

**PENGARUH APLIKASI KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA  
ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO  
(*Theobroma cacao* L.) KLON MCC02 DI PEMBIBITAN**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Imro'atul Ulwiyah  
2214161010**



**UNIVERSITAS LAMPUNG  
2026**

**PENGARUH APLIKASI KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA  
ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO  
(*Theobroma cacao* L.) KLON MCC02 DI PEMBIBITAN**

**Oleh**

**Imro'atul Ulwiyah**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2026**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH APLIKASI KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) KLON MCC02 DI PEMBIBITAN**

**Oleh**

**Imro'atul Ulwiyah**

Penurunan produksi kakao nasional disebabkan oleh penggunaan bahan tanam non-klon unggul dan rendahnya ketersediaan unsur hara. Upaya yang dilakukan adalah penggunaan bibit kakao klon MCC02 dengan penambahan kompos aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular sebagai media tanam. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh kompos aerob dan FMA terhadap pertumbuhan bibit kakao. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada Juni-November 2025 menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan dua faktor, yaitu kompos aerob (-K = tanpa kompos, +K = dengan kompos) dan FMA (-M = tanpa FMA, +M = dengan FMA), dan diulang sebanyak 8 kali. Data dianalisis menggunakan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf 5%. Hasil penelitian menunjukkan sebagian besar respons pertumbuhan bibit kakao terhadap pemberian kompos aerob tidak dipengaruhi oleh FMA. Aplikasi kompos aerob dengan perbandingan 2:1 (v/v) dan FMA mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kakao. Kompos aerob lebih berperan dalam meningkatkan pertumbuhan tajuk, sedangkan FMA berperan dalam meningkatkan pertumbuhan akar. Kedua perlakuan memiliki fungsi yang berbeda, namun kompos aerob memberikan pengaruh yang lebih luas terhadap pertumbuhan bibit kakao.

Kata kunci : kakao, kompos aerob, Fungi Mikoriza Arbuskular.

## **ABSTRACT**

### ***THE EFFECT OF AEROBIC COMPOST AND ARBUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI APPLICATION ON THE GROWTH OF COCOA (*Theobroma cacao* L.) SEEDLINGS OF MCC02 CLONE IN THE NURSERY***

**By**

**Imro'atul Ulwiyah**

*The decline in national cocoa production is attributed to the use of non-superior planting materials and low nutrient availability. One effort to address this issue is the use of cocoa seedlings from the superior clone MCC02 combined with the application of aerobic compost and arbuscular mycorrhizal fungi as a growing medium. This study aimed to determine the effects of aerobic compost and AMF on the growth of cocoa seedlings. The experiment was conducted in a greenhouse at the Faculty of Agriculture, University of Lampung, from June to November 2025 using a Randomized Complete Block Design (RCBD) was used with two factors: aerobic compost (-K = without compost, +K = with compost) and AMF (-M = without AMF, +M = with AMF), each replicated eight times. Data were analyzed using analysis of variance followed by the Honest Significant Difference (HSD) test at a 5% significance level. The results showed that most growth responses to aerobic compost were not influenced by AMF. The application of aerobic compost at a 2:1 (v/v) ratio and AMF was able to enhance the growth of cocoa seedlings. Overall, aerobic compost was more dominant in enhancing shoot growth, whereas AMF was more effective in promoting root growth.*

*Keywords: aerobic compost, cocoa seedlings, arbuscular mycorrhizal fungi*

Judul Skripsi : **Pengaruh Aplikasi Kompos Aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Klon MCC02 di Pembibitan**

Nama Mahasiswa : Imro'atul Ulwiyah

Nomor Pokok Mahasiswa : 2214161010

Program Studi : Agronomi

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

Pembimbing Pertama



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

Pembimbing Kedua



**Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.**  
NIP 198104132008122001

2. Ketua Jurusan Agronomi dan Hortikultura



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

**MENGESAHKAN**

Tim Penguji  
Ketua

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



Sekretaris

: Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si.



Penguji

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



Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kusyanta Futas Hidayat, M.P.  
NIDN 181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 16 April 2026

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH APLIKASI KOMPOS AEROB DAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR TERHADAP PERTUMBUHAN BIBIT KAKAO (*Theobroma cacao* L.) KLON MCC02 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 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, 23 April 2026

Penulis,


Imro'atul Ulwiyah

2214161010

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis bernama Imro'atul Ulwiyah, dilahirkan pada tanggal 14 April 2004 di Desa Silirsari, Kecamatan Labuhan Ratu, Kabupaten Lampung Timur, Provinsi Lampung. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, buah dari pernikahan Bapak Badrul Aini Karim dan Ibu Patonah. Riwayat Pendidikan formal penulis dimulai dari SD Negeri Labuhan Ratu 5 yang diselesaikan pada tahun 2016, kemudian melanjutkan ke SMP Negeri 1 Way Jepara dan lulus pada tahun 2019, serta menamatkan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Way Jepara pada tahun 2022.

Pada tahun 2022, penulis resmi terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selama menjalani perkuliahan, penulis aktif berpartisipasi dalam berbagai kegiatan akademik maupun nonakademik. Penulis pernah mengemban amanah sebagai Asisten Praktikum pada Mata Kuliah Dasar Dasar Agronomi, Kewirausahaan serta Agenia Hayati dalam Budidaya Tanaman. Di samping itu, penulis turut aktif dalam organisasi kemahasiswaan Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) dengan menjabat sebagai anggota bidang Dana dan Usaha pada periode 2024, serta berperan sebagai mentor bidang Dana dan Usaha pada periode kepengurusan tahun 2025.

Penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) MBKM yang berlokasi di Desa Katibung, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung pada tahun 2025. Selanjutnya, pada periode Juni hingga Agustus 2025, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di BRMP Tanah dan Pupuk Kebun Percobaan

Taman Bogo yang berlokasi di Kecamatan Purbolinggo, sebagai bagian dari penerapan pengetahuan dan pengalaman kerja lapangan.

