibit ditanam pada lubang tanam yang telah dilubangi dengan alat ponjo. Bibit yang telah ditransplanting disusun sesuai tata letak percobaan, selanjutnya disusun sesuai tata letak percobaan dan dipelihara di *main nursery* selama 4 bulan di rumah kaca.

3.4.6 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan bibit kelapa sawit yang dilakukan meliputi penyiraman, penyiangan gulma, dan pengendalian hama. Penyiraman dilakukan setiap hari sebanyak 50 mL air/polybag/hari pada bibit yang berumur 1 bulan setelah transplanting di *pre nursery*. Pada bibit yang berumur 2 bulan setelah transplanting di *pre nursery* disiram sebanyak 100 mL air/polybag/hari. Penyiraman sebanyak 200 mL air/polybag/hari diberikan pada bibit umur 3-6 bulan setelah transplanting di *main nursery*. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan cara dicabut gulma-gulma yang tumbuh di sekitar bibit kelapa sawit dengan menggunakan tangan.

Pengendalian hama dilakukan dengan cara manual dengan membersihkan hama yang ada di sekitar tanaman. Pengendalian penyakit dilakukan dengan cara

kimiawi yaitu mengusapkan alkohol 10% ke permukaan tanaman yang terserang. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk urea dan NPK (15:15:15). Dosis yang digunakan dalam pemupukan yaitu 50% dari dosis rekomendasi, dosis dan waktu pemupukan tertera pada Tabel 5.

Tabel 5. Dosis dan waktu pemupukan bibit kelapa sawit

Umur Bibit (minggu)	Jenis pupuk (g)		Keterangan
	Urea	NPK (15:15:15)	
4	8		Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
5		10	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
6		10	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
7	8		Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
8		10	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
9		10	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
10	8		Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
12		10	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
14		7	Dilarutkan dalam 5 Liter Air/100 bibit
16		7	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang
18		10	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang
20		10	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang
22		10	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang
24		10	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang
26		15	Dosis g/bibit dan dibenam di 3 lobang

Sumber: PT BINASAWIT MAKMUR, *group of* Sampoerna Agro Tbk

3.5 Variabel Penelitian

Variabel-variabel yang diamati untuk menguji kesahian kerangka pemikiran dan hipotesis adalah sebagai berikut:

1. Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga ujung daun terpanjang sebagai parameter yang menggambarkan pertumbuhan tanaman secara akurat.

Pengukuran dilakukan menggunakan alat ukur dengan skala dalam satuan sentimeter (cm). Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada bibit yang berumur 8, 16, dan 24 minggu setelah aplikasi (MSA) fungi mikoriza arbuskular (FMA).

2. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung berdasarkan daun pada bibit kelapa sawit yang telah sepenuhnya terbuka. Penghitungan dilakukan pada tanaman dengan umur 8, 16, dan 24 minggu setelah aplikasi FMA, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan helai.

3. Tingkat Kehijauan Daun

Tingkat kehijauan daun diukur menggunakan alat SPAD pada tanaman berumur 24 minggu setelah aplikasi (MSA). Daun yang diukur adalah daun ketiga dari setiap bibit. Pengukuran dilakukan pada tiga titik berbeda di setiap sampel daun untuk meningkatkan akurasi data, dan nilai akhir yang diperoleh merupakan rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut.

4. Luas Daun

Luas daun diukur menggunakan alat *Leaf Area Meter* (LAM) pada tanaman yang berumur 24 MSA, dengan cara memisahkan seluruh daun dari pelepah sebelum dilakukan pengukuran. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan skala dalam satuan sentimeter persegi (cm²).

5. Lingkar Bonggol

Lingkar bonggol bibit kelapa sawit diukur menggunakan pita ukur fleksibel, dengan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan sentimeter (cm).

Pengukuran dilakukan pada tanaman dengan umur 8, 16, dan 24 MSA.

