

**PENGARUH KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*
Jacq.) DI *PRE NURSERY***

(Skripsi)

**Oleh
Vita Catur Berliana
2114161011**



**UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

PENGARUH KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) DI *PRE NURSERY*

Oleh

VITA CATUR BERLIANA

Peningkatan luas lahan untuk tanaman kelapa sawit antara tahun 2020 hingga 2023 sebesar 15,4% (Ditjenbun, 2024). Pertumbuhan luas areal ini akan menyebabkan peningkatan permintaan terhadap bibit berkualitas setiap tahunnya. Untuk memenuhi kebutuhan bibit berkualitas, penting untuk menjalankan perawatan yang tepat selama proses pembibitan. Kompos aerob merupakan jenis kompos yang melalui proses dekomposisi dengan melibatkan oksigen, di mana fase termofiliknya dapat membunuh mikroorganisme patogen. Pemberian kompos aerob pada media tanam dengan rasio 2:1 dapat memperbaiki pertumbuhan bibit kelapa sawit. Dosis ini diharapkan dapat memberikan respons positif yang terlihat dalam peningkatan tinggi tanaman. Pengaplikasian fungi mikoriza arbuskular (FMA) diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit melalui peningkatan penyerapan hara, terutama fosfor (P), yang sangat penting bagi tanaman, terutama di tanah masam. FMA membantu memperluas bidang serapan air dan hara, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui apakah pemberian kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*, (2) mengetahui apakah pemberian FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*, (3) mengetahui apakah respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian FMA

dipengaruhi oleh pemberian kompos aerob di fase *prenursery*, dan (4) menemukan kombinasi perlakuan mana yang paling efektif dalam menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik di fase *prenursery*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari bulan Agustus 2024 sampai Januari 2025. Penelitian ini menggunakan rancangan perlakuan faktorial (2×2). Faktor pertama adalah perlakuan tanpa aplikasi kompos aerob (P_0) dan perlakuan aplikasi kompos aerob (P_1). Faktor kedua adalah perlakuan tanpa FMA (M_0) dan perlakuan aplikasi FMA 20 gram/polybag (500 spora) (M_1) dengan 7 ulangan. Perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK). Homogenitas ragam diuji dengan Uji Barlett dan aditifitas data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi data dianalisis ragam dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada variabel tinggi tanaman dan bobot kering akar respon bibit kelapa sawit terhadap pemberian FMA dipengaruhi oleh perlakuan kompos aerob. Perlakuan FMA berpengaruh nyata pada pengamatan jumlah daun, lingkaran bonggol, dan persen kolonisasi akar, sedangkan perlakuan kompos aerob berpengaruh pada tinggi tanaman, jumlah daun, tingkat kehijauan daun, luas daun, bobot kering tajuk, bobot basah tajuk, volume akar dan persen kolonisasi akar.

Kata kunci: Kompos aerob, Fungi Mikoriza Arbuskular, kelapa sawit.

**PENGARUH KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis*
Jacq.) DI *PRE NURSERY***

**Oleh
Vita Catur Berliana**

Skripsi

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

pada

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



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Skripsi

: **PENGARUH KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guinensis* Jacq.) DI PRE NURSERY**

Nama Mahasiswa

: **Vita Catur Berliana**

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114161011

Program Studi

: Agronomi

Fakultas

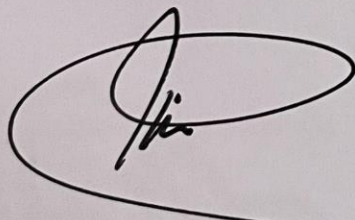
: Pertanian

MENYETUJUI

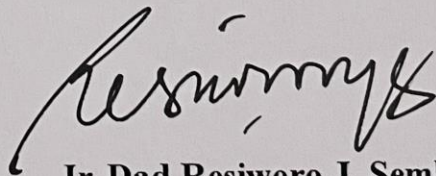
1. Komisi Pembimbing

Pembimbing pertama

Pembimbing Kedua

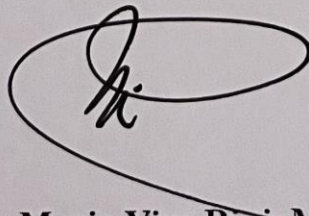


Prof. Ir. Maria Viva Rini, M.Agr.Sc., Ph.D.
NIP 196603041990122001



Ir. Dad Resiworo J. Sembodo, M.S.
NIP 196204221986031001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



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

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

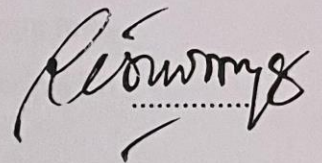
Ketua

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



Sekretaris

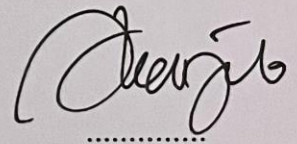
: Ir. Dad Resiworo Jekti Sembodo, M.S.



Penguji

Bukan Pembimbing

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



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Juni 2025

SYARAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “ **Pengaruh Kompos Aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) Di *Pre nursery***” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 20 Juni 2025

Penulis



Vita Catur Berliana

2114161011

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Argopeni, Kabupaten Tanggamus 25 Juni 2004 sebagai anak keempat dari pasangan Bapak Sariman dan Ibu Mudzalifah (Alm). Penulis mengawali pendidikan formal di Paud Bina Bangsa pada tahun 2008. Tahun 2009 melanjutkan Pendidikan di SDN 2 Sumberejo Kabupaten Tanggamus. Kemudian penulis melanjutkan Pendidikan ke SMPN 2 Sumberejo Kabupaten Tanggamus pada tahun 2015. Pada tahun 2018 melanjutkan Pendidikan di SMAN 1 Sumberejo Kabupaten Tanggamus. Pada tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan di perguruan tinggi di Universitas Lampung, di Jurusan Agronomi dan Hortikultura melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademik dan non akademik. Kegiatan akademik yang pernah penulis lakukan yaitu mengikuti program MSIB (Magang dan Studi Independen Bersertifikat) sekaligus melaksanakan Praktik Umum (PU) pada bulan Januari-Juni 2024 di PT Bumitama Gunajaya Agro, Kotawaringin Timur, Kalimantan Tengah, menjadi asisten dosen untuk mata kuliah Kewirausahaan, dan Produksi Tanaman Perkebunan. Penulis melakukan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Gunung Sari, Rebang Tangkas, Kabupaten Waykanan pada bulan Desember 2023 – Januari 2024. Kegiatan non akademik yang pernah penulis lakukan yaitu sebagai Anggota Bidang DANUS HIMAGRHO periode 2023 dan Mentor Bidang DANUS HIMAGRHO periode 2024, serta mengikuti berbagai kepanitiaan di lingkup HIMAGRHO.

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah itu benar”
(Qs. Ar-Ruum;60)

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan. Maka apabila engkau telah selesai (dari suatu urusan), tetaplah bekerja keras (untuk urusan yang lain). Dan hanya kepada TUHAN mu lah engkau berharap”
(Qs. Al-Insyirah, 6-8)

“Tidak ada balasan untuk kebaikan selain kebaikan (pula)”
(Qs. Ar-Rahman; 60)

“Bersungguh-sungguhlah untuk mendapatkan apa yang bermanfaat bagimu dan mintalah pertolongan kepada Allah (dalam setiap urusan) serta janganlah sekali-kali engkau merasa lemah”.
(H.R. Muslim)

Dengan penuh rasa syukur kepada ALLAH SWT, hasil karya ini ku persembahkan kepada:

kedua orang tuaku Bapak Sariman dan Ibu Mudzalifah (Alm), kakak ku Selly Ratnasari S.Pd, Dani Rizky Dwi Putra, dan Dana Rizka Dwi Putri S.Pd sebagai tanda bakti dan cinta kasihku atas segala doa, didikan, bimbingan semangat, nasihat, dukungan dan kasih sayang yang telah diberikan, serta untuk almamater tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat ALLAH SWT, karena atas berkat dan rahmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Shalawat serta salam penulis sanjung agungkan kepada Rasulullah SAW.

Skripsi dengan judul **“Pengaruh Kompos Aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di *Pre nursery*”** adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Dengan selesainya skripsi ini, penulis mengucapkan terimakasih 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 Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura dan Dosen Pembimbing pertama yang telah memberikan ide dalam penelitian ini, bimbingan, saran, waktu, nasehat, ilmu, perhatian serta motivasi yang telah diberikan selama penyusunan skripsi ini.
3. Bapak Ir. Dad Resiworo Jekti Sembodo, M.S. selaku Dosen Pembimbing kedua yang telah memberikan bimbingan, waktu, ilmu, arahan, nasehat, saran, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini.
4. Bapak Dr. Ir. Agus Karyanto, M.Sc. selaku Dosen Penguji yang telah memberikan saran, arahan, dan nasihat dalam penyusunan skripsi ini.
5. Bapak Akari Edy, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan dan nasihat selama masa studi.
6. Seluruh dosen Jurusan Agronomi dan Hortikultura atas ilmu yang telah diberikan selama masa studi di Universitas Lampung.

7. Keluarga penulis, Ayahanda Sariman dan Bunda Mudzalifah (Alm), Ibu Manisah, Mba Selly, Mas Dani, Mba Nana, Mas Andi, Mba Vivi, Mas Hendro, Mba Dela dan Dwi yang telah memberikan doa, dukungan, nasihat, motivasi dan bantuan baik moril maupun materil yang tidak terhingga kepada penulis.
8. *Aerob Family*, Dyas Kinanti, Chandra Aditya, Syavitra Agis, Mba Puput dan Bang Andika atas bantuan, dukungan dan saran selama penelitian dan penyusunan skripsi.
9. Sahabat- sahabat seperjuangan, Derby Rosadi, Dyas Kinanti, Kirana Ceri, Lia Rezawati, Dielvi Gustrie, Adinda Nurhaliza, I. Gede Govinda, M. Faisal yang telah memberikan kebersamaan, bantuan, saran dan dukungan selama masa studi hingga penyusunan skripsi.
10. Sahabat Penulis, Helda Roudiatul, Azizatus, Ratnasari, Firanika, Hartati Mukti, Intan Oktavia, Desti Dian Novera dan Thanli Youwanda yang telah memberikan dukungan dan kebersamaan selama ini.
11. Teman- teman penulis, Aqifah Mazziya, Wafiqah Ambari, Dimas Prayoga, Olivia Diva, dan Septi Wulandari untuk dukungan, kebersamaan dan saran selama magang dan penyusunan skripsi.
12. Keluarga Besar Agronomi dan Hortikultura Angkatan 2021, atas bantuan dan kebersamaannya.

Semoga Allah SWT membalas kebaikan atas semua bantuan dan dukungan yang telah diberikan kepada penulis. Aamiin.