## MOTTO

“Sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan.”  
(QS. Al-Insyirah: 6)

“Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagi kamu. Dan boleh jadi kamu mencintai sesuatu, padahal ia amat buruk bagi kamu. Allah Maha mengetahui sedangkan kamu tidak mengetahui”  
(Al-Baqarah: 216)

“Barang siapa keluar untuk mencari ilmu maka dia berada di jalan Allah”  
(HR. Turmudzi)

“Yang mustahil bagi kita tapi tidak mustahil bagi-Nya. Maka menawarlah lewat doa”  
(Imro'atul Ulwiyah)

## **PERSEMBAHAN**

Dengan penuh rasa syukur ke hadirat Allah SWT., karya ini penulis persembahkan kepada:

Kedua orang tua tercinta Bapak Badrul Aini Karim dan Ibu Patonah, serta adik tercinta Dimas Agus Tino sebagai wujud bakti dan ungkapan kasih atas doa, didikan, bimbingan, semangat, nasihat, dukungan, dan cinta yang senantiasa mengiringi setiap langkah penulis. Karya ini juga penulis persembahkan kepada almamater tercinta Universitas Lampung.

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas berkat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini yang berjudul **“Pengaruh Aplikasi Kompos Aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular terhadap Pertumbuhan Bibit Kakao (*Theobroma cacao* L.) Klon MCC02 di Pembibitan”**. Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana (S1) pada Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bimbingan, dukungan, bantuan, saran, dan doa dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya 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 Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembimbing Pertama, penulis mengucapkan terima kasih yang tulus atas waktu, kesabaran, kepedulian, serta bimbingan yang telah diberikan dengan sepenuh hati. Berbagai arahan, masukan, dan nasihat yang disampaikan menjadi bekal penting dan sangat berarti dalam menyelesaikan skripsi ini.
3. Ibu Dr. RA. Diana Widyastuti, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua, penulis mengucapkan terima kasih atas waktu, arahan, masukan, motivasi, serta bimbingan yang telah diberikan sehingga skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Muhammad Kamal, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Akademik, yang senantiasa memberikan bimbingan, arahan, serta motivasi

selama masa perkuliahan, sehingga penulis dapat menjalani seluruh proses akademik hingga penyelesaian skripsi ini dengan baik.

5. Bapak Dr. Ir. Agus karyanto, M.Sc., selaku Dosen Penguji yang telah memberikan arahan, kritik, serta saran yang bersifat membangun dalam penyelesaian skripsi ini.
6. Kedua orang tua tercinta, yaitu Bapak Badrul Aini Karim dan Ibu Patonah, yang senantiasa mencurahkan kasih sayang, nasihat, motivasi, perhatian, serta dukungan moral dan materi dengan penuh keikhlasan, disertai doa yang terus mengiringi penulis selama menempuh masa perkuliahan hingga saat ini. Seluruh dukungan dan pengorbanan tersebut menjadi sumber kekuatan, penghiburan, dan penyemangat bagi penulis dalam menjalani pendidikan sampai terselesaikannya skripsi ini.
7. Adik tercinta, Dimas Agus Tino, yang senantiasa memberikan keceriaan, serta menjadi pengingat bagi penulis dalam proses penyelesaian skripsi ini.
8. Sahabat terkasih, Agung Rachmadi Aziz, Chintya Nur Ramadhani, dan Ike Juliana Putri Pangaribuan, yang selalu memberikan dukungan, motivasi, doa, serta kebersamaan yang berharga selama proses penyusunan skripsi ini.
9. Mba Puput, Chintya, Ike, Ferdi, Chelisa, Dinda, dan Meida yang telah banyak membantu dan mendampingi penulis selama pelaksanaan penelitian serta memberikan motivasi dan semangat kepada penulis.
10. Keluarga Besar Agronomi dan Hortikultura Angkatan 2022, atas bantuan dan kebersamaannya.

Penulis menyampaikan rasa terima kasih kepada seluruh pihak yang telah berkontribusi, baik yang disebutkan secara langsung maupun tidak langsung. Semoga Allah SWT. membalas segala kebaikan dengan limpahan rahmat dan keberkahan-Nya. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari sempurna, namun diharapkan dapat memberikan manfaat dan menambah wawasan bagi berbagai pihak.

Bandar Lampung, 23 April 2026

Imro'atul Ulwiyah

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2. Rumusan Masalah .....	4
1.3. Tujuan Penelitian .....	5
1.4 Landasan Teori .....	5
1.5 Kerangka Pemikiran .....	11
1.6 Hipotesis .....	14
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>15</b>
2.1 Tanaman Kakao .....	15
2.1.1 Sejarah .....	15
2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi .....	16
2.1.3 Kakao Klon MCC02 .....	17
2.2 Pembibitan Kakao .....	17
2.3 Kompos Aerob .....	18
2.4 Fungi Mikoriza Arbuskular .....	19
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	<b>22</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	22
3.2 Alat dan bahan .....	22
3.3 Metode Penelitian .....	22
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	23
3.4.1 Penyemaian Benih dan Penyiapan Media Tanam .....	23
3.4.2 Analisis Tanah dan Kompos .....	24
3.4.3 Penanaman dan Inokulasi FMA .....	24
3.4.4 Pemeliharaan Tanaman .....	25
3.4.5 Akhir Penelitian .....	25
3.5 Variabel Pengamatan .....	26
3.5.1 Tinggi Tanaman .....	26
3.5.2 Jumlah Daun .....	26