Prosedur pengukuran dilakukan dengan melingkarkan pita ukur pada bagian bonggol yang memiliki diameter terlebar, guna memastikan akurasi dan konsistensi data.

6. Bobot Segar Tajuk

Bobot segar tajuk diukur pada tanaman berumur 24 MSA FMA dengan cara memotong seluruh tajuk dari pangkal batang bibit kelapa sawit. Setelah pemotongan, tajuk tersebut ditimbang menggunakan timbangan digital yang memiliki tingkat presisi tinggi, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan gram.

7. Bobot Kering Tajuk

Bobot kering tajuk diukur pada tanaman berumur 24 MSA setelah dilakukan proses pembersihan dan pemotongan. Tajuk yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C hingga mencapai bobot konstan tanpa perubahan lebih lanjut. Setelah proses pengeringan, tajuk yang sudah kering ditimbang menggunakan timbangan digital, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan gram.

8. Jumlah Akar Primer Aktif

Jumlah akar primer aktif dihitung pada tanaman berumur 24 MSA dengan mencatat seluruh akar yang tumbuh di pangkal batang bibit kelapa sawit yang ujung-ujungnya berwarna.

9. Rata-rata Panjang Akar Primer

Rata-rata panjang akar primer dihitung pada tanaman berumur 24 MSA dengan cara menjumlahkan panjang semua akar primer lalu dibagi banyaknya akar. Rata-rata panjang akar primer dinyatakan dalam satuan sentimeter.

10. Bobot Segar Akar

Bobot segar akar diukur saat tanaman berumur 24 MSA dengan cara memotong akar dari titik tumbuh di pangkal batang bibit kelapa sawit. Setelah pemotongan, akar tersebut dibersihkan dari tanah yang menempel dan ditimbang menggunakan timbangan digital, hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan gram.

11. Volume Akar

Volume akar dihitung pada tanaman berumur 24 MSA dengan menyiapkan gelas ukur yang telah diisi air dengan volume yang diketahui. Kemudian seluruh akar bibit kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas ukur tersebut, dan peningkatan volume air setelah akar bibit kelapa sawit dimasukkan dicatat untuk menentukan volume akar. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan mililiter.

12. Bobot Kering Akar

Bobot kering akar diukur pada tanaman berumur 24 MSA. Akar yang telah dipotong kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C hingga mencapai bobot konstan tanpa perubahan lebih lanjut. Setelah proses pengeringan, akar kering ditimbang menggunakan timbangan digital, dan hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan gram.

13. Persentase Kolonisasi Akar oleh FMA

Persentase kolonisasi akar oleh FMA dihitung saat panen pada umur 24 MSA. Akar sekunder dan tersier diambil secara acak dari setiap perlakuan, dicuci bersih, lalu direndam dalam larutan KOH 10% hingga seluruh akar terendam. Selanjutnya, akar dipanaskan dalam *waterbath* suhu 80°C selama 30 menit, dicuci kembali, kemudian direndam dalam larutan H₂O₂ 10% dan dipanaskan pada suhu yang sama selama 15 menit. Pewarnaan akar dilakukan menggunakan larutan tinta 5% yang dibuat dari campuran 5 mL tinta dan 95 mL akuades, kemudian dicampur dengan cuka 5% (1:1). Akar yang telah direndam dalam larutan tinta dipanaskan kembali pada suhu 80°C selama 10 menit. Setelah itu, akar dipotong sepanjang 2 cm dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100×. Kolonisasi FMA ditandai oleh adanya hifa, arbuskul, vesikel, dan spora, sedangkan persentase kolonisasi dihitung berdasarkan metode Brundrett *et al.*, (1996).

$$\% \text{ Kolonisasi} = \frac{\sum \text{bidang pandang yang terkoloni}}{\sum \text{keseluruhan bidang pandang}} \times 100\%$$

V. KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa Spesies FMA yang menunjukkan hasil terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan secara konsisten bibit kelapa sawit varietas DxP Sriwijaya 3 yaitu *Acaulospora longula* pada pertumbuhan luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, dan persen kolonisasi akar dibandingkan spesies lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, disarankan untuk dilakukan penelitian lanjutan mengenai penggunaan FMA dengan waktu pengamatan yang lebih panjang agar proses kolonisasi akar dapat berkembang lebih optimal dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan akar dapat terlihat lebih nyata. Selain itu, perlu dilakukan pengujian kombinasi antar spesies FMA yang berbeda untuk mengetahui efektivitas terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan efisiensi serapan hara bibit kelapa sawit. Penelitian lanjutan juga perlu dilakukan pada kondisi lahan dan media tanam yang berbeda serta hingga fase tanaman di lapangan untuk mengetahui konsistensi efektivitas FMA terhadap pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit secara berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Aji, D. B., Hastuti, P. B., dan Astuti, Y. T. M. 2017. Pengaruh intensitas pemberian mol eceng gondok dan teh kompos eceng gondok pada pertumbuhan bibit kelapa sawit pre nursery. *Jurnal Agromast*. 2(1): 1-13.
- Artursson, V., Finlay, R. D., and Jansson, J. K. 2006. Interactions between arbuscular mycorrhizal fungi and bacteria and their potential for stimulating plant growth. *Environmental Microbiology*. 8(1): 1–10.
- Asril, M., Lestari, W., Basuki, B., Sanjaya, M. F., Firgiyanto, R., Manguntungi, B., dan Kunusa, W. R. 2023. *Mikroorganisme pelarut fosfat pada pertanian berkelanjutan*. Yayasan Kita Menuli. Medan. 152 hlm.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2025. *Luas Tanaman Perkebunan Menurut Provinsi*. Tersedia online pada <https://www.bps.go.id/id/statistics-table/2/MTMxIzI=/luas-tanaman-perkebunan-menurut-provinsi.html>.
- Basri, A. H. H. 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensia*. 12(2): 74-78.
- Barokah, M., Dewi, F. L. S., dan Rahmawati, A. 2024. Dampak keseimbangan air terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jcq.): Review Literature. *Agritechpedia*. 2(01): 48-54.
- Bawamenewi, M., Krisman, A., Ndruru, F., dan Dewi, D. S. 2025. Potensi mikoriza sebagai agen biologis untuk perbaikan kesuburan tanah sawah dan efisiensi pemupukan: Peran Simbiosis Jamur Mikoriza dalam Meningkatkan Ketersediaan Hara dan Produktivitas Lahan Sawah. *UPMI Proceeding Series*. 2(02). 1-9.
- Bina Sawit Mkamur. 2025. *Produk dan Jasa Benih dan Bibit*. Tersedia online pada <https://binasawitmakmur.com/produk-dan-jasa/benih&bibit>
- Buana, A. 2019. Uji pertumbuhan beberapa varietas bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan metode hidroponik di pre nursery. *Jurnal Agroteknologi*. 7(1):169-175.