Bandar Lampung 20 Juni 2025

Vita Catur Berliana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
I PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	5
1.3 Tujuan	5
1.4 Landasan Teori	6
1.5 Kerangka Pemikiran	11
1.6 Hipotesis	14
II TINJAUAN PUSTAKA	15
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	15
2.1.1 Taksonomi Tanaman Kelapa Sawit	15
2.1.2 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit	15
2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit	16
2.1.4 Deskripsi Kelapa Sawit Varietas DxP Simalungun	19
2.2 Kompos Aerob	19
2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	22
2.3.1 Taksonomi FMA	22
2.3.2 Jenis Jenis FMA	22
2.3.3 Proses Kolonisasi	24
2.3.4 Manfaat FMA	24
III BAHAN DAN METODE	26
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	26
3.2 Bahan dan Alat	26

3.3 Metode Penelitian	27
3.4 Pelaksanaan Penelitian	28
3.4.1 Penyemaian Benih dan Penyiapan Media Tanam di <i>Pre nursery</i>	28
3.4.2 Penanaman Di <i>Prenursery</i> dan Inokulasi FMA	28
3.4.3 Pemeliharaan Tanaman	29
3.5 Variabel Pengamatan	29
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	33
4.1 Hasil Penelitian	33
4.1.1 Tinggi Tanaman	34
4.1.2 Jumlah Daun, Tingkat Kehijauan daun dan Luas Daun	35
4.1.3 Lingkaran Bonggol	39
4.1.4 Bobot Segar dan Bobot Kering Tajuk	39
4.1.5 Akar	39
4.1.6 Bobot Segar Akar	40
4.1.7 Bobot Kering Akar	41
4.2 Pembahasan	41
V. SIMPULAN DAN SARAN	48
5.1 Simpulan	48
5.2 Saran	49
DAFTAR PUSTAKA	50
LAMPIRAN	57

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Deskripsi Varietas DxP Simalungun	20
2. Tata Letak Percobaan	27
3. Rekapitulasi hasil analisis ragam data penelitian pada 16 MSA	33
4. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada tinggi tanaman bibit kelapa sawit 16 MSA	34
5. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada jumlah daun, tingkat kehijauan daun dan luas daun bibit kelapa sawit 16 MSA	36
6. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada lingkaran bonggol bibit kelapa sawit 16 MSA	38
7. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada bobot segar dan bobot kering tajuk bibit kelapa sawit 16 MSA.....	39
8. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada akar bibit kelapa sawit 16 MSA	40
9. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada bobot segar akar bibit kelapa sawit 16 MSA	40
10. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada bobot kering akar bibit kelapa sawit 16 MSA	41
11. Standar Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit	47
12. Data tinggi tanaman bibit kelapa sawit pada 16 MSA (cm)	58
13. Hasil analisis ragam tinggi tanaman bibit kelapa sawit pada 16 MSA	58
14. Data jumlah daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA (helai)	58
15. Hasil analisis ragam jumlah daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA	59
16. Data lingkaran bonggol bibit kelapa sawit pada 16 MSA (cm)	59
17. Hasil analisis ragam lingkaran bonggol bibit kelapa sawit pada 16 MSA	59
18. Data tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA	60

19. Hasil analisis ragam tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA	60
20. Data luas daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA (cm ²)	60
21. Hasil analisis ragam luas daun bibit kelapa sawit pada 16 MSA	61
22. Data bobot segar tajuk bibit kelapa sawit pada 16 MSA (g)	61
23. Hasil analisis ragam bobot segar tajuk bibit kelapa sawit pada 16 MSA	61
24. Data bobot kering tajuk bibit kelapa sawit pada 16 MSA (g)	62
25. Hasil analisis ragam bobot kering tajuk bibit kelapa sawit pada 16 MSA	62
26. Data jumlah akar primer bibit kelapa sawit pada 16 MSA	62
27. Hasil analisis ragam jumlah akar primer bibit kelapa sawit pada 16 MSA	63
28. Data bobot segar akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA (g)	63
29. Hasil analisis ragam bobot segar akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA	63
30. Data bobot kering akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA (g)	64
31. Hasil analisis ragam bobot kering akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA	64
32. Data total panjang akar primer bibit kelapa sawit pada 16 MSA	64
33. Hasil analisis ragam panjang akar primer bibit kelapa sawit pada 16 MSA	65
34. Data volume akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA (ml)	65
35. Hasil analisis ragam volume akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA	65
36. Data persen kolonisasi akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA (%)	66
37. Hasil analisis ragam persen kolonisasi akar bibit kelapa sawit pada 16 MSA	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran	13
2. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada tinggi tanaman bibit kelapa sawit umur 4, 8, 12, dan 16 MSA	35
3. Tanaman bibit kelapa sawit umur 16 MSA	36
4. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada jumlah daun bibit kelapa sawit umur 4, 8, 12, dan 16 MSA	37
5. Pengaruh perlakuan FMA dan kompos aerob pada lingkaran bonggol bibit kelapa sawit umur 4, 8, 12, dan 16 MSA	38
6. Akar bibit kelapa sawit 2:1+FMA yang terkolonisasi FMA	42
7. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 1	67
8. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 2	67
9. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 3	68
10. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 4	68
11. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 5	69
12. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 6	69
13. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 7	70
14. Bibit kelapa sawit kelompok 1-7 dengan perlakuan kontrol tanpa kompos aerob dan tanpa FMA	70
15. Bibit kelapa sawit kelompok 1-7 dengan perlakuan tanpa kompos aerob + inokulasi FMA 20g/tanaman	71
16. Bibit kelapa sawit kelompok 1-7 dengan perlakuan dengan kompos aerob 2:1 dan tanpa FMA	71

17. Bibit kelapa sawit kelompok 1-7 dengan perlakuan dengan kompos aerob 2:1 dan inokulasi FMA 20g/tanaman	72
18. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 1	72
19. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 2	73
20. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 3	73
21. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 4	74
22. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 5	74
23. Bibit kelapa sawit 16 MSA pada Kelompok 6	75

I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman yang berperan penting bagi subsektor perkebunan dan juga merupakan komoditas unggulan. Produk utama kelapa sawit yang dihasilkan adalah minyak sawit (CPO) dan minyak inti sawit (PKO), yang merupakan hasil komoditi dengan nilai ekonomis tinggi, sehingga menjadi salah satu penyumbang devisa negara terbesar dibandingkan dengan komoditas perkebunan lainnya (Yuliyana, 2022). Indonesia merupakan produsen *Crude Palm Oil* (CPO) terbesar di dunia sejak tahun 2006 (Irawan *et al.*, 2021). Total produksi CPO ditahun 2023 adalah sebesar 50,07 juta ton atau naik sebesar 7,15 persen dari tahun 2022 sebesar 46,73 juta ton (GAPKI, 2024) dan sebanyak 70 % produk CPO di Indonesia telah diekspor dan selebihnya dikonsumsi di dalam negeri.

Di Indonesia, perkebunan kelapa sawit dikelompokkan menurut status pengusahanya menjadi tiga kategori utama. Pertama adalah Perkebunan Besar Negara, yang mencakup area seluas 548.311 hektar, atau sekitar 3,5% dari total perkebunan kelapa sawit. Kedua adalah Perkebunan Besar Swasta, yang memanfaatkan 8.576.838 hektar atau sekitar 55,9% dari total luas perkebunan. Ketiga adalah Perkebunan Rakyat, dengan luas mencapai 6.213.407 hektar, yang berkontribusi sebesar 40,5% dari total perkebunan kelapa sawit di Indonesia (BPS, 2023). Perkebunan Besar Negara dan Perkebunan Besar Swasta di Indonesia memiliki peran penting dalam membina dan mengembangkan

perkebunan rakyat atau plasma. Mereka melakukan ini dengan menyediakan berbagai sarana produksi yang meliputi bibit, pupuk, dan pestisida. Selain itu, mereka juga memberikan bimbingan teknis mengenai manajemen usaha serta mendukung penguasaan dan peningkatan teknologi yang diperlukan untuk meningkatkan efisiensi dan produktivitas perkebunan rakyat (Yutika *et al.*, 2019).

Peningkatan luas lahan untuk tanaman kelapa sawit antara tahun 2020 hingga 2023 sebesar 15,4% (Ditjenbun, 2024). Pertumbuhan luas areal ini akan menyebabkan peningkatan permintaan terhadap bibit berkualitas setiap tahunnya. Bibit yang baik sangat penting karena memengaruhi produktivitas dan umur tanaman (Jannah *et al.*, 2012). Untuk memenuhi kebutuhan bibit berkualitas, penting untuk menjalankan perawatan yang tepat selama proses pembibitan. Bibit yang terawat dengan baik akan menghasilkan tanaman yang sehat dan kuat, yang pada gilirannya akan memberikan hasil produksi yang optimal.

Dalam budidaya tanaman perkebunan seperti kelapa sawit, pembibitan bertujuan untuk menyediakan bibit berkualitas tinggi yang dapat bertahan hingga kondisi lingkungan yang kurang ideal, dibandingkan dengan menanam benih langsung di lapangan (Buana *et al.*, 2019). Proses pembibitan kelapa sawit terdiri dari 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).

Kompos merupakan salah satu jenis pupuk organik yang sering dipakai. Kompos adalah sisa bahan organik yang berasal dari tanaman, hewan dan limbah organik yang telah mengalami proses dekomposisi atau fermentasi. Kompos yang dicampurkan ke dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan (*fertility*) tanah karena adanya penambahan bahan organik dalam tanah. Bahan organik yang terkandung dalam kompos dapat mengikat partikel tanah. Ikatan partikel tanah ini dapat meningkatkan penyerapan akar tanaman terhadap air, mempermudah penetrasi akar (*root penetration*) pada tanah, dan memperbaiki pertukaran udara (*aeration*) dalam tanah, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman (Dewi, 2017).

Pengomposan merupakan suatu proses biologis oleh aksi mikroorganisme yang mengubah sampah padat organik biodegradabel menjadi bahan yang stabil menyerupai humus. Proses dekomposisi (penguraian) sampah padat organik dapat berlangsung secara aerobik maupun anaerobik, tergantung dari persediaan oksigen. Pengomposan aerobik berjalan dengan kondisi terbuka. Pengontrolan terhadap kadar air, suhu, pH, kelembaban, ukuran bahan, volume tumpukan bahan dan pemilihan bahan perlu dilakukan secara intensif untuk mempertahankan proses pengomposan agar stabil sehingga diperoleh proses pengomposan yang optimal, kualitas maupun kecepatannya. Selain itu, juga untuk memperlancar udara masuk ke dalam bahan kompos. Pengontrolan secara intensif ini merupakan ciri khas proses pengomposan aerobik (Meriatna, 2019).

Pemanfaatan pupuk hayati yang efektif dapat mengurangi kebutuhan akan pupuk anorganik. Mikroba dalam pupuk hayati yang ditambahkan ke tanah dapat mendukung atau menyediakan unsur hara tertentu untuk tanaman (Simanungkalit *et al.*, 2006). Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) adalah salah satu mikroorganisme yang berinteraksi dengan akar tanaman untuk meningkatkan penyerapan unsur hara. FMA, sebagai mikroorganisme tanah, mendukung penyerapan nutrisi tanaman dengan cara memperluas hifa, sehingga akar tanaman dapat menjangkau area yang lebih luas untuk mendapatkan nutrisi dari tanah. Tanaman yang bersimbiosis dengan FMA memiliki kadar nutrisi yang lebih tinggi dibandingkan dengan yang tidak diberi FMA, karena FMA mempengaruhi laju dan konsentrasi penyerapan hara pada akar tanaman, serta mengubah ketersediaan nutrisi secara kimia untuk memudahkan penyerapan oleh tanaman (Setiadi, 2001).

Fungi Mikoriza Arbuskular adalah mikroorganisme simbiotik obligat yang menjalin hubungan mutualisme dengan akar tanaman, berkembang di antara sel-sel korteks akar. FMA mampu bersimbiosis dengan hampir 90% spesies tanaman (Smith dan Read, 2008). Kehadiran FMA juga berperan dalam meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara, terutama fosfor, yang seringkali sulit didapatkan karena ketersediaannya yang rendah (Prayudianingsih dan Sari, 2016). Tanaman kelapa sawit secara alami dapat menjalin simbiosis dengan FMA. Inokulasi FMA pada tanaman kelapa sawit dapat meningkatkan kemampuan tanaman dalam

menyerap hara dan air serta memperbaiki struktur agregasi tanah. Selain manfaat tersebut, FMA juga berkontribusi pada peningkatan ketahanan tanaman terhadap kolonisasi patogen dan kondisi kekeringan (Sunarti *et al.*, 2004).

Mikoriza dan kompos aerob merupakan dua alternatif pembenah tanah yang dapat digunakan untuk meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit, terutama pada fase *prenursery* (pembibitan awal). Mikoriza adalah asosiasi mutualistik antara fungi dan akar tanaman, yang dapat membantu penyerapan air dan nutrisi, serta meningkatkan resistensi tanaman terhadap cekaman (Maisaroh *et al.*, 2020). Sementara itu, kompos aerob adalah pupuk organik yang dihasilkan dari dekomposisi bahan-bahan organik, yang dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Utami *et al.*, 2019).