3.5.3 Diameter Batang .....	26
3.5.4 Tingkat Kehijauan Daun .....	26
3.5.5 Total Luas Daun .....	27
3.5.6 Panjang Akar Tunggang .....	27
3.5.7 Volume Akar .....	27
3.5.8 Bobot Segar dan Kering Akar .....	27
3.5.9 Bobot Segar dan Kering Tajuk .....	28
3.5.10 Persentase Kolonisasi Akar oleh FMA .....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil .....	29
4.1.1 Tinggi Tanaman .....	30
4.1.2 Jumlah Daun .....	31
4.1.3 Diameter Batang .....	31
4.1.4 Tingkat Kehijauan Daun .....	32
4.1.5 Total Luas Daun .....	33
4.1.6 Panjang Akar Tunggang .....	33
4.1.7 Volume Akar .....	34
4.1.8 Bobot Segar dan Bobot Kering Tajuk .....	35
4.1.9 Bobot Segar Akar dan Bobot Kering Akar .....	36
4.1.10 Persen Kolonisasi Akar .....	37
4.2 Pembahasan .....	38
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Kesimpulan .....	53
5.2 Saran .....	53
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>54</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Tata Letak Percobaan .....	23
2. Rekapitulasi hasil analisis ragam data penelitian.....	29
3. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap tinggi tanaman bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	30
4. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap jumlah daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	31
5. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap diameter batang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	32
6. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap tingkat kehijauan daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	32
7. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap total luas daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	33
8. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap panjang akar tunggang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	34
9. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap volume akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	35
10. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap bobot segar tajuk dan bobot kering tajuk bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	36
11. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap bobot segar akar dan bobot kering akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	37
12. Pengaruh perlakuan kompos aerob dan FMA terhadap persen kolonisasi akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	38
13. Hasil analisis unsur hara media tanah sebelum penelitian .....	42
14. Hasil analisis unsur hara kompos sebelum penelitian.....	42

15. Hasil analisis mikroorganisme pada kompos dan media tanam setelah penelitian .....	43
16. Data tinggi tanaman bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	64
17. Data jumlah daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	64
18. Data diameter batang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	65
19. Data tingkat kehijauan daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	65
20. Data total luas daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	66
21. Data panjang akar tunggang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	66
22. Data volume akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	67
23. Data bobot segar tajuk bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	67
24. Data bobot kering tajuk bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	68
25. Data bobot segar akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	68
26. Data bobot kering akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	69
27. Data persen kolonisasi akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA .....	69
28. Data persen kolonisasi akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA (Transformasi LN) .....	70
29. Hasil analisis ragam tinggi tanaman bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA...	71
30. Hasil analisis ragam jumlah daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	71
31. Hasil analisis ragam diameter batang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	72
32. Hasil analisis ragam tingkat kehijauan daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	72
33. Hasil analisis ragam total luas daun bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA ...	73
34. Hasil analisis ragam panjang akar tunggang bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	73
35. Hasil analisis ragam volume akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	74
36. Hasil analisis ragam bobot segar tajuk bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	74
37. Hasil analisis ragam bobot kering tajuk bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	75
38. Hasil analisis ragam bobot segar akar bibit kakao klon MCC02 umur 5 BSA.....	75

39. Hasil analisis ragam bobot kering akar bibit kakao klon MCC02 umur 5	
BSA.....	76
40. Hasil analisis ragam persen kolonisasi akar bibit kakao klon MCC02 umur	
5 BSA.....	76

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka Pemikiran .....	13
2. Bibit kakao umur 5 BSA (bulan setelah aplikasi) .....	39
3. Mikroorganisme dalam media tanam (A) Bakteri, (B) Fungi, (C) Nematoda, dan (D) Protoza .....	44
4. Akar bibit kakao yang terkolonisasi FMA.....	49
5. Akar dan tajuk bibit kakao umur 5 BSA (bulan setelah aplikasi).....	54

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data variabel pengamatan .....	64-70
2. Data hasil uji analisis .....	71-76

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu komoditas utama dalam sektor perkebunan yang memiliki peranan penting dalam menopang perekonomian nasional. Selain sebagai sumber pendapatan bagi petani, kakao juga menyumbang devisa negara melalui ekspor biji kakao dan produk olahannya. Indonesia menempati posisi ketiga sebagai negara produsen kakao terbesar di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Berdasarkan data dari Kementerian Pertanian (2024), nilai ekspor komoditas kakao beserta produk olahannya pada tahun 2024 tercatat sebesar USD 2,62 miliar, mengalami peningkatan signifikan sebesar 118,64% dibandingkan tahun 2023. Pertumbuhan ini didorong oleh kenaikan harga kakao di pasar internasional, yang selama periode Januari hingga Oktober 2024 mencapai rata-rata USD 6,97 per kilogram, atau meningkat sebesar 112,58% dari harga rata-rata tahun sebelumnya.

Menurut data terbaru dari Badan Pusat Statistik (BPS) (2024), total produksi kakao nasional pada tahun 2024 diperkirakan mencapai sekitar 617,11 ribu ton, menurun sekitar 1,00% dibandingkan capaian tahun sebelumnya. Sementara itu, Provinsi Lampung mencatat produksi sebesar 47,9 ribu ton, yang seluruhnya berasal dari perkebunan rakyat. Meskipun angka tersebut belum besar secara nasional, Lampung tetap menempati posisi penting sebagai salah satu sentra produksi kakao di Indonesia. Tren penurunan produksi secara nasional menjadi indikasi bahwa sektor perkebunan kakao menghadapi tantangan, terutama dalam hal produktivitas. Oleh karena itu, diperlukan langkah-langkah strategis untuk

mendorong efisiensi dan peningkatan hasil produksi guna menjamin ketersediaan pasokan dalam negeri di tengah permintaan ekspor yang terus meningkat.

Salah satu permasalahan utama dalam budidaya kakao di Indonesia terletak pada kualitas bibit yang masih rendah, terutama pada tingkat pembibitan yang dilakukan oleh petani secara mandiri. Kualitas bibit memiliki peranan yang sangat penting karena hal tersebut akan menentukan keberhasilan tanaman sejak fase awal pertumbuhan hingga memasuki masa produktif. Penggunaan bibit yang kurang berkualitas seperti bukan berasal dari klon unggul, atau ditanam dengan media yang tidak sesuai, akan menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat, dan mudah terserang hama dan penyakit. Akibatnya, produktivitas tanaman menurun dan hasil panen baik dari segi jumlah maupun mutu tidak dapat mencapai potensi optimal (Widyastuti, 2021).