- Bücking, H., and Kafle, A. 2015. Role of arbuscular mycorrhizal fungi in the nitrogen uptake of plants: *Current knowledge and research gaps*. *Agronomy*. 5(4): 587–612
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture* (Vol. 32, p. 374). Canberra: Australian Centre for International Agricultural Research.
- Carillo, P., Kyrtziz, A., Kyriacou, M. C., Dell'Aversana, E., Fusco G. M., Corrad, G., and Roupheal, Y. 2020. Biostimulatory action of arbuscular mycorrhizal fungi enhances productivity, functional and sensory quality in 'Piennolo del Vesuvio' Cherry tomatolandraces. *Agronomy*. 10 (6): 911.
- Dewi, T. M., Nurbaity, A., Suryatmana, P., dan Sofyan, E. T. 2017. Efek sterilisasi dan komposisi media produksi inokulan fungi mikoriza arbuskula terhadap kolonisasi akar, panjang akar dan bobot kering akar sorgum. *Jurnal Agro*. 4(1): 24-31.
- Finlay, R. D., and Söderström, B. 1992. Fungal–plant interactions in the mycorrhizosphere. *Ecology of Mycorrhizae*, 75(1), 141-150. [https://doi.org/10.1016/0038-0717\(92\)90247-X](https://doi.org/10.1016/0038-0717(92)90247-X)
- Firihu, M. Z., dan Husna, H. 2018. Status riset dan strategi pengembangan mikoriza di UHO untuk mendukung pembangunan berkelanjutan. In *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza* (pp. 1-16).
- Fitria S, B., Eka, S., Umar, H., Salawati, S., Synthia, S., Sari, R., dan Narita, A. 2010. *Sistem pertanian organik*. CV Hei Publishing Indonesia. Padang.
- Hadi, M. M. 2004. *Teknik Berkebun Kelapa Sawit*. Edisi Pertama. Adicita Karya Nusa. Jakarta, 125.
- Hazra, F., Istiqomah, F. N., Novanto, P. R., dan Fadilla, A. N. 2024. Uji infektivitas dan efektivitas fungi mikoriza arbuskular (fma) dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara p, total mikrob, dan respirasi tanah pada bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 32(2): 71-82.
- Hidayat, F., Yudhistira, Y., Pane, R. D. P., Sapalina, F., Listia, E., dan Amalia, R. 2023. Aplikasi pupuk hayati untuk meningkatkan pertumbuhan dan produktivitas tanaman kelapa sawit. *Jurnal Pen. Kelapa Sawit*. 31(2): 96-107.
- Hendarjanti, H., dan Sukorini, H. 2022. Aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada pembibitan untuk menekan kejadian penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 90(2): 119-133.

- INVAM. 2013. *Classification of glomeromycota*. Tersedia online pada <https://invam.ku.edu/classification>.
- Irvanto, D., Rini, M. V., Suharjo, R., dan Wibowo, L. 2020. Seleksi fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit di tanah haplohumods. *Proceeding Webinar Nasional Mikoriza*.
- Islamiyah, D. P., Mudakir, I., dan Pujiastuti, P. 2017. Pengaruh Mikoriza+ MHB terhadap serapan fosfat dan derajat infeksi akar bibit kopi arabika (*Coffea arabica* L.). *saintifika*. 19(1): 9-18
- Jannah, N., dan Marhannudin, F. A. 2012. Pengaruh macam dan dosis pupuk NPK majemuk terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). *Media Sains*. 4, 48-54.
- Juliardi, S. E., dan Fachrudin, H. T. 2022. *Penilaian perkebunan kelapa sawit*. Merdeka Kreasi Group. Medan.
- Kartika, E. 2016. Pertumbuhan tanaman kelapa sawit belum menghasilkan (TBM I) pada pemberian mikoriza indigen dan dosis pupuk organik di lahan marginal., *Biospecies*. 9(1): 29-37.
- Krisnarini, K., Rini, M. V., dan Timotiwu, P. B. 2018. The growth of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) seedlings with the application of different arbuscular mycorrhiza fungi and various phosphorous dosages. *Journal of Tropical Soils*. 23(3), 117-124.
- Lubis, D. P. S., dan Purba, M. Y. 2017. Laporan Praktek Kerja Lapangan (PKL) di PT Perkebunan Nusantara II Unit Kwala Sawit. 1-57.
- Leovini, H., Kastono, D. dan Widada, J. 2014. Pengaruh pemberian jamurmikoriza Arbuskular, Jenis Pupuk Fosfat dan Takaran Kompos terhadap pertumbuhan Bibit Tebu (*Saccharum officinarum* L.) pada Media PasirPantai. *Vegetalika*. 3(1): 102–115.
- Mahendra, A. 2022. Budidaya tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). Politeknik Pembangunan Pertanian. Medan.
- Nopita, S., Subaedah, S., dan Aminah, A. 2022. Pengaruh berbagai jenis media tanam terhadap perkembangbiakan fungi mikoriza arbuskular dengan penggunaan tanaman inang kedelai (*Glycine max* L. Merill). *AGrotekMAS Jurnal Indonesia: Jurnal Ilmu Peranian*. 3(3), 124-131.
- Nurbaity, A., Suminar, E., dan Istifadah, N. 2024. Kandungan Hormon dan Pertumbuhan Tanaman pada Bioassay Bibit Kentang yang Diberi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Mycorrhizal Helper Bacteria. *Agrikultura*. 35(1), 1-9.