Penelitian sebelumnya telah menunjukkan bahwa pemberian mikoriza dan kompos aerob secara terpisah dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*. Saputra (2024) menyatakan bahwa bibit kelapa sawit dengan perlakuan dosis kompos aerob 2:1 menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik di fase *pre nursery*. Sedangkan Utami *et al.* (2019) menemukan bahwa pemberian kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan dan biomassa bibit kelapa sawit. Maisaroh *et al.* (2020) melaporkan bahwa pemberian mikoriza dapat meningkatkan tinggi tanaman, diameter batang, dan bobot kering bibit kelapa sawit. Namun, informasi tentang pengaruh kombinasi pemberian mikoriza dan kompos aerob terhadap pertumbuhan kelapa sawit di fase *prenursery* masih terbatas. Oleh karena itu, penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengkaji efektivitas penerapan kombinasi mikoriza dan kompos aerob dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *prenursery*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang di atas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Apakah pemberian kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*?
2. Apakah pemberian FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*?
3. Apakah respons bibit kelapa sawit terhadap pemberian FMA ditentukan oleh pemberian kompos aerob di fase *prenursery*?
4. Pemberian kombinasi perlakuan yang manakah yang menghasilkan pertumbuhan bibit terbaik?

1.3 Tujuan

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

1. Mengetahui apakah pemberian kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*.
2. Mengetahui apakah pemberian FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit di fase *prenursery*.
3. Mengetahui apakah respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian FMA dipengaruhi oleh pemberian kompos aerob di fase *prenursery*.
4. Menentukan kombinasi perlakuan mana yang paling efektif dalam menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik di fase *prenursery*.

1.4 Landasan Teori

Untuk mendapatkan penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan, maka disusun landasan teori sebagai berikut. Pembibitan adalah salah satu faktor penentu dalam budidaya kelapa sawit. Pembibitan kelapa sawit merupakan langkah awal yang sangat menentukan keberhasilan penanaman di lapangan. Oleh karena itu, perlu dilakukan suatu teknik budidaya yang mampu menghasilkan bibit berkualitas (Syahfitri, 2007). Pembibitan kelapa sawit dapat dilakukan dengan menggunakan satu tahap (*single stage*) di mana penanaman kecambah kelapa sawit langsung dilakukan ke pembibitan utama (*main nursery*), atau dua tahap (*double stage*) yaitu kecambah kelapa sawit ditanam dahulu di pembibitan awal (*pre-nursery*) selama ± 3 bulan pada polybag berukuran 22 cm x 14 cm dengan ketebalan plastik 0,07 mm, kemudian dipindahkan ke pembibitan utama dari umur 3-12 bulan menggunakan polybag ukuran 50 cm x 30-40 cm dengan ketebalan plastik 0,2 mm (Sutanto *et al.*, 2002).

Menurut Kartika (2016), bahan organik dapat meningkatkan kesuburan tanah secara fisik, kimia, dan biologis. Bahan organik banyak menyumbangkan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), kalsium (Ca), magnesium (Mg), serta meningkatkan ketersediaan hara lainnya bagi tanaman. Keberadaan bahan organik meningkatkan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah dan mengeluarkan asam humik, fulfik, karboksil, fenol, dan asam-asam organik lainnya yang dapat bereaksi dengan logam seperti aluminium (Al), besi (Fe), dan mangan (Mn), sehingga hara dapat tersedia bagi tanaman.

Manfaat utama pupuk organik adalah untuk memperbaiki kesuburan kimia, fisik, dan biologi tanah, selain sebagai sumber unsur hara bagi tanaman. Pupuk organik atau bahan organik merupakan sumber nitrogen tanah yang utama, dan di dalam tanah pupuk organik akan dirombak oleh mikroorganisme menjadi humus, atau bahan organik tanah. Meskipun mengandung unsur hara yang rendah dan lambat melapuk, bahan organik penting dalam (1) menyediakan hara makro dan mikro seperti Zn, Cu, Mo, Co, Ca, Mg, dan Si, (2) meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah, serta (3) dapat bereaksi dengan ion logam untuk membentuk

senyawa kompleks, sehingga ion logam yang meracuni tanaman atau menghambat penyediaan hara seperti Al, Fe, dan Mn dapat diatasi (Kartika, 2016).

Proses pembuatan kompos aerob memerlukan pasokan udara yang cukup untuk menjaga kelangsungan hidup bakteri pengurai aerobik, sehingga mereka dapat menguraikan sampah secara efisien. Suhu yang meningkat mendekati 40°C dalam ruangan dekomposter akan meningkatkan efektivitas bakteri dalam proses penguraian. Proses ini paling optimal terjadi pada suhu antara 30-40°C dengan kelembapan sekitar 40-60%. Kelembapan yang tepat penting agar mikroorganisme dapat berkembang biak dengan cepat, dan mempercepat proses penguraian. Selain itu, kecepatan penguraian juga dipengaruhi oleh pH bahan organik, di mana pH yang ideal berkisar antara 6,5 hingga 8,5 agar hewan pengurai seperti cacing dapat berkolaborasi dengan mikroorganisme (Wardoyo, 2021). Kelebihan pengomposan secara aerobik adalah mikroorganisme patogen akan mati pada fase termofilik (Walidaini, 2016).

Salam (2020) menjelaskan bahwa peningkatan bahan organik dalam tanah memberikan dampak positif yang signifikan. Pertama, bahan organik membantu meningkatkan agregat tanah, yang pada gilirannya memperkuat struktur tanah. Kedua, peningkatan bahan organik juga berkontribusi pada meningkatnya porositas tanah, sehingga menciptakan ruang kosong yang penting untuk sirkulasi udara dan air. Selain itu, kondisi ini meningkatkan laju infiltrasi dan perkolasi air, memungkinkan air meresap dan bergerak lebih cepat melalui tanah. Namun, pengaruh positif ini tidak bersifat permanen, karena bahan organik terus terdekomposisi seiring waktu. Proses dekomposisi ini dapat menyebabkan degradasi tanah, penurunan porositas, dan perubahan warna tanah yang dapat memudarkan penampilannya. Kehidupan mikroorganisme dan makroorganisme dalam sistem tanah sangat dipengaruhi oleh bahan organik, dan peningkatan kandungan bahan organik dapat meningkatkan populasi serta keragaman mikroorganisme dan makroorganisme tersebut.

Hasil penelitian Saputra (2024) menyatakan bahwa bibit kelapa sawit dengan perlakuan dosis kompos aerob 1:1 dan 2:1 menghasilkan pertumbuhan bibit

kelapa sawit terbaik di fase *pre nursery*. Pertumbuhan bibit kelapa sawit lebih tinggi 40-50% dibandingkan dengan standar bibit kelapa sawit menurut PPKS 2020. Hal tersebut menandakan pemberian kompos aerob dapat memenuhi kebutuhan bibit kelapa sawit sehingga dapat tumbuh optimal (Saputra, 2024). Tujuan utama aplikasi kompos aerob yang merupakan pupuk organik yaitu menyuplai nutrient bagi tanaman dan memperbaiki sifat fisik tanah baik secara fisika kimia dan biologi. Pemberian pupuk kompos merupakan merupakan salah satu alternatif pemecahan atau solusi untuk membatasi kemungkinan dampak negatif yang ditimbulkan akibat pemberian pupuk anorganik. Penggunaan pupuk kompos atau pupuk organik lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Dahlianah, 2015).

Banyak penelitian telah membuktikan bahwa mikoriza dapat memperbaiki penyerapan hara dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan serapan unsur hara oleh tanaman yang bersimbiosis dengan mikoriza, terutama fosfor (P), karena P diperlukan dalam jumlah yang relatif banyak, tetapi ketersediaannya terutama pada tanah-tanah masam menjadi terbatas sehingga sering kali menjadi faktor pembatas dalam meningkatkan produksi tanaman. Hasil penelitian Kartika (2006) menunjukkan bahwa bibit kelapa sawit yang bersimbiosis dengan FMA menghasilkan pertumbuhan dan serapan hara bibit yang lebih tinggi dibandingkan bibit tanpa FMA pada setiap cekaman kekeringan serta lebih efisien dalam penggunaan air dibandingkan bibit tanpa FMA.

FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama melalui kemampuannya dalam menyediakan hara mineral bagi tanaman, baik berupa unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Menurut Marschner (1997), tanaman yang bermikoriza memiliki laju penyerapan unsur fosfor (P) per unit panjang akar yang meningkat 2-3 kali dibandingkan tanaman tanpa mikoriza. Hal ini karena pada akar tanaman yang bermikoriza ditemukan hifa yang memberikan kontribusi sebesar 70-80 % dari total penyerapan P.

Akar tanaman memiliki peran penting dalam menyerap air dari tanah. Jika air yang tersedia tidak cukup selama fase pertumbuhan, tanaman akan mengalami cekaman. Cekaman air adalah kondisi yang mengganggu pertumbuhan tanaman. Ini terjadi ketika tanaman tidak dapat menyerap cukup air untuk menggantikan kehilangan air melalui transpirasi, yang bisa menyebabkan kelayuan, gangguan pertumbuhan, bahkan kematian tanaman. Istilah cekaman kekeringan merujuk pada keadaan di mana tanaman kekurangan air karena pasokan air dari lingkungan, terutama dari media tanam, sangat terbatas (Hidayat *et al.*, 2013).

Simbiosis antara fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan akar tanaman dimulai saat spora berkecambah di tanah. Proses ini mengaktifkan tanaman untuk mengeluarkan eksudat akar yang mengandung gula, asam organik, dan asam amino, yang berfungsi sebagai sumber makanan bagi fungi. FMA kemudian memasuki akar dengan menembus celah antar sel atau melalui sel epidermis, dan menyebar di jaringan korteks, membentuk struktur bercabang yang disebut arbuskular. Arbuskular berperan penting dalam pertukaran nutrisi antara tanaman dan fungi, mendukung pertumbuhan keduanya. Pembentukan struktur ini biasanya dimulai 2-3 hari setelah kolonisasi, saat hifa lateral melakukan penetrasi ke dalam dinding sel inang (Simanungkalit, 2004).

Menurut Widiastuti (2004), proses kolonisasi oleh FMA dimulai dengan perkecambahan spora di dalam tanah yang menghasilkan hifa. Hifa yang tumbuh kemudian menembus akar dan berkembang di dalam sel-sel korteks. Pada akar yang terkolonisasi, terbentuk arbuskul, vesikel yang berada di dalam sel, hifa yang berada di dalam sel-sel korteks, serta hifa yang berkembang di luar sel. Jaringan hifa eksternal dari FMA yang mengkolonisasi akar tanaman akan meningkatkan luas area serapan akar terhadap air dan unsur hara. Selain itu, karena ukuran hifa yang sangat halus pada bulu akar, hifa tersebut dapat masuk ke dalam pori-pori tanah yang sangat kecil, memungkinkan mereka untuk menyerap air bahkan pada kondisi tanah dengan kadar air yang sangat rendah (Mushfal, 2010).

Hasil penelitian Rini *et al.* (2010) memperlihatkan bahwa aplikasi FMA tidak selalu meningkatkan seluruh komponen pertumbuhan tanaman. Ada beberapa faktor komponen tanaman yang lebih banyak dipengaruhi oleh faktor genetik dibandingkan oleh faktor lingkungan, seperti jumlah daun untuk tanaman kelapa sawit.

Berdasarkan penelitian Rini dan Purlasyanko (2023), fungi mikoriza yang bersimbiosis dengan akar bibit kelapa sawit tidak berpengaruh signifikan terhadap jumlah akar primer, tetapi berpengaruh nyata terhadap jumlah akar sekunder. Bibit yang terkolonisasi oleh FMA menunjukkan jumlah akar sekunder yang lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol, namun volume akar yang tidak dipengaruhi secara signifikan oleh perlakuan FMA. Oleh karena itu diasumsikan bahwa meskipun akar sekunder pada bibit yang diberi perlakuan FMA lebih banyak, ukurannya lebih kecil dibandingkan dengan akar sekunder pada bibit kontrol. Akar yang lebih kecil dan lebih banyak ini sangat bermanfaat bagi tanaman dalam menyerap unsur hara dan air dari tanah.