Untuk meningkatkan kualitas bibit kakao, salah satu strategi yang dinilai efektif adalah dengan menggunakan klon unggul. Salah satu klon yang telah terbukti memiliki keunggulan adalah klon MCC02, hasil pengembangan dari Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri). Klon ini memiliki produktivitas yang tinggi serta daya tahan yang baik terhadap sejumlah penyakit utama pada tanaman kakao, termasuk *Phytophthora palmivora* yang menjadi penyebab penyakit busuk buah. Selain itu, klon MCC02 juga dikenal memiliki pertumbuhan yang kuat (vigor) dan mampu beradaptasi dengan berbagai kondisi lingkungan, sehingga menjadikannya cocok untuk dibudidayakan di banyak daerah, termasuk Provinsi Lampung (Balittri, 2021).

Selain ditentukan oleh faktor genetik bibit, keberhasilan pertumbuhan bibit kakao juga sangat dipengaruhi oleh media tanam yang digunakan. Saat ini, pemanfaatan bahan organik sebagai media tanam semakin banyak diminati, salah satunya adalah penggunaan kompos aerob. Kompos aerob merupakan hasil penguraian bahan organik dengan melibatkan mikroorganisme dalam kondisi yang kaya oksigen. Jenis kompos ini memiliki banyak manfaat, antara lain memperbaiki

struktur fisik tanah seperti meningkatkan pori-pori dan daya serap air, memperbaiki kondisi kimia tanah dengan meningkatkan kapasitas tukar kation serta menyediakan unsur hara penting, dan juga mendukung aktivitas mikroorganisme tanah dengan menyediakan lingkungan hidup yang sesuai (Sutedjo, 2002).

Aplikasi kompos aerob dalam media tanam bibit kakao mampu mendorong pertumbuhan tanaman secara lebih cepat, memperkuat perkembangan akar, dan membuat bibit lebih tahan terhadap tekanan lingkungan. Terlebih lagi, jika kompos dibuat dari bahan-bahan lokal seperti limbah pertanian atau kotoran hewan, penggunaannya tidak hanya menekan biaya produksi, tetapi juga membantu mengurangi ketergantungan pada pupuk kimia. Dengan demikian, pemanfaatan kompos tidak hanya bermanfaat dari sisi pertumbuhan tanaman, tetapi juga mendukung praktik budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan (Sari *et al.*, 2020).

Selain penggunaan kompos aerob, salah satu pendekatan biologis yang semakin banyak diterapkan dalam dunia pertanian adalah pemanfaatan mikroorganisme yang menguntungkan, salah satunya yaitu fungi mikoriza arbuskular (FMA). FMA merupakan jenis fungi yang mampu menjalin hubungan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman. Dalam hubungan ini, FMA membantu akar tanaman menyerap unsur hara penting, terutama fosfor dan berbagai mikronutrien yang sulit bergerak dalam tanah, sementara tanaman akan memberikan hasil fotosintesis berupa senyawa karbon sebagai sumber energi bagi FMA (Smith dan Read, 2008).

Keberadaan FMA mampu meningkatkan daya tahan tanaman terhadap tekanan lingkungan, seperti kekeringan dan pencemaran logam berat, serta mampu membantu tanaman menghadapi serangan patogen yang menyerang akar (Basri, 2018). Mengaplikasikan FMA dalam media tanam sejak tahap pembibitan kakao dapat memberikan dampak yang sangat positif, khususnya dalam mendorong

pertumbuhan akar secara optimal dan meningkatkan efisiensi penyerapan unsur hara. Ini menjadi sangat penting karena pertumbuhan sistem perakaran yang sehat dan kuat pada awal fase kehidupan tanaman akan menentukan kemampuan tanaman dalam menyerap nutrisi dan air dari tanah, serta membentuk struktur tanaman yang kokoh dan tahan terhadap gangguan eksternal (Rahmayanti *et al.*, 2013).

Penggabungan antara penggunaan kompos aerob dan FMA dalam media tanam berpotensi menciptakan interaksi yang saling mendukung. Kompos sebagai sumber bahan organik tidak hanya menyediakan nutrisi, tetapi juga menciptakan lingkungan yang kondusif bagi pertumbuhan dan perkembangan FMA, sehingga dapat meningkatkan kolonisasi mikoriza pada akar tanaman. Keberadaan FMA tidak berperan langsung dalam proses penguraian bahan organik saat pembuatan kompos. Namun, setelah kompos diberikan ke tanah, keberadaan FMA dapat membantu meningkatkan ketersediaan serta penyerapan unsur hara, khususnya fosfor, sehingga dapat menunjang pertumbuhan tanaman dengan lebih baik (Rillig dan Mummey, 2006). Interaksi positif ini diyakini mampu memberikan manfaat ganda dalam mendorong pertumbuhan bibit kakao dan meningkatkan ketahanannya, khususnya pada tahap awal pertumbuhan yang sangat menentukan keberhasilan tanaman di fase selanjutnya.

## **1.2. Rumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini terdapat pertanyaan – pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah aplikasi kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02?
2. Apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02?
3. Apakah respon bibit kakao klon MCC02 terhadap aplikasi FMA dipengaruhi oleh aplikasi kompos aerob?

4. Kombinasi perlakuan manakah yang menghasilkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02 terbaik?

### **1.3. Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini sebagai berikut:

1. Mengetahui apakah aplikasi kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02.
2. Mengetahui apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02.
3. Mengetahui apakah respon bibit kakao klon MCC02 terhadap aplikasi FMA dipengaruhi oleh aplikasi kompos aerob.
4. Menentukan kombinasi perlakuan yang menghasilkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02 terbaik.