- Oktaviani, D., Hasanah, Y., dan Barus, A. 2014. Pertumbuhan kedelai (*Glycine max* L. Merrill) dengan aplikasi fungsi mikoriza arbuskular (FMA) dan konsorsium mikroba. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(2), 99117.
- Pahan, I. 2008. *Panduan lengkap kelapa sawit manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta, 412.
- Pahan, I. 2012. *Kelapa Sawit: Manajemen dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta. 411 hlm.
- Pattimahu, D.V. 2004. *Restorasi lahan kritis pasca tambang sesuai kaidah ekologi*. Makalah Mata Kuliah Falsafah Sains, Sekolah Pasca Sarjana. IPB. Bogor. 16 hlm.
- Puspitasari, A. R., Ariyani, D., dan Winarsih, S. 2021. “Peningkatan pertumbuhan tebu dengan aplikasi kompos, cendawan mikoriza arbuskular dan pembenah tanah di lahan kering Madura”, In Seminar Nasional Lahan Suboptimal. 9(2021), 392-399.
- Phosri C, Rodriguez A, Sanders, I. R. and Jeffries, P. 2010. The role of mycorrhizas in moresustainable oil palm cultivation. *Agric Ecosyst Environ*. 135 (3): 187-193
- Prayudyaningsih, R. 2016. Aplikasi fungsi mikoriza arbuskular (fma) dan kompos untuk meningkatkan pertumbuhan semai jati (*Tectona grandis* linn. F.) pada media tanah bekas tambang kapur. *Jurnal Wallacea*. 5(1), 37-46.
- Prihantoro, I., Karti, P. D., Aditia, E. L., dan Nisabillah, S. 2023. Kualitas fungsi Mikoriza arbuskular (FMA) yang diproduksi dengan teknik fortifikasi dan fertigasi berbeda pada pertumbuhan Indigofera zollingeriana. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 28(3): 377-385.
- Rianditya, O. D., dan Hartatik, S. 2022. Pengaruh pemberianpupuk fosfor terhadap pertumbuhan vegetatif Tanaman Tebu Var. Bululawang hasil mutasi. *Berkala IlmiahPertanian*. 5(1): 52-57.
- Rias, R. R., Rini, M. V., dan Yelli, F. 2015. Seleksi lima isolat fungsi mikoriza arbuskular untuk pembibitan kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) pada dua dosis pupuk NPK. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 15(1): 24-32.
- Riliana, N., Parapasan, Y., dan Sukmawan, Y. 2020. “Pengaruh inokulan fungsi mikoriza arbuskular dan komposisi media tanam pada pertumbuhan tanaman tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Savana Cendana*. 5(3), 44-46.
- Rini, M. V. dan Efriani, U. 2016. Respons bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian fungsi mikoriza arbuskular dan cekaman air. *Menara Perkebunan*. 84 (2): 107-116