Pertumbuhan tanaman meningkat dengan adanya FMA karena meningkatnya serapan hara. Jaringan hifa eksternal dari mikoriza akan memperluas bidang serapan air dan hara. Disamping itu ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro) sehingga hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza, juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran masa seperti N, K dan S. sehingga serapan unsur tersebut juga makin meningkat (Basri, 2018).

Hasil penelitian Widiastuti (2005) menunjukkan bahwa keefektifan inokulasi FMA dalam meningkatkan pertumbuhan dan sebagai agens biokontrol terhadap serangan patogen dipengaruhi oleh dosis spora FMA yang diaplikasikan. Dosis 500 spora/tanaman menghasilkan pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik dibandingkan dengan dosis 200 dan 350 spora/tanaman.

Menurut hasil penelitian Teddy (2016), tanaman karet yang diaplikasikan FMA juga menghasilkan derajat kolonisasi yang tinggi terhadap akar tanaman, dosis terbaik mikoriza dalam mengkolonisasi akar tanaman yaitu pada dosis 20 gram/polybag dengan derajat kolonisasi 81%.

1.5 Kerangka Pemikiran

Penggunaan kompos sebagai bahan campuran dalam media tanam untuk pembibitan kelapa sawit dapat meningkatkan sifat fisik, kimia, dan biologi tanah, serta mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit dengan lebih baik dibandingkan menggunakan tanah saja. Media tanam yang mengandung kompos memiliki kemampuan lebih baik dalam mengikat air, serta menawarkan drainase dan aerasi yang lebih optimal. Selain itu, campuran ini juga kaya akan unsur hara makro dan mikro, meningkatkan kapasitas tukar kation tanah, dan membuat struktur tanah menjadi lebih remah sehingga tidak mudah padat. Kadar bahan organik juga meningkat, yang berkontribusi pada aktivitas dan populasi mikroorganisme tanah. Mikroorganisme tersebut diharapkan dapat membantu siklus hara sehingga unsur hara dapat tersedia dan dimanfaatkan oleh tanaman.

Kompos aerob merupakan jenis kompos yang melalui proses dekomposisi dengan melibatkan oksigen, di mana fase termofiliknya dapat membunuh mikroorganisme patogen. Pemberian kompos aerob pada media tanam dengan rasio 2:1 dapat memperbaiki pertumbuhan bibit kelapa sawit. Dosis ini diharapkan dapat memberikan respons positif yang terlihat dalam peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, lingkaran bonggol, tingkat kehijauan daun, luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, jumlah akar primer, bobot segar akar primer, bobot segar akar selain akar primer, bobot kering akar selain akar primer, panjang akar primer rata-rata, akar primer terpanjang, volume akar dan persentase kolonisasi akar juga diharapkan terjadi, mendukung pertumbuhan yang lebih optimal untuk bibit kelapa sawit.

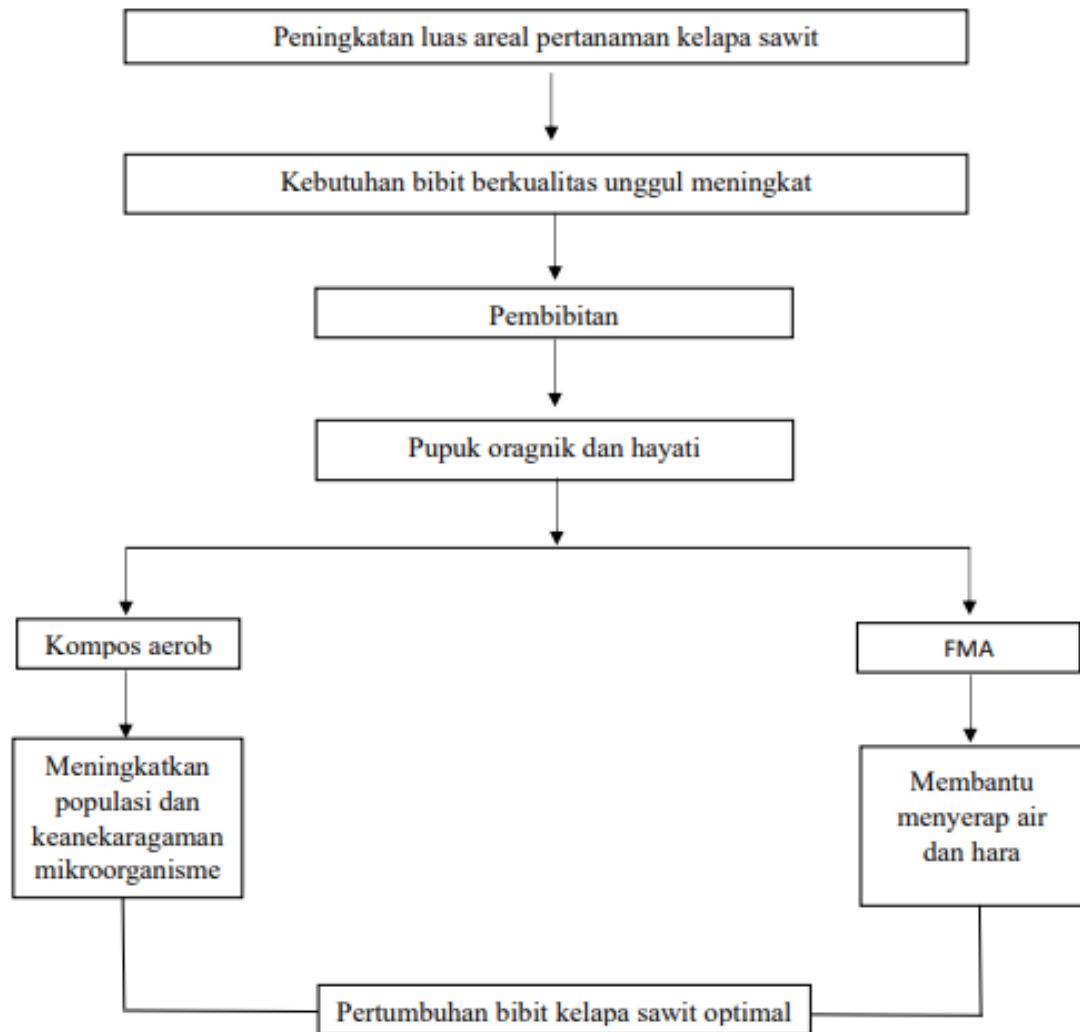
Pengaplikasian FMA diharapkan dapat meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit melalui peningkatan penyerapan hara, terutama fosfor (P), yang sangat penting bagi tanaman, terutama di tanah masam. Mikoriza membantu memperluas bidang serapan air dan hara, meningkatkan efisiensi penggunaan air dan ketahanan terhadap cekaman kekeringan. Simbiosis antara tanaman dan FMA dimulai dengan berkecambahnya spora di dalam tanah, di mana tanaman mengeluarkan eksudat akar yang menarik FMA. Spora FMA yang diaplikasikan dekat dengan akar tanaman akan berkecambah mengeluarkan hifa di dalam tanah. Hifa FMA berkembang masuk ke dalam akar dan membentuk struktur arbuskular yang memfasilitasi pertukaran nutrisi. Struktur ini berperan sebagai lokasi utama pertukaran unsur hara antara tanaman dan FMA, yang meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi. Di luar akar, hifa eksternal terus berkembang, menghasilkan banyak spora dan hifa. Hifa eksternal FMA lebih tipis daripada rambut akar, sehingga dapat mencapai unsur hara di pori-pori mikro tanah dan menyerapnya dengan lebih efektif.

Peningkatan serapan air dan unsur hara ini tidak hanya membantu tanaman dalam mengatasi cekaman, tetapi juga berkontribusi pada produksi hormon pertumbuhan dan perlindungan terhadap patogen serta unsur toksik. Dalam hubungan ini, FMA membantu akar dalam menyerap unsur hara dan air dengan lebih efisien dibandingkan dengan tanaman yang tidak memiliki mikoriza. Dengan adanya dukungan nutrisi yang lebih baik, proses fotosintesis tanaman juga akan meningkat, yang berkontribusi langsung pada pertumbuhan tanaman secara keseluruhan. Akibatnya, bibit kelapa sawit yang dihasilkan menjadi lebih berkualitas.

Respons bibit terhadap aplikasi FMA dapat sangat dipengaruhi oleh kompos aerob. FMA adalah jamur yang bersimbiosis dengan akar tanaman, dan keberadaannya dapat meningkatkan jumlah akar sekunder. Akar sekunder yang lebih banyak berperan penting dalam meningkatkan kemampuan bibit untuk menyerap hara dan air dari tanah. Ketika kompos aerob diterapkan, ia memberikan nutrisi yang kaya bagi tanaman, sementara FMA meningkatkan efisiensi penyerapan nutrisi tersebut. Dengan kata lain, interaksi antara aplikasi

kompos dan FMA menciptakan lingkungan yang saling menguntungkan, di mana kedua faktor ini bekerja sama untuk mendukung pertumbuhan bibit kelapa sawit secara optimal (Gambar 1).

Ringkasan kerangka penelitian dalam penelitian ini disajikan dalam Gambar 1 berikut:



Gambar 1. Kerangka Pemikiran

1.6 Hipotesis

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

1. Pengaplikasian kompos aerob akan meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.
2. Pengaplikasian FMA akan meningkatkan pertumbuhan kelapa sawit.
3. Respons bibit terhadap aplikasi FMA ditentukan oleh kompos aerob
4. Kombinasi perlakuan kompos aerob 2:1 dan FMA adalah yang terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

2.1.1 Taksonomi Tanaman Kelapa Sawit

Menurut Pahan (2012) tanaman kelapa sawit diklasifikasikan sebagai berikut:

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

2.1.2 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

a. Akar

Tanaman kelapa sawit termasuk dalam kategori tanaman berbiji satu atau monokotil, yang ditandai dengan keberadaan akar serabut. Ketika biji mulai berkecambah, akar pertama yang muncul adalah radikula. Setelah proses ini, radikula akan mati dan digantikan oleh akar utama atau akar primer. Akar primer ini kemudian akan berkembang lebih lanjut menghasilkan akar sekunder, tertier, dan kuartener. Perakaran kelapa sawit yang telah berkembang dengan baik biasanya memiliki akar primer dengan diameter berkisar antara 5 hingga 10 mm. Akar sekunder memiliki diameter antara 2 hingga 4 mm, sementara akar tersier memiliki diameter 1 hingga 2 mm, dan akar kuartener berukuran lebih kecil, yaitu antara 0,1 hingga 0,3 mm. Akar yang paling efisien dalam menyerap air dan

nutrisi adalah akar tersier dan kuartener, yang terletak pada kedalaman 0 hingga 60 cm dan berjarak sekitar 2 hingga 3 meter dari pangkal pohon (Lubis, 2011).

b. Batang

Batang tanaman kelapa sawit memiliki karakteristik yang lurus dan tumbuh melawan arah gravitasi, meskipun dalam kondisi tertentu, batang tersebut dapat berbelok jika tanaman mengalami kerusakan atau tumbang. Dalam beberapa kondisi, batang kelapa sawit juga bisa bercabang. Fungsi utama batang adalah sebagai sistem pembuluh yang mengangkut air dan mineral dari akar melalui xilem, serta mengangkut hasil fotosintesis dari daun melalui floem. Batang juga berperan sebagai penyangga untuk daun, bunga, dan buah, sekaligus menyimpan cadangan makanan. Tinggi batang tumbuh sekitar 45 cm setiap tahun, dan dalam kondisi optimal, pertumbuhannya bisa mencapai 100 cm per tahun. Ketika tanaman mencapai usia 25 tahun, tinggi batang kelapa sawit dapat mencapai antara 13 hingga 18 meter. Secara fisik, batang kelapa sawit memiliki bentuk silinder dengan diameter bervariasi, sekitar 10 cm pada tanaman muda hingga 75 cm pada tanaman yang lebih tua. Bagian bawah batang, yang sedikit membesar, dikenal sebagai bonggol, dan memiliki diameter 10-20% lebih besar dibandingkan bagian atas batang. Daun pelepah yang melilit batang tersusun dalam pola spiral, yang dikenal sebagai filotaksis (Lubis, 2011).

c. Daun

Daun kelapa sawit terdiri dari beberapa komponen penting yang memiliki peran masing-masing dalam pertumbuhan dan fungsi tanaman. Komponen tersebut meliputi kumpulan anak daun yang dikenal sebagai *leaflets*, bagian yang disebut rachis yang berfungsi sebagai tempat melekatnya anak daun, tangkai daun yang disebut petiole, dan seludang daun yang dikenal sebagai *sheath*. Proses pembentukan daun ini berlangsung dengan urutan yang teratur dan sistematis, menjamin bahwa setiap bagian berkembang dengan baik.