### **1.4 Landasan Teori**

Pertanian berkelanjutan merupakan suatu konsep dalam kegiatan budidaya tanaman yang mengutamakan penggunaan sumber daya alam secara bijak, efisien, dan tetap menjaga kelestarian lingkungan, agar produksi pertanian dapat terus berlangsung dalam jangka panjang. Dalam penerapannya, aspek yang sangat penting untuk diperhatikan adalah kesuburan tanah, baik dari sisi fisik, kimia, maupun biologi. Tanah yang subur akan menyediakan kondisi yang mendukung bagi pertumbuhan tanaman dan hasil panen yang optimal. Menurut Khairuna *et al.* (2014), pemanfaatan bahan organik seperti kompos, serta pemberian FMA, mampu meningkatkan kualitas tanah melalui perbaikan pH, peningkatan ketersediaan unsur fosfor, serta bertambahnya kandungan bahan organik. Semua faktor ini secara keseluruhan berperan penting dalam memperbaiki dan menjaga kesuburan tanah secara berkelanjutan.

Kompos aerob dihasilkan melalui proses penguraian bahan organik oleh mikroorganisme dalam kondisi yang mengandung oksigen cukup. Dalam proses ini, mikroorganisme seperti bakteri dan fungi berperan aktif memecah bahan

organik hingga menjadi humus yang matang dan kaya akan unsur hara. Selama penguraian berlangsung, suhu tumpukan kompos meningkat karena aktivitas mikroba yang intens, yang sekaligus membantu mempercepat proses dekomposisi dan menekan keberadaan organisme penyebab penyakit (Prasetyo dan Nurdiana, 2018). Menurut Destiasari *et al.* (2024), proses pengomposan aerob terbagi dalam tiga tahap, yakni tahap penguraian awal, tahap penurunan suhu, dan tahap pematangan. Pada tahap awal, mikroorganisme bekerja secara aktif dalam memecah bahan organik, yang menyebabkan kenaikan suhu secara signifikan. Ketika bahan mudah terurai mulai habis, proses memasuki tahap penurunan suhu di mana mikroorganisme mesofilik kembali mendominasi. Terakhir, pada tahap pematangan, kompos menjadi lebih stabil dan siap digunakan sebagai pupuk yang aman serta bermanfaat bagi tanaman.

Dalam proses pengomposan yang berlangsung optimal, bahan organik mengalami perubahan menjadi humus yang stabil, berwarna gelap, dan kaya akan unsur hara esensial. Kompos ini mengandung nutrisi makro penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), serta unsur mikro seperti magnesium (Mg), seng (Zn), dan besi (Fe) yang sangat dibutuhkan tanaman untuk tumbuh dan berkembang secara optimal. Unsur-unsur tersebut berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman baik pada tahap awal (vegetatif) maupun pembentukan hasil (generatif) (Zukni *et al.*, 2013). Menurut Nursanti *et al.* (2018), penambahan pupuk kompos solid pada media ultisol secara nyata meningkatkan diameter batang bibit kakao, meski efek terhadap tinggi tanaman belum signifikan.

Kompos aerob dikenal mengandung berbagai jenis mikroorganisme seperti bakteri, fungi, dan aktinomisetes. Bakteri seperti *Pseudomonas fluorescens* serta jamur *Trichoderma harzianum* dikenal mampu mempercepat proses penguraian bahan organik dan meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah. Menurut Mangungsong *et al.* (2019), pemanfaatan kompos berbahan dasar *Tithonia* yang diperkaya dengan *Pseudomonas fluorescens* dan *Trichoderma harzianum* terbukti

mampu meningkatkan kadar nitrogen total, fosfor yang tersedia, dan kalium dalam tanah aluvial, serta secara signifikan mendukung pertumbuhan bibit kakao.

Mikroorganisme tanah berperan penting dalam mendukung ketersediaan hara melalui proses dekomposisi bahan organik. Bakteri dan fungi bertindak sebagai dekomposer yang memecah residu tanaman dan bahan organik lainnya menjadi senyawa sederhana seperti ammonium, nitrat, fosfat, dan kalium yang dapat diserap oleh tanaman. Proses ini tidak hanya meningkatkan kandungan hara dalam tanah tetapi juga membantu pembentukan struktur tanah yang lebih baik melalui akumulasi bahan organik (Panhwar *et al.*, 2022). Dalam siklus nitrogen, bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* dan *Azotobacter* mengubah nitrogen bebas menjadi amonia yang selanjutnya diubah menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Sementara itu, pada siklus fosfor, mikroorganisme seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* mampu melarutkan senyawa fosfat yang semula tidak larut menjadi ortofosfat yang tersedia bagi tanaman. Aktivitas ini sangat penting karena fosfor merupakan unsur yang mobilitasnya rendah di dalam tanah (Ghosh *et al.*, 2020).

Interaksi antara kompos dan mikroorganisme mampu mempercepat proses mineralisasi sekaligus meningkatkan ketersediaan unsur hara di sekitar akar tanaman. Kompos berfungsi sebagai sumber bahan organik yang mendukung pertumbuhan mikroba tanah, sehingga mempercepat penguraian bahan organik menjadi nutrisi yang mudah diserap oleh tanaman. Menurut Sari *et al.* (2020), penambahan kompos dalam media tanam dapat meningkatkan jumlah mikroorganisme tanah, khususnya bakteri dan fungi yang berperan dalam pelapukan bahan organik dan pemenuhan nutrisi, yang kemudian berkontribusi pada peningkatan tinggi tanaman serta biomassa akar. Menurut Kinanti (2025), kombinasi media tanam berupa tanah ultisol dan kompos aerob dengan perbandingan 2:1 memberikan hasil paling optimal untuk bibit pertumbuhan bibit kakao.

Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) merupakan jenis fungi tanah yang membentuk hubungan simbiosis mutualistik dengan akar tanaman dan berperan penting dalam mendukung keseimbangan ekosistem tanah serta pertumbuhan tanaman. Fungi ini tergolong dalam filum *Glomeromycota* yang mampu bersimbiosis dengan spesies tanaman darat sekitar 80 – 90 %. Salah satu ciri khas FMA adalah kemampuannya membentuk struktur khusus yaitu arbuskula di dalam sel korteks akar, yang berfungsi sebagai titik pertukaran unsur hara antara fungi dan tanaman, serta vesikula yang berperan sebagai tempat penyimpanan cadangan energi (Hanafiah *et al.*, 2017). FMA mengembangkan jaringan hifa eksternal yang mampu menjelajah lebih luas ke dalam tanah, bahkan hingga ke wilayah yang tidak terjangkau oleh sistem akar tanaman. Dengan bantuan hifa tersebut, fungi ini dapat mengambil air dan unsur hara dari tanah terutama unsur seperti fosfor (P) yang umumnya sulit tersedia bagi tanaman, lalu menyalurkannya ke akar tanaman inang. Sebagai gantinya, tanaman menyediakan senyawa karbon hasil proses fotosintesis untuk mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidup fungi (Hidayati dan Iriany, 2018).

Kolonisasi akar oleh FMA merupakan proses pembentukan hubungan simbiosis antara fungi dan akar tanaman. Proses ini diawali ketika akar tanaman melepaskan senyawa seperti flavonoid dan strigolaktan ke tanah, yang merangsang pertumbuhan hifa FMA. Sebagai respons, fungi mengeluarkan sinyal *Myc factors* yang dikenali oleh akar dan memicu terbentuknya hubungan simbiosis (Bonfante dan Requena, 2011). Setelah proses pengenalan terjadi, hifa FMA menempel pada permukaan akar dan membentuk struktur khusus bernama *appressorium* di lapisan epidermis. Kemudian, hifa menembus ke dalam jaringan akar tanpa merusak sel, lalu tumbuh di antara atau di dalam sel korteks untuk membentuk *arbuskula* (Gutjahr dan Parniske, 2013). Hifa yang masuk ke sel korteks akar akan membentuk arbuskula, yaitu struktur bercabang halus mirip pohon yang berfungsi sebagai lokasi utama pertukaran nutrisi antara jamur dan tanaman. Selain itu, vesikula juga dapat terbentuk sebagai tempat penyimpanan, baik di dalam maupun di antara sel-sel akar (Smith dan Read, 2008).

Salah satu manfaat utama dari FMA di dalam tanah adalah kemampuannya dalam membantu tanaman menyerap unsur hara secara lebih efisien, terutama fosfor (P). Fosfor merupakan unsur hara makro yang sangat penting bagi tanaman karena berperan dalam proses pembentukan energi (ATP), pembelahan sel, serta pertumbuhan dan perkembangan akar. Namun, fosfor sering kali terikat dalam bentuk senyawa yang tidak larut, sehingga sulit diserap oleh tanaman. Di sinilah peran FMA menjadi penting, karena fungi ini dapat mengeluarkan enzim fosfatase dan senyawa organik lainnya melalui hifa eksternal untuk membantu melarutkan fosfor, sehingga ketersediaannya di sekitar akar meningkat (Ariani *et al.*, 2020). Menurut Pratiwi *et al.* (2020), pemberian FMA pada tanaman jagung mampu meningkatkan kadar fosfor dalam jaringan tanaman hingga 35% lebih tinggi dibandingkan tanaman tanpa FMA. Temuan ini memperkuat bukti bahwa FMA sangat efektif dalam meningkatkan serapan fosfor, terutama di lahan yang miskin unsur hara.

Hubungan simbiosis antara FMA dan tanaman tidak hanya meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap unsur hara, tetapi juga secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan sistem akar. Ketika akar tanaman dikolonisasi oleh FMA, pertumbuhan akar lateral dan rambut akar menjadi lebih aktif, sehingga memperluas permukaan akar yang berfungsi untuk menyerap air dan nutrisi. Akibatnya, tanaman memiliki jangkauan yang lebih luas untuk mengakses sumber hara di dalam tanah (Sulastri *et al.*, 2021). Menurut Yuliani dan Arifin (2019), pemberian FMA pada tanaman kakao mampu meningkatkan panjang akar utama dan jumlah percabangan akar secara signifikan dibandingkan tanaman yang tidak diberi FMA. Temuan ini menegaskan bahwa FMA tidak hanya berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, tetapi juga turut berkontribusi pada perubahan bentuk dan struktur akar tanaman secara fisik (morfologis).

Dalam penerapan pertanian berkelanjutan, FMA sering digunakan bersamaan dengan bahan organik seperti kompos maupun mikroorganisme lain seperti bakteri pelarut fosfat dan *Trichoderma sp.* Kombinasi ini terbukti memberikan

efek sinergis yang positif, yaitu membantu memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroba, serta mempercepat proses penguraian bahan organik. Pemberian kompos dapat meningkatkan kesuburan tanah dan mendorong pertumbuhan tanaman yang lebih optimal. Pertumbuhan yang baik memungkinkan tanaman menghasilkan lebih banyak hasil fotosintesis berupa senyawa karbon, yang kemudian disalurkan ke FMA melalui akar (Sari *et al.*, 2020). Menurut Berliana (2025), aplikasi kompos aerob yang dikombinasikan dengan fungi mikoriza arbuskular pada media pembibitan kelapa sawit dengan perbandingan volume tanah dan kompos 2:1 mampu meningkatkan pertambahan tinggi tanaman, jumlah daun, tingkat kehijauan daun, luas daun, bobot segar tajuk, bobot kering tajuk, jumlah akar primer, volume akar, serta persentase kolonisasi akar yang lebih baik.