- Rini, M.V., Pertiwi, K.O., dan Saputra, H. 2017. Seleksi lima isolate fungi mikoriza arbuskular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *J. Agrotek Tropika*. 5(3): 138-143.
- 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., Suharjo, R., Wibowo, L., Irvanto, D., dan Ariyanto, A. 2021. Seleksi empat jenis fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada tanah histosol. *Menara Perkebunan*. 89(1): 8-16.
- Rumondang, J., 2011. Evaluasi aplikasifungi Mikoriza Arbuskular (FMA) dan Respon pertumbuhannya terhadap Bibit Jati (*Tectoniagrands* Linn. F) di Persemaian. Skripsi pada FPIP (dipublikasikan).
- Rengganis, D. 2013. Studi keanekaragaman Genus Fungi Mikoriza Arbuskular di sekitar perakaran Pohon Jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb Miq) alami. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Rupaedah, B., Iswandi, A. N. A. S., Santosa, D. A., Sumaryono, W., dan Budi, S. W. 2015. Peranan rizobakteri dan fungi mikoriza arbuskular dalam proses fotosintesis dan produksi gula sorgum manis (*Sorghum bicolor* L. Moench. *Menara Perkebunan*. 83(1):44-53.
- Sanana, S. T. S., Asmarahman, C., Riniarti, M., dan Duryat, D. 2022. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskular pada rhizosfer areal revegetasi lahan pascatambang emas PT Natarang Mining. *Jurnal Belantara*. 5(1), 81-95.
- Sari, W. E., Muslimin, M., Franz, A., dan Sugiartawan, P. 2022. Deteksi tingkat kematangan tandan buah segar kelapa sawit dengan Algoritme K-Means. *SINTECH (Science and Information Technology) Journal*. 5(2): 154-164.
- Setiadi, Y. 1992. Peranan Mikoriza Arbuskula Dalam Rehabilitasi Lahan Kritis di Indonesia. Disampaikan dalam Rangka Seminar Penggunaan Cendawan Mikoriza dalam Sistem Pertanian Organik dan Rehabilitasi Lahan Kritis. Bandung 23 April 2001.
- Siddique, Z.A. and J. Pitchel. 2008. *Mycorrhizae: An overview In: Z.A. Siddique et al. Eds. Mycorrhizae: Sustainable agriculture and forestry*. Springer Science+Business Media B.V. Netherland
- Sufaati, S., dan Bone, I. H. 2011. Endomikoriza yang berasosiasi dengan tanaman pertanian non-legum di lahan pertanian daerah transmigrasi Koya Barat, Kota Jayapura. *J. Biologi Papua*. 3, 1-8.

- Smith, S. E., and Read, D. J. 2010. *Mycorrhizal symbiosis*. Academic press. New York.
- Smith, S. E., and D. J. Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis* (3rd ed.). Academic Press.
- Souza, T. 2015. *Handbook of arbuscular mycorrhizal fungi*. Springer International Publishing, Switzerland.
- Tawaraya, K. 2003. Arbuscular mycorrhizal dependency of different plant species and cultivars. *Soil Science and Plant Nutrition*. 49(5): 655–668.
- Tuheteru, F. D., Arif, A., Wulan, S. A., dan Kramadibrata, K. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi associated with adaptive plants in gold mine tailing. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 20(11): 3398-3404.
- Ulia, C. U. 2025. *Pengaruh Inokulasi Mikoriza Dan Macam Pupuk Organik Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis Guineensis Jacq) Di Main Nursery* (Doctoral dissertation, Institut Pertanian Stiper Yogyakarta).
- Widiastuti, H., Sukarno, N., Darusman, L.K., Goenadi, D.H., Smith, S., dan Guhardja, E. 2005. Penggunaan spora fungi mikoriza arbuskular sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 73(1): 26-34.
- Wijayani, S., dan Wirianata, H. 2021. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskular Indigenous Pada Perkebunan Kelapa Sawit Rakyat. *Agrin*. 25(2). 165-171.
- Winata, M. P., dan Zainul, A. B. 2020. Pengaruh pemberian biochar batang tembakau dan mikoriza terhadap produktivitas tembakau (*Nicotiana tabaccum*) Besuki Na-Oogst. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 3(1), 7-15.
- Zega, Y. P. 2025. *Pengaruh Dosis Pupuk NPK dan Ukuran Polibag terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pembibitan Utama* (Doctoral dissertation, Institut Pertanian STIPER Yogyakarta).