Luas daun pada tanaman yang berumur sama dapat bervariasi dari satu daerah ke daerah lainnya. Variasi ini sangat dipengaruhi oleh sejumlah faktor lingkungan.

Beberapa faktor utama yang mempengaruhi luas daun termasuk kesuburan tanah, yang menentukan ketersediaan nutrisi bagi tanaman, serta kelembaban tanah yang mempengaruhi kemampuan tanaman untuk menyerap air. Selain itu, tingkat stres air yang berkaitan dengan penutupan stomata juga berperan penting, karena kondisi ini dapat mempengaruhi proses fotosintesis dan respirasi tanaman (Pahan, 2011).

d. Bunga

Kelapa sawit adalah tanaman yang termasuk dalam kategori monoecious, yang berarti bahwa setiap individu tanaman memiliki bunga jantan dan betina dalam satu tubuh. Bunga-bunga ini muncul dari ketiak daun, setiap ketiak daun hanya dapat memproduksi satu infloresen atau kumpulan bunga majemuk. Struktur bunga kelapa sawit terdiri dari sekumpulan spikelet yang tersusun dalam pola spiral di sepanjang infloresen, menciptakan tampilan yang unik dan menarik. Tanaman kelapa sawit mulai berbunga setelah mencapai usia sekitar 2,5 tahun. Namun, meskipun bunga mulai muncul pada usia ini, banyak dari bunga tersebut cenderung gugur pada fase awal pertumbuhan generatifnya. Hal ini dapat disebabkan oleh berbagai faktor, termasuk kondisi lingkungan dan kesehatan tanaman itu sendiri. Proses ini menunjukkan bahwa meskipun kelapa sawit memiliki potensi untuk berbunga, tidak semua bunga yang dihasilkan akan berhasil berkembang menjadi buah, yang dapat mempengaruhi produktivitas tanaman secara keseluruhan (Lubis dan Widanarko, 2011).

e. Buah

Buah kelapa sawit termasuk dalam kategori *drupe*, yang terdiri dari beberapa lapisan. Lapisan luar, yang dikenal sebagai *exocarp*, melindungi daging buah yang disebut *pericarp*. Di dalam *pericarp* terdapat *mesocarp* dan *endocarp*, yang membungkus 1 hingga 4 inti atau kernel. Sementara itu, inti tersebut memiliki beberapa komponen, yaitu *testa* (kulit), *endosperm*, dan *embrio*. Umumnya, jika kondisi lingkungan mendukung, tanaman kelapa sawit mulai menghasilkan buah setelah mencapai usia sekitar 3,5 tahun. Buah kelapa sawit mengandung dua jenis minyak yang dihasilkan dari bagian yang berbeda. Minyak CPO (*crude palm oil*)

berasal dari mesocarp, sedangkan minyak PKO (*palm kernel oil*) dihasilkan dari endosperm. Kedua jenis minyak ini diekstrak secara terpisah dalam proses komersial karena masing-masing memiliki kandungan dan kegunaan yang berbeda (Pahan, 2011).

f. Biji

Menurut Lubis *et al.* (2011), biji kelapa sawit memiliki variasi ukuran dan bobot tergantung pada jenisnya. Umumnya, biji kelapa sawit memiliki masa dormansi yang cukup lama, dan perkecambahan dapat berlangsung antara enam bulan dengan tingkat keberhasilan sekitar 50%. Berdasarkan ketebalan cangkang dan daging buah, kelapa sawit dibedakan menjadi beberapa jenis, yaitu:

1. Dura : Memiliki cangkang tebal (3-5 mm), daging buah tipis, dan menghasilkan minyak dengan rendemen 15-17%.
2. Tenera : Cangkang agak tipis (2-3 mm), daging buah tebal, dan memiliki rendemen minyak 21-23%.
3. Pisifera : Memiliki cangkang sangat tipis, daging buah tebal, biji kecil, dan menghasilkan minyak dengan rendemen 23-25%.

2.1.3 Syarat Tumbuh Tanaman Kelapa Sawit

Menurut Fauzi *et al.* (2012), kelapa sawit dapat tumbuh dengan baik pada daerah tropika basah di sekitar lintang utara-selatan 12 derajat pada ketinggian 0-500 m dpl dengan kelembaban optimum 80%. Tanaman kelapa sawit memerlukan suhu yang optimum sekitar 24-28°C. Lama penyinaran optimum antara 5-7 jam/ hari. Penyinaran yang kurang dapat menyebabkan berkurangnya asimilasi dan gangguan penyakit. Curah hujan optimum yang diperlukan tanaman kelapa sawit rata-rata 2.000-2.500 mm/ tahun dengan distribusi merata sepanjang tahun tanpa bulan kering yang berkepanjangan.

Menurut Sastrosayono (2003), tanaman kelapa sawit merupakan tanaman heliofil, yang berarti menyukai cahaya matahari. Intensitas cahaya matahari sangat mempengaruhi perkembangan buah kelapa sawit. Tanaman yang ternaungi akibat jarak tanam yang terlalu rapat akan mengalami hambatan pertumbuhan karena

hasil fotosintesis yang rendah. Pada tanaman dewasa yang ternaungi, produksi bunga betina menjadi sedikit, sehingga rasio antara bunga betina dan jantan (rasio jenis kelamin) menjadi kecil. Penelitian menunjukkan bahwa bulan-bulan dengan penyinaran matahari yang lebih panjang berkorelasi positif dengan produksi buah kelapa sawit. Di kebun kelapa sawit di Indonesia, Malaysia, Pantai Gading, Nigeria, dan Yangambi, panjang penyinaran matahari tidak menjadi kendala karena letak geografisnya yang dekat dengan garis khatulistiwa.

2.1.4 Deskripsi Kelapa Sawit Varietas DxP Simalungun

Varietas DxP Simalungun merupakan hasil perbaikan dan rekombinasi dari tetua-tetua terbaik pada program pemuliaan *Reciprocal Recurrent Selection* (RRS). Varietas Unggul DxP Simalungun yang berasal dari hasil persilangan yaitu dengan pohon induk dura-dura (D) Deli terbaik dengan tetua bapak digunakan 10 keturunan pisifera (P) SP 540 murni. Umur panen 28-30 bulan. Memiliki daya adaptasi yang luas (Selvina, 2023). Deskripsi Varietas DxP Simalungun disajikan pada (Tabel 1).

2.2 Kompos Aerob

Kompos adalah bahan-bahan organik (sampah organik) yang telah mengalami proses pelapukan karena adanya interaksi antara mikroorganisme (bakteri dan fungi/jamur pembusuk) yang bekerja di dalamnya. Bahan-bahan organik tersebut seperti daun, rumput, jerami, sisa-sisa ranting dan dahan, kotoran hewan, rerontokan bunga, air kencing, dan lain-lain (Murbandono, 2000). Kompos bisa terjadi dengan sendirinya, lewat proses alamiah. Namun proses tersebut berlangsung lama sekali, dapat mencapai puluhan tahun. Bahan-bahan organik tidak dapat langsung digunakan tanpa dikomposkan terlebih dahulu karena bahan organik yang masih mentah tidak dapat langsung dimanfaatkan oleh tanaman. Bahan organik itu harus diuraikan terlebih dahulu agar tanaman dapat menyerap unsur hara yang dikandungnya.

Tabel 1. Deskripsi Varietas DxP Simalungun

Rerata jumlah tandan	13 tandan/pohon/tahun
Rerata berat tandan	19,2 kg/tandan
Rerata produksi TBS	28,4 ton/ha/tahun
Potensi TBS	33,7 ton/ha/tahun
Rendeman OER	30,8%
Rendeman IER	26,5%
Rerata produksi CPO	7,5 ton/ha/tahun
Potensi CPO	10,4 ton/ha/tahun
Potensi PKO	0,7 ton/ha/tahun
Iodine value	51,3%
Pertumbuhan meninggi	75-80 cm/tahun
Panjang pelepah	5,5 m
Kerapatan tanam	136-143 pohon/ha
Umur berbuah	22 bulan setelah tanam
Adaptasi pada daerah marginal	Sangat baik daya adaptasi luas

Sumber: <https://sawitmu.blogspot.com/2017/12/varietas-unggul-dxp-simalungun-p PKS.html>.

Pengomposan sampah organik adalah proses biologis yang melibatkan penguraian bahan organik oleh mikroba, yang menggunakan bahan tersebut sebagai sumber karbon dan energi. Kompos aerob didominasi oleh bakteri aerob, yaitu bakteri yang memerlukan oksigen di dalam perkembangannya. Oksigen dalam pengomposan aerob dapat dipandang sebagai zat nutrisi yang penting seperti halnya zat-zat nutrisi lain (Sari, 2017). Proses pengomposan aerobik, ditandai dengan pelepasan panas dan gas karbon dioksida (CO₂) dari bahan kompos. Selama pengomposan aerobik, tidak akan timbul bau busuk, karena bau tersebut dapat dikelola dengan cukupnya pasokan oksigen. Kenaikan suhu yang terjadi akibat pelepasan panas selama dekomposisi memiliki manfaat bagi lingkungan, karena dapat membunuh mikroorganisme patogen dalam fase termofilik. Namun, jika suhu pengomposan melebihi 65°C dan berlangsung dalam waktu yang cukup lama, proses pengomposan dapat melambat karena banyak mikroba pengurai yang

mati. Untuk mengatasi hal ini, perlu dilakukan penurunan suhu dengan cara mengaduk atau membalik kompos. Selain itu, percepatan proses pengomposan dapat dilakukan dengan mencacah bahan, menggunakan bibit kompos, dan menambahkan mikroba pengurai (Susilowati *et al.*, 2021).

Secara umum tahapan pengomposan dibagi menjadi tiga fase. Fase pertama merupakan dekomposisi bahan organik yang mudah terurai, menghasilkan panas yang tinggi dan berlangsung singkat. Kemudian diikuti fase kedua yaitu penguraian bahan organik yang sulit terurai. Kedua fase tersebut menghasilkan kompos segar. Kemudian fase ketiga berupa pematangan kompos menjadi ikatan kompleks lempung-humus yang hasilnya berupa kompos matang (Susilowati, 2022).

Menurut Setiyo (2007), kelebihan dari pengomposan aerobik adalah kemampuannya untuk membunuh mikroorganisme patogen pada fase termofilik. Selain itu, hasil akhir dari proses ini, yaitu kompos, dapat digunakan sebagai pupuk organik. Proses pengomposan juga dapat dikendalikan agar tidak menimbulkan bau yang tidak sedap, dengan cukupnya pasokan oksigen. Aerasi yang baik menjadi kunci utama dalam pengomposan aerobik. pengomposan yang cepat dapat terjadi dalam kondisi yang kaya oksigen (aerob).