Menurut Wulandari *et al.* (2020), kolonisasi FMA yang berlangsung secara optimal juga berkontribusi pada peningkatan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan, seperti kekeringan dan rendahnya ketersediaan nutrisi. Menurut Alayya dan Prasetya (2022), keberhasilan kolonisasi FMA pada tanaman sangat dipengaruhi oleh interaksi antara faktor biotik dan abiotik. Faktor biotik meliputi kesesuaian antara jenis FMA dan tanaman inang serta karakteristik sistem perakaran tanaman. Sementara itu, faktor abiotik mencakup kondisi fisik dan kimia tanah, seperti pH, kandungan bahan organik, serta ketersediaan unsur hara, khususnya fosfor. Kondisi tanah yang seimbang dan tidak mengalami kelebihan P- tersedia akan mendorong tanaman untuk membentuk simbiosis dengan FMA secara lebih optimal.

Dalam fase pembibitan, FMA memberikan manfaat besar terhadap perkembangan sistem akar. Kolonisasi akar oleh FMA terbukti mampu merangsang pertumbuhan akar lateral dan rambut akar, yang secara langsung meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap air dan nutrisi dari media tanam. Menurut Yuliani dan Arifin (2019), pemberian FMA pada bibit kakao secara nyata meningkatkan panjang akar utama dan jumlah percabangan akar dibandingkan kontrol. Akar yang

berkembang dengan baik sejak fase pembibitan akan membantu bibit beradaptasi lebih cepat saat dipindahkan ke lahan tanam permanen.

### 1.5 Kerangka Pemikiran

Tahap pembibitan merupakan bagian awal yang sangat penting dalam proses budidaya tanaman. Keberhasilan di tahap ini sangat menentukan kualitas pertumbuhan tanaman selanjutnya. Agar bibit dapat tumbuh dengan baik, diperlukan media tanam yang mendukung, yaitu media tanam yang subur, gembur, dan mengandung cukup nutrisi. Media tanam yang baik akan membantu akar menyerap air dan unsur hara secara optimal, sehingga pertumbuhan vegetatif tanaman bisa berlangsung secara maksimal.

Untuk meningkatkan kesuburan media tanam, salah satu cara yang bisa dilakukan adalah dengan menambahkan kompos aerob. Kompos aerob adalah pupuk organik yang dibuat melalui proses pelapukan dengan bantuan oksigen. Kompos ini tidak hanya kaya unsur hara penting seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K), tetapi juga mampu memperbaiki struktur media tanam dan mendukung aktivitas mikroorganisme di dalam tanah. Unsur hara yang dilepaskan oleh kompos sangat berguna bagi tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan untuk membentuk jaringan vegetatif yang kuat.

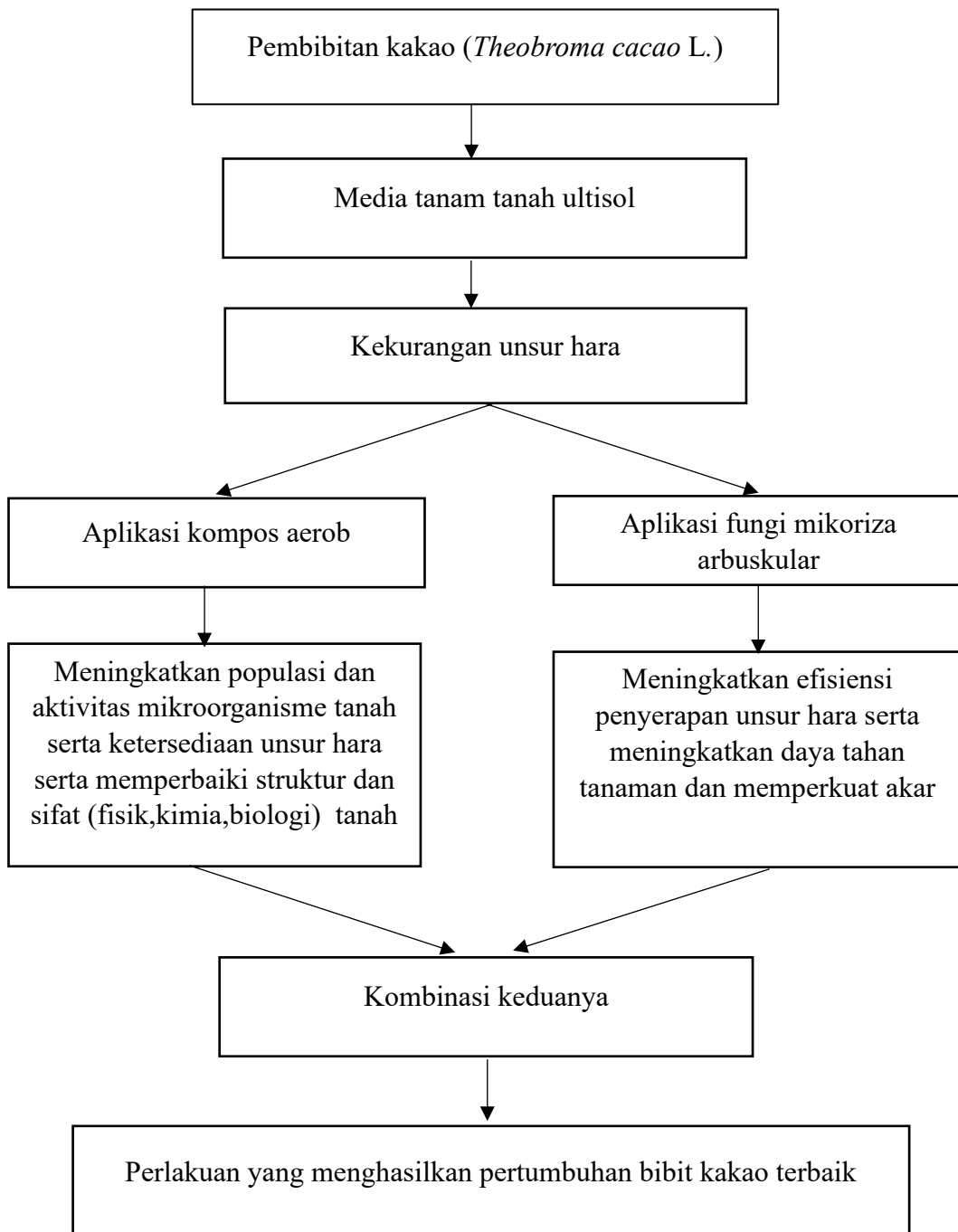
Kompos aerob juga mengandung mikroba bermanfaat seperti bakteri, fungi, protozoa dan nematoda. Mikroorganisme tersebut memiliki peran penting dalam menjaga ketersediaan hara karena mampu mengubah unsur hara menjadi bentuk yang mudah diserap oleh tanaman. Dalam siklus nitrogen, bakteri pengikat nitrogen seperti *Rhizobium* dan *Azotobacter* mengikat nitrogen bebas dari udara lalu mengubahnya menjadi amonia, yang kemudian diubah lagi menjadi nitrat oleh bakteri nitrifikasi seperti *Nitrosomonas* dan *Nitrobacter*. Bentuk nitrat inilah yang dapat dimanfaatkan tanaman. Pada siklus fosfor, bakteri pelarut fosfat seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus* berperan melarutkan fosfat yang semula tidak larut menjadi ortofosfat agar tersedia bagi tanaman. Selain itu, kelompok