Pengomposan merupakan salah satu alternatif terpilih dalam upaya mengatasi masalah sampah baik yang berasal dari limbah rumah tangga, limbah industri, maupun limbah peternakan. Pengomposan adalah proses penguraian bahan organik secara biologis, khususnya oleh mikroba yang memanfaatkan bahan organik sebagai sumber energi. Bahan organik yang mempunyai rasio C/N tinggi, maka mikroba akan kekurangan nitrogen sebagai sumber makanan sehingga proses dekomposisinya akan berjalan lambat, sebaliknya jika rasio C/N rendah maka akan kehilangan nitrogen karena penguapan selama proses perombakan berlangsung (Purwanto, 2011).

Kompos memiliki berbagai manfaat yang signifikan bagi tanah dan tanaman. Pertama, kompos dapat memperbaiki struktur tanah berlempung, menjadikannya lebih ringan dan lebih mudah dikelola. Kedua, kompos juga berfungsi untuk

memperbesar daya ikat tanah berpasir, sehingga tanah tersebut tidak mudah berderai. Selain itu, kompos mampu meningkatkan daya ikat tanah terhadap air dan unsur-unsur hara, yang sangat penting untuk kesehatan tanaman. Manfaat lainnya termasuk perbaikan drainase dan tata udara dalam tanah, yang mendukung pertumbuhan akar. Meskipun kandungan unsur hara dalam kompos relatif sedikit, kompos mengandung berbagai unsur hara yang lengkap, tergantung pada bahan pembuatnya. Kompos juga membantu proses pelapukan bahan mineral, meningkatkan ketersediaan bahan makanan bagi mikroba, serta menurunkan aktivitas mikroorganisme yang merugikan (Yovita, 2001). Dengan demikian, penggunaan kompos sangat penting untuk meningkatkan kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman yang optimal.

2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

2.3.1 Taksonomi FMA

Berdasarkan taksonomi, FMA termasuk dalam *phylum Glomeromycota* terbagi menjadi beberapa famili *Gigasporaceae*, yang terdiri dari lima genus, yaitu *Gigaspora*, *Dentiscutata*, *Cetraspora*, *Racocetra* dan *Scutellospora*. *Glomeraceae* dengan genus *Glomus*, *Septoglomus*, *Funneliformis* dan *Rhizopagus*. *Acaulosporaceae* dengan genus *Acaulospora*. *Paraglomaceae* dengan genus *Paraglomus*. *Parcisoraceae* dengan genus *Pacispora*. *Diversisporaceae* dengan genus *Diversispora* dan *Redeckera*. *Claroideo Glomeraceae* dengan genus *Claroideoglomus*. *Ambiaporaceae* dengan genus *Ambispora* dan *Geosiphon*, serta *Archaeosporaceae* dengan genus *Archaeospora* (Invam, 2013).

2.3.2 Jenis Jenis FMA

Berdasarkan cara kolonisasinya pada tanaman inang, mikoriza dapat dibagi menjadi tiga kategori utama: ektomikoriza, endomikoriza, dan ektendomikoriza. Ektomikoriza adalah jenis hubungan simbiosis antara jamur dan akar tanaman, di mana jamur membentuk pelindung di seluruh atau sebagian jaringan akar yang halus. Hifa jamur memasuki ruang antara sel akar tetapi tidak menembus korteks,

sehingga tidak menyebabkan kerusakan pada sel inang. Tipe ini umumnya ditemukan pada pohon seperti pinus, dipterocarps, dan eucalyptus (Cruz, 1988). Jala Hartig, yang terdiri dari hifa yang membentuk labirin di antara sel epidermal atau sel korteks, sering digunakan untuk mengidentifikasi akar ektomikoriza (Brundrett *et al.*, 1996).

Akar ektomikoriza tidak memiliki rambut akar dan dilapisi oleh selubung hifa jamur yang tampak mirip dengan jaringan inang, yang disebut selubung pseudoparenkimatis. Dari selubung ini, hifa memasuki korteks dan hanya berada di lapisan sel korteks luar, membentuk jaringan yang dikenal sebagai Jala Hartig. Seluruh nutrisi diserap oleh mantel jamur dan ditransfer ke akar melalui Jala Hartig. Beberapa genus fungi yang membentuk ektomikoriza meliputi *Amanita*, *Boletus*, *Cantharellus*, *Cortinarius*, *Entoloma*, *Gomphidius*, *Hebeloma*, *Inocybe*, *Lactarius*, *Paxillus*, *Russula*, *Rhizopogon*, *Scleroderma*, dan *Cenococcum*.

Endomikoriza merujuk pada hubungan simbiosis mutualistik antara jamur tertentu dan akar tanaman, di mana jamur tumbuh terutama di dalam korteks akar dan menembus sel akar inang. Endomikoriza dibagi menjadi tiga kelompok: ericoid mikoriza, orkid mikoriza, dan fungi mikoriza arbuskular. Fungi membentuk jaringan hifa yang bebas pada permukaan akar dan mengkolonisasi akar melalui rambut akar atau langsung pada sel epidermal. Fungi tidak hanya mengkolonisasi jaringan korteks tetapi juga menembus sel korteks, di mana ia berkembang menjadi hifa bercabang (arbuskular) dan struktur berbentuk bulat hingga oval yang disebut spora (Cruz, 1988). Dalam endomikoriza, jamur tidak membentuk selubung luar tetapi hidup di dalam sel akar (intraseluler), membentuk hubungan langsung antara sel-sel akar dan tanah sekitarnya. Ektendomikoriza merupakan kombinasi antara ektomikoriza dan endomikoriza, di mana pada akar yang terkolonisasi, terdapat mantel atau tidak, membentuk Jala Hartig dan hifa juga masuk ke dalam sel.

2.3.3 Proses Kolonisasi

Asosiasi antara FMA dan tanaman inang menghasilkan kolonisasi yang menunjukkan bahwa semakin tinggi persentase kolonisasi, semakin baik kecocokan antara eksudat akar tanaman inang dan spora mikoriza. Kolonisasi akar adalah bentuk simbiosis antara akar tanaman inang dan FMA. Proses kolonisasi akar terdiri dari empat tahap: tahap sebelum kolonisasi, penetrasi hifa ke dalam akar, pertumbuhan dan perkembangan hifa di dalam sel akar, dan tahap terakhir di mana FMA berfungsi membantu penyerapan nutrisi dan air untuk tanaman inang (Wisnuburoto *et al.*, 2023). Selain itu, kolonisasi mikoriza pada akar tanaman juga dipengaruhi oleh kondisi kimia tanah, termasuk keberadaan unsur P (fosfor). Penelitian menunjukkan bahwa kadar P memiliki korelasi negatif dengan kepadatan spora dan kolonisasi akar. Penurunan kadar P dalam tanah berakibat pada peningkatan kepadatan spora FMA dan persentase kolonisasi akar yang lebih tinggi (Alayya dan Prasetya, 2022).

2.3.4 Manfaat FMA

Menurut Mushfal (2010), FMA memiliki berbagai manfaat yang signifikan bagi tanaman. Pertama, FMA sangat efektif dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfat (P), dengan kecepatan serapan yang bisa mencapai enam kali lipat lebih cepat pada akar yang terkolonisasi dibandingkan yang tidak, berkat kemampuan hifa eksternal yang memperluas area serapan. Selain itu, FMA juga berperan dalam meningkatkan penyerapan nitrogen (N) dan kalium (K). FMA memproduksi enzim fosfatase yang melepaskan fosfat yang terikat pada aluminium (Al) dan besi (Fe) di lahan masam, serta kalsium (Ca) di lahan berkapur, sehingga meningkatkan ketersediaan P bagi tanaman. Selain itu, FMA berkontribusi dalam memperbaiki sifat fisik tanah, menjadikannya lebih gembur melalui produksi glikoprotein glomalin dan asam organik yang mengikat butir tanah menjadi agregat mikro. Terakhir, FMA juga meningkatkan ketahanan tanaman terhadap patogen, di mana tanaman yang memiliki mikoriza cenderung lebih sehat dan dapat menjalankan fungsi fisiologisnya secara optimal. Penelitian menunjukkan bahwa FMA efektif dalam mengurangi kerusakan akibat serangan

patogen, dengan ketahanan yang diperoleh melalui perubahan morfologi, seperti penebalan dinding sel akibat lignifikasi dan produksi polisakarida (Mushfal, 2010).

III BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung dari bulan Agustus 2024 sampai Januari 2025.

3.2 Bahan dan Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini terdiri atas alat-alat di laboratorium dan di lapangan. Peralatan di laboratorium yang digunakan adalah mikroskop stereo dan majemuk, *waterbath*, timbangan elektrik, pinset spora, cawan petri, saringan mikro, mikropipet, gelas ukur, counter, oven, *cover glass*, kaca preparat, alat tulis, dan kamera. Peralatan yang digunakan di lapang yaitu centong plastik, ember, nampan plastik, polybag ukuran 15 cm x 20 cm, ayakan ukuran 0.5 cm x 0.5 cm, karet gelang, penggaris, gunting, meteran, spidol, label, *beaker* plastik, alat tulis, *cutter*.

Bahan-bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu kecambah kelapa sawit varietas (D x P) Simalungun yang diperoleh dari PPKS Medan, top soil ultisol yang berasal dari Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) Universitas Lampung, kompos aerob (dengan bahan hijauan, daun tua kering, serasah gergaji, dan kotoran ayam) dan inokulum FMA dari Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan Universitas Lampung, larutan KOH 10%, HCl 1%, glycerol, tinta dan cuka.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini menggunakan rancangan perlakuan faktorial (2×2). Faktor pertama adalah perlakuan tanpa aplikasi kompos aerob (P_0) dan perlakuan aplikasi kompos aerob (P_1). Faktor kedua adalah perlakuan tanpa FMA (M_0) dan perlakuan aplikasi FMA (M_1). Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK). Perlakuan masing masing diulang sebanyak 7 kali sehingga terdapat 28 satuan percobaan. Setiap satuan percobaan diwakili oleh satu tanaman. Pengelompokan dilakukan berdasarkan keseragaman bibit kelapa sawit yang digunakan, yaitu berdasarkan tinggi tanaman dan panjang akar. Kesamaan ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Barlett. 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 Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Adapun tata letak percobaan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Tata Letak Percobaan

K1	K2	K3	K4	K5	K6	K7
P_1M_1	P_0M_0	P_0M_1	P_0M_0	P_0M_1	P_0M_0	P_1M_0
P_0M_0	P_0M_1	P_1M_1	P_0M_1	P_0M_0	P_1M_0	P_1M_1
P_1M_0	P_1M_1	P_1M_0	P_1M_0	P_1M_0	P_0M_1	P_0M_1
P_0M_1	P_1M_0	P_0M_0	P_1M_1	P_1M_1	P_1M_1	P_0M_0

Keterangan:

K1	: Kelompok 1	P_0M_0	: Tanah (Kontrol)
K2	: Kelompok 2	P_0M_1	: Tanah+FMA
K3	: Kelompok 3	P_1M_0	: Tanah:Kompos (2:1) tanpa FMA
K4	: Kelompok 4	P_1M_1	: Tanah:Kompos (2:1)+FMA
K5	: Kelompok 5		
K6	: Kelompok 6		
K7	: Kelompok 7		

3.4 Pelaksanaan Penelitian

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

Benih kelapa sawit yang baru berkecambah disemai pada media persemaian menggunakan *top soil*. *Top soil* diayak menggunakan ayakan ukuran 0.5 cm x 0.5 cm, lalu dimasukkan kedalam polybag berukuran 15 cm x 20 cm. Media tanam disiram satu hari sekali sampai kadar air merata di seluruh media sebelum dilakukan penanaman kecambah kelapa sawit. Selanjutnya dibuat lubang tanam dengan kedalaman 2 cm kemudian kecambah dimasukkan kedalam lubang tanam. Kecambah yang sudah ditanam dipelihara selama 2 minggu dengan perawatan yaitu penyiraman setiap satu hari sekali.

3.4.2 Penanaman Di *Prenursery* dan Inokulasi FMA

Kecambah kelapa sawit yang telah disemai selama 2 minggu dipindah tanam (*transplanting*) ke media tanam yang telah disiapkan sebelumnya. Cara menyiapkan media tanam dengan perlakuan kompos aerob adalah dengan mencampurkan *top soil* dengan kompos aerob dengan perbandingan berdasarkan volume 2:1, kemudian diaduk secara merata lalu dimasukkan ke dalam polybag ukuran 30x30 cm. Sedangkan untuk perlakuan tanpa kompos aerob, bibit kelapa sawit di pindahkan pada *top soil* yang telah diayak menggunakan ayakan ukuran 0.5 cm x 0.5 cm. Media semai bibit dibasahi menggunakan air sehingga bibit mudah untuk dicabut tanpa merusak akarnya, lalu diletakkan di nampan plastik yang berisi air untuk dikelompokkan berdasarkan tingginya. Kemudian, dibuat lubang tanam pada media tanam di polybag dengan kedalaman ± 10 cm kemudian bibit dimasukkan kedalam lubang. Perakaran bibit seluruhnya masuk kedalam lubang, lalu lubang tanam ditutup dengan tanah. Untuk bibit yang di beri perlakuan FMA, inokulum FMA diinokulasikan sebanyak 25 gram yang berisikan *Entrophospora* sp., *Gigaspora* sp., *scutellospora* sp., dan *Glomus* sp. dengan populasi spora sebanyak 520 spora per bibit kelapa sawit. Inokulasi dilakukan dengan cara menebarkan inokulum kedalam lubang tanam serta akar bibit kelapa sawit, kemudian ditutup dengan tanah.

3.4.3 Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan bibit kelapa sawit mencakup beberapa kegiatan, yaitu penyiraman, penyiangan, dan pengendalian hama. Penyiraman dilakukan setiap hari sebanyak 50ml/hari. Penyiraman sebanyak 100 ml/hari diberikan pada bibit umur 2 bulan setelah semai. Pada bibit yang berumur 3 – 6 bulan setelah semai disiram sebanyak 200 ml/hari. Untuk penyiangan, gulma dibersihkan secara manual dengan mencabut gulma yang tumbuh di sekitar bibit kelapa sawit menggunakan tangan. Pengendalian hama dilakukan secara manual dengan membersihkan hama yang terdapat di sekitar tanaman. Sementara itu, pengendalian penyakit dilakukan dengan cara kimiawi, yakni dengan membersihkan daun yang terkolonisasi penyakit dengan mengusapkan alkohol 10% pada permukaan tanaman yang terkolonisasi. Selain itu, tidak dilakukan pemupukan menggunakan pupuk anorganik sama sekali.

3.5 Variabel Pengamatan

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, memberikan gambaran yang jelas tentang pertumbuhan tanaman. Proses pengukuran dilakukan dengan menggunakan alat ukur yang memiliki skala dalam satuan centimeter (cm). Pengukuran tinggi tanaman dilakukan pada bibit yang telah berumur 4, 8, 12, dan 16 minggu setelah aplikasi (MSA) kompos aerob dan FMA.

2. Jumlah Daun

Jumlah daun dihitung berdasarkan daun bibit kelapa sawit yang telah sepenuhnya membuka. Penghitungan dilakukan pada saat tanaman berumur 4, 8, 12, dan 16 MSA setelah aplikasi kompos aerob dan FMA dan hasilnya dinyatakan dalam satuan helai.

3. Lingkar Bonggol

Lingkar bonggol bibit kelapa sawit diukur menggunakan pita ukur yang fleksibel, dengan hasil yang dinyatakan dalam satuan centimeter (cm). Pengukuran dilakukan dengan melilitkan pita pada bagian bonggol yang paling lebar, memastikan bahwa pengukuran akurat dan konsisten.

4. Tingkat Kehijauan Daun

Tingkat kehijauan daun diukur menggunakan alat SPAD pada saat tanaman berumur 16 MSA. Sampel yang diambil adalah daun ketiga dari setiap bibit. Pengukuran dilakukan di tiga titik berbeda pada setiap sampel daun untuk memastikan keakuratan data, sehingga nilai yang diperoleh merupakan rata-rata dari ketiga pengukuran tersebut.

5. Luas Daun

Luas daun diukur dengan bantuan alat *Leaf Area Meter* (LAM). Seluruh daun dipotong dari pelepah dan dipisahkan dari tulang daun, kemudian diukur luasnya dengan LAM.

6. Bobot Segar Tajuk

Bobot segar tajuk diukur pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan memotong seluruh tajuk dari pangkal batang bibit kelapa sawit. Setelah pemotongan, tajuk tersebut ditimbang menggunakan timbangan digital yang presisi, dengan hasil yang dinyatakan dalam satuan gram.

7. Bobot Kering Tajuk

Bobot kering tajuk diukur pada saat tanaman berumur 16 MSA setelah proses pembersihan dan pemotongan. Tajuk yang telah dibersihkan kemudian dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C hingga bobotnya stabil dan tidak mengalami perubahan lebih lanjut. Setelah pengeringan, tajuk yang kering ditimbang menggunakan timbangan digital, dengan hasil yang dinyatakan dalam satuan gram.

8. Jumlah Akar Primer

Jumlah akar primer dihitung pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan cara mencatat semua akar yang tumbuh di pangkal batang bibit kelapa sawit.

9. Bobot Segar Akar

Bobot segar akar diukur pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan memotong akar dari titik tumbuh di pangkal batang bibit kelapa sawit. Akar yang dipotong kemudian ditimbang menggunakan timbangan digital dan hasilnya dinyatakan dalam satuan gram.

10. Bobot Kering Akar

Bobot kering akar diukur pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan memotong akar dari titik tumbuh di pangkal batang, lalu mengeringkannya dalam oven pada suhu 80°C hingga bobotnya stabil. Setelah proses pengeringan, akar yang telah kering ditimbang menggunakan timbangan digital, dengan hasil yang dinyatakan dalam satuan gram.

11. Total Panjang Akar Primer

Total panjang akar primer dihitung pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan cara menjumlahkan panjang semua akar primer. Total panjang akar primer dinyatakan dalam satuan centimeter (cm).

12. Volume Akar

Volume akar dihitung pada saat tanaman berumur 16 MSA dengan menyiapkan gelas ukur yang telah diisi air dengan volume yang diketahui. Seluruh akar bibit kelapa sawit dimasukkan ke dalam gelas ukur tersebut, dan peningkatan volume air setelah akar dimasukkan dicatat untuk menentukan volume akar. Hasil pengukuran dinyatakan dalam satuan mililiter (ml).

13. Persentase Kolonisasi Akar oleh FMA

Persentase kolonisasi akar oleh FMA dihitung setelah panen dilakukan yaitu pada saat tanaman berumur 16 MSA. Akar sekunder dan tersier diambil secara acak dari masing-masing perlakuan, dicuci hingga bersih, dan dimasukkan ke dalam

botol film yang berisi larutan KOH 10% hingga terendam seluruhnya. Botol tersebut kemudian dipanaskan dalam *waterbath* pada suhu sekitar 80°C selama 30 menit. Setelah dicuci bersih, akar direndam dalam larutan H₂O₂ 10%, lalu dikukus dalam *water bath* pada suhu 80°C selama 15 menit. Selanjutnya, akar direndam dalam larutan tinta 5% yaitu dengan cara mencampurkan 5 ml tinta dengan 95 ml aquades lalu di homogenkan, kemudia di campurkan dengan cuka 5% dengan perbandingan 1:1 dan dikukus kembali pada suhu yang sama selama 10 menit. Akar yang telah diwarnai kemudian dipotong sepanjang 2 cm dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Akar yang terkolonisasi ditandai dengan adanya struktur internal FMA, seperti hifa internal, arbuskula, vesikula, dan spora. Persentase kolonisasi dihitung menggunakan rumus yang diusulkan oleh Brundrett *et al.* (1996).

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

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh dapat diambil Kesimpulan sebagai berikut:

1. Pemberian kompos aerob meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, tingkat kehijauan daun, luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, jumlah akar primer, volume akar, dan persen kolonisasi akar.
2. Pemberian FMA secara umum belum meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit kecuali pada variabel jumlah daun, lingkaran bonggol, dan persen kolonisasi akar.
3. Tidak terdapat interaksi antara perlakuan kompos aerob dan FMA kecuali pada variabel tinggi tanaman dan bobot kering akar.
4. Tidak terdapat kombinasi perlakuan yang terbaik karena sebagian besar variabel tidak memperlihatkan interaksi antar perlakuan.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang dilakukan, disarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan pengujian ulang yaitu pada fase *main nursery*, serta melakukan analisis tanah dan kompos yang digunakan sebagai media tanam. Untuk mengetahui pengaruh jenis FMA dan kompos aerob terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit pada fase *main nursery*.

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).
- Alayya, N. P. dan Prasetya, B. 2022. Kepadatan spora dan persen koloni mikoriza vesikula arbuskula (MVA) pada beberapa tanaman pangan di lahan pertanian Kecamatan Jabung Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(2): 267-276.
- Andri, S., Nelvia, N., dan Saputra, S. I. 2017. Pemberian kompos TKKS dan cocopeat pada tanah subsoil ultisol terhadap pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pre nursery. *Jurnal Agroteknologi*, 7(1): 1-6.
- Ariyanti, M., Rosniawaty, S., Anjarsari, I. R. D., dan Fernando, A. 2018. The growth response of oil palm seedling at main nursery against watering at different volume and frequency and against provision of compost. *International Journal of Sciences: Basic and Applied Research*. 37(3): 226- 233.
- Astralyna, N. 2009. *Pemanfaatan Kompos Tandan Kosong Sawit (TKS) Sebagai Campuran Media Tumbuh dan Pemberian Mikoriza terhadap Pertumbuhan Bibit Mindi*. USU Press. Medan.
- Basri, A. H. H. 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensi*, 12(2): 74-78.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2023. *Statistik Kelapa Sawit Indonesia*. Jakarta. 127 hlm.
- Buana, A. 2019. Uji Pertumbuhan Beberapa Varietas Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan Metode Hidroponik di Pre Nursery.: Growth Test of Varieties of Palm Oil (*Elaeis guineensis* Jacq.) Seedlings with Hydroponic in Pre Nursery. *Jurnal Agroteknologi*, 7(1):169-175.
- Brundrett, M. 1996. Diversity and classification of mycorrhizal association. *Biology review*, 79:473-495.
- Cruz, A.F., Ishii, T., dan Kadoya, K. 1988. Effect of Arbuscular Mycorrhizal Fungi On Tree Owth. *Mycorrhiza J*, 10(3): 121-123.