mikroorganisme seperti fungi dan *aktinomisetes* berperan dalam menguraikan bahan organik menjadi humus, yang membantu memperbaiki struktur tanah sekaligus melepaskan unsur hara penting seperti kalium, kalsium, dan magnesium. Semua proses ini tidak hanya memastikan ketersediaan nutrisi, tetapi juga menjaga kesuburan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman secara berkelanjutan.

Namun, meskipun unsur hara sudah tersedia di dalam tanah, tidak semua unsur hara bisa langsung diserap oleh tanaman. Beberapa unsur hara, seperti fosfor, bersifat tidak mudah larut dalam tanah. Oleh karena itu, dibutuhkan bantuan organisme seperti FMA. FMA adalah jenis fungi yang hidup bersimbiosis dengan akar tanaman. Fungi ini membentuk jaringan halus (hifa) yang menjangkau area tanah lebih luas dari pada akar, sehingga membantu tanaman menyerap nutrisi seperti fosfor dan air lebih efisien. Selain itu, FMA juga membantu memperkuat akar dan meningkatkan daya tahan tanaman terhadap kekeringan atau kekurangan hara.

Pada penelitian ini digunakan kombinasi antara kompos aerob dan FMA yang diharapkan mampu memberikan manfaat ganda bagi pertumbuhan bibit kakao. Kompos berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah dengan menambah kandungan bahan organik, memperbaiki struktur tanah, serta menciptakan lingkungan yang mendukung aktivitas mikroorganisme tanah. Kondisi ini membuat tanaman tumbuh lebih baik karena mendapat suplai hara yang cukup. Tanaman yang sehat mampu menghasilkan lebih banyak hasil fotosintesis berupa senyawa karbon yang disalurkan ke akar untuk mendukung kolonisasi FMA. FMA yang berkembang optimal kemudian meningkatkan penyerapan unsur hara, terutama fosfor, yang sangat penting bagi pembentukan akar, daun, dan batang. Oleh sebab itu, penggunaan kompos aerob yang dikombinasikan dengan FMA diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan bibit kakao sejak tahap awal pembibitan.

Ringkasan kerangka pemikiran pada penelitian ini disajikan dalam Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka Pemikiran.

## 1.6 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diatas, maka hipotesis penelitian ini adalah:

1. Aplikasi kompos aerob meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02.
2. Aplikasi FMA meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02.
3. Respon bibit kakao klon MCC02 terhadap aplikasi FMA dipengaruhi oleh aplikasi kompos aerob.
4. Kombinasi perlakuan kompos aerob dan FMA menghasilkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02 yang terbaik.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Kakao

#### 2.1.1 Sejarah

Tanaman kakao (*Theobroma cacao* L.) berasal dari daerah tropis di Amerika Selatan, terutama dari wilayah hutan hujan Amazon yang mencakup Brasil, Peru, dan sekitarnya. Lebih dari 3.000 tahun yang lalu, suku Maya dan Aztek telah mengenal dan memanfaatkan biji kakao dalam kehidupan mereka, baik sebagai bahan konsumsi maupun sebagai bagian dari upacara spiritual. Biji kakao saat itu biasa diolah menjadi minuman tradisional bernama “chocolātl”. Tanaman ini masuk ke Indonesia sekitar tahun 1650, dibawa oleh bangsa Spanyol. Budidaya awal kakao dilakukan di wilayah Minahasa, Sulawesi Utara, dan kemudian menyebar ke berbagai daerah lain di Indonesia. Ekspor kakao pertama kali dilakukan pada tahun 1825 melalui pelabuhan Manado menuju Manila, meskipun sempat menurun setelah tahun 1928 akibat serangan hama. Kini, Indonesia menempati posisi sebagai negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Kakao menjadi komoditas penting di Indonesia, terutama dibudidayakan secara luas di wilayah Sulawesi dan Sumatra. Hingga Februari 2020, nilai ekspor kakao Indonesia tercatat mencapai 136,6 juta dolar Amerika Serikat, meningkat dari tahun sebelumnya yang sebesar 98,7 juta dolar AS (Wijaya *et al.*, 2022).

### 2.1.2 Klasifikasi dan Morfologi

Menurut Siregar *et al.* (2021), tanaman kakao diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Magnoliopsida
Ordo	: Malvales
Famili	: Sterculiaceae
Genus	: Theobroma
Spesies	: <i>Theobroma cacao</i> L.

Secara morfologi, tanaman kakao terbagi menjadi 2 sub bagian, yaitu bagian vegetatif dan bagian generatif. Bagian vegetatif terdiri dari akar, batang, dan daun. Sedangkan pada bagian generatif terdiri dari bunga, biji, dan buah.

#### 1. Bagian Vegetatif

Tanaman kakao memiliki bagian vegetatif yang terdiri dari akar, batang, dan daun yang berperan penting dalam pertumbuhannya. Akar