- Dahlianah, I. 2015. Pemanfaatan sampah organik sebagai bahan baku pupuk kompos dan pengaruhnya terhadap tanaman dantanah. *Klorofil: Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Pertanian*, 10(1): 10-13.
- Damanik, M.M.B., Hasibuan, B. E., Fauzi, dan Sarifuddin, H., 2011. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press. Medan.
- Dewi, C. M., Mirasari, D. M., dan Irawati, W. 2017. Pembuatan kompos secara aerob dengan bulking agent sekam padi. *Widya Teknik*, 6(1): 21-31.
- Dian, N.A., dan Ingesti, P.S. 2022. Infektivitas Mikoriza Tanaman Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang Terserang Ganoderma. *IGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*, 7(1):1-8.
- Direktorat Jenderal Perkebunan. 2024. *Luas Areal Kelapa Sawit Menurut Provinsi di Indonesia, 2022-2024*. diakses pada 30 Agustus 2024.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y. E., Satyawibawa, I., dan Paeru, R. H. 2012. *Kelapa sawit*. Penebar Swadaya Grup.
- GAPKI. 2024. *Opinion: China Seeking To Grow Palm Oil; At Home Or Abroad*. diakses pada 30 Agustus 2024.
- Gunawan, G., Ariani, E., dan Khoiri, M. A. 2014. *Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Ayam dan Berbagai Dosis Pupuk Urea Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Main Nursery*. Doctoral dissertation, Riau University.
- Hendarjanti, H., dan Sukorini, H. 2022. Application of Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) at the nursery to suppress the basal stem root disease incidence in oil palm. *Menara Perkebunan*, 90(2): 119-133.
- Hidayat, T.C., Harahap, I.Y., Pangaribuan, Y., Rahutomo, S., Harsanto, W.A., dan Fauzi. W.R. 2013. *Air dan Kelapa Sawit*. Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan. 47 hlm.
- INVAM. 2013. *Classification of glomeromycota*. Diakses pada tanggal 7 November 2024.
- Irawan, B., dan Soesilo, N. I. 2021. Dampak kebijakan hilirisasi industri kelapa sawit terhadap permintaan CPO pada industri hilir. *Jurnal Ekonomi Dan Kebijakan Publik*, 12(1): 29-43.
- Jannah, N., Fatah, A., dan Marhannudin. 2012. *Pengaruh Macam dan Dosis Pupuk NPK Majemuk Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa (Elaeis guineensis Jack)*. Samarinda

- Jawara, T., Hastuti, P. B., dan Syah, R. F. 2023. Aplikasi Kompos Kotoran Kambing Secara Aerob dan Anaerob Pada Bibit Kelapa Sawit *Pre nursery*. *Jurnal Pertanian Agroteknologi*, 11(1): 13-19.
- Kartika, E. 2006. Isolasi, karakterisasi dan pengujian keefektivan cendawan mikoriza arbuskular terhadap bibit kelapa sawit pada tanah gambut bekas hutan. *Jurnal Agronomi* 10 (2) : 63-70.
- Kartika, E. 2016. Pertumbuhan Tanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan (TBM I) pada Pemberian Mikoriza Indigen dan Dosis Pupuk Organik di Lahan Marjinal. *Biospecies*, 9(1).
- Kartika, E 2016. *Aplikasi Mikoriza Indigen dan Pupuk Organik pada Tanaman Kelapa Sawit*. Hibah Penelitian, Universitas Jambi.
- Lakitan. 2010. *Dasar – Dasar Fisiologi Tumbuhan*. Rajawali Pers. Jakarta
- Lubis, Y.H., dan Azhari, E.L.P. 2019. Effect of manure and mycorrhizal application on the growth of oil palm plants (*Elaeis guinensis* Jacq.) in *prenursery* nurseries. *Agrotekma, Jurnal Agroteknologi dan Ilmu Pertanian*, 3(2): 85-98.
- Lubis, R. E., dan Widanarko, A. 2011. *Buku Pintar Kelapa Sawit*. AgroMedia.
- Maisaroh, S., Saputro, T. B., dan Nuriyanah, N. 2020. Respon bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap aplikasi fungi mikoriza arbuskula pada fase *prenursery*. *Jurnal Agro Complex*, 4(1): 1-9.
- Marschner, H. 1997. *Mineral Nutrition of Higher Plant*. Univ. Academic Press. Inc. San Diego.
- Meriatna, M., Suryati, S., dan Fahri, A. 2019. Pengaruh waktu fermentasi dan volume bio aktivator EM4 (effective microorganisme) pada pembuatan pupuk organik cair (POC) dari limbah buah-buahan. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*, 7(1): 13-29.
- Murbandono, L. H.S. 2000. *Membuat Kompos*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Mushfal, M. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 29(4): 154-158.
- Nainggolan, D. 2011. *Pengaruh Penyemprotan Zn, Fe, dan B pada Daun Tanaman Jagung (Zea mays L) yang ditanam di Areal Pengendapan Tailing*. Skripsi.
- Ohiwal M, R., Widyastuti dan Sabiham, S. 2017. Populasi Mikrob fungsional Pada Rhizosfer Kelapa Sawit di Lahan Gambut Riau. *J. Il. Tan. Lingkungan*, 19(2): 74-80.

- Pahan, I. 2012. *Kelapa Sawit : Manajemen dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prayudyaningsih R dan Sari R. 2016. Aplikasi Fungi Mikoriza arbuskular (FMA) dan Kompos untuk Meningkatkan Pertumbuhan Semai Jati (*Tectona grandis* Linn. F) pada Media Tanah Bekas Timbang Kapur. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*. 5(1): 37-46.
- Prihantoro, I., Karti, P. D., Aditia, E. L., dan Nisabillah, S. 2023. Kualitas fungi Mikoriza arbuskula (FMA) yang diproduksi dengan teknik fortifikasi dan fertigasi berbeda pada pertumbuhan *Indigofera zollingeriana*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 28(3): 377-385.
- Purwanto, H. Y. 2011. *Pengaruh Variasi Konsentrasi Pupuk Organik Anaerob dan Aerob dari Biomassa Kotoran Ayam terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi (Brassica juncea. L)* (Doctoral dissertation, UNS (Sebelas Maret University). Jawa Tengah.
- 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., Pertiwi, K. O., dan Saputra, H. 2017. Seleksi lima isolat fungi mikoriza arbuskular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*, 5(3).
- Rini, M. V., dan Purlasyanko, N. 2023. Efektivitas fungi mikoriza arbuskular pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada media steril dan tidak steril. *Jurnal Agroekoteknologi*, 15(1): 42-55.
- Salam, A. 2020. *Ilmu Tanah*. Global Madani Press. Bandar Lampung. 409 hlm.
- Saputra, A. D. 2024. *Pengaruh Pemberian Beberapa Dosis Kompos Aerob Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pre Nuersery*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Sari, S. 2017. Pengaruh penggunaan teh kompos untuk menekan perkembangan penyakit hawar daun (*pantoea* sp.) pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Agribios*, 14(1): 7-20.
- Sastrosayono, I. S. 2003. *Budi Daya Kelapa Sawit*. AgroMedia. Jakarta.
- Selvina, S., dan Harahap, E. J. 2023. Identifikasi beberapa Varietas Kelapa Sawit di PT ASN Kebun Batee Puteh. *Biofarm: Jurnal Ilmiah Pertanian*, 19(2): 331-336.
- Setiadi, Y. 1992. *Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman*. Bogor: Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB.

- Setiadi, Y. 1992. Mikoriza dan Pertumbuhan Tanaman. *Departemen Pendidikan dan Kebudayaan, Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Pusat Antar Universitas IPB. Bogor.*
- Setiadi, Y. 2001. *Optimalisasi Penggunaan Mikoriza Arbuskula dalam Rehabilitasi Lahan-Lahan Kritis.* Balitsa, Lembang.
- Setiyo, Y. 2007. Kajian Tingkat Pencemaran Udara Oleh Gas NH₃ dan H₂S Pada Proses Pengomposan Secara Aerob. *Agrotekno*, 13(1): 22-25.
- Simanungkalit, R.D.M. 2004. *Fungi mikoriza arbuskular di bidang pertanian. Prosiding Workshop Mikoriza "Teknik Produksi Bibit Tanaman Bermikoriza".* Bogor.
- Simanungkalit, R. D. M., Suriadikarta, D. A., Saraswati, R., Setyorini, D., dan Hartatik, W. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. *Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor*, 312.
- Smith, S. E., dan Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal symbiosis.* Academic press.
- Sodikin, E., Sulaiman, F., Amar, M., Achadi, T., Marlin, S., dan Apria. 2022. Effect of Mycorrhizal Biofertilizer Dose on Two Varieties Growth of Oil Palm Seedlings in the Pre-Nursery. *Jurnal Agro Industri Perkebunan*, 10(2): 141-152.
- Suriadikarta, D. A. dan A. Adimihardja. 2011. Penggunaan pupuk dalam rangka peningkatan produktifitas lahan sawah. *Jurnal Litbang Pertanian* , 29 (24): 144-152.
- Susilowati, L. E., Arifin, Z., dan Kusumo, B. H. 2021. Pengomposan sampah organik rumah tangga dengan dekomposer lokal di desa narmada kabupaten lombok barat. *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 5(1): 34-45.
- Susilowati, L. E., dan Arifin, Z. 2022. Pembelajaran Kompos dan Proses Pengomposan Limbah Kulit Singkong Metode Takakura Modifikasi Kepada Ibu Rumah Tangga Desa Narmada Kabupaten Lombok Barat. *Jurnal Pengabdian Magister Pendidikan IPA*, 5(1):218-225.
- Sutanto, A, A., Koedadiri, A., Sitanggang, B. H., Sudarta, E. S., Syamsudin, E., Brahmana, J., Martoyo, K., Maskuddin., Fadli, M. L., Purba, P., Purba, R. Y., Soegiyono., Prawirosukarto, S., Winarna., dan Darmosarkoro, W. 2002. *Budidaya Kelapa Sawit.* Pusat Penelitian Kelapa Sawit, Medan.
- Sunarko. 2014. *Budi Daya Kelapa Sawit Di Berbagai Jenis Lahan.* PT Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Sunarti, R., Ika, S., Syekhfani, dan Abdul, L.A. 2004. Peranan Jamur Mikoriza pada Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit dan Pengaruhnya dalam Menekan Kolonisasi Patogen Ganoderma Boninense. *Jurnal Agrivita* 2: 212-221.

- Syahfitri, E. D. 2007. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan utama akibat perbedaan konsentrasi dan frekuensi pemberian pupuk pelengkap cair. *Skripsi. Universitas Bengkulu*. Bengkulu.
- Teddy, W. 2016. *Pertumbuhan Beberapa Klon Bibit Karet (Hevea brasiliensis Muell. Agr) Okulasi Hijau Stum Mata Tidur yang Diberi Mikoriza*. Fakultas Pertanian Universitas Andalas, Padang.
- Utami, S. H., Suntoro, dan Syamsiyah, J. 2019. The Effect of biocompost and bokashi on the growth and biomass of oil palm seedlings. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 346(1).
- Walidaini, R. A., Nugraha, W. D., dan Samudro, G. 2016. *Pengaruh Penambahan Pupuk Urea dalam Pengomposan Sampah Organik Secara Aerobik Menjadi Kompos Matang dan Stabil Diperkaya* (Doctoral dissertation, Diponegoro University).
- Wardoyo, S. dan Anwar, T. 2021. Perbedaan penggunaan komposter an-aerob dan aerob terhadap laju proses pengomposan sampah organik. *Poltekita: Jurnal Ilmu Kesehatan*, 15(3): 251-255.
- Widiastuti, H., Darmono T. W., dan Goenadi, D. H. 1998. Respon Bibit Kelapa Sawit Terhadap Inokulasi Beberapa Cendawan AM Pada Beberapa Tingkat Pemupukan. *Menara Perkebunan*, 66 (1): 13-19.
- Widiastuti, H. 2004. *Biologi Interaksi Cendawan mikoriza arbuskula kelapa sawit pada tanah asam sebagai dasar pengembangan teknologi aplikasi dini* (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widiastuti, H., Sukarno, N., Darusman, L.K., Goenadi, D.H., Smith, S., dan Guhardja, E. 2005. Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskular sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan*, 73(1): 26-34.
- Wisnubroto, M. P., Armansyah, A., Anwar, A., dan Suhendra, D. 2023. Kolonisasi fungi mikoriza arbuskular (FMA) pada rizosfer beberapa vegetasi di lahan pasca tambang batu bara dengan tingkat kelerengan berbeda. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 6(3), 771-782.
- Yovita. 2001. *Membuat Kompos Secara Kilat*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Yuliana, W. 2022. *SKRIPSI: Respon Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) pada Beberapa Interval Pempupukan KNO3 Di Mainursery* (Doctoral dissertation, Politeknik Negeri Lampung).

- Yutika, F., Cahyadi, E. R., & Mulyati, H. 2019. Perilaku petani kelapa sawit pola swadaya dan pola plasma terhadap praktik produksi kelapa sawit berkelanjutan di Kabupaten Kampar, Riau. *Jurnal Agribisnis Indonesia (Journal of Indonesian Agribusiness)*, 7(2): 102-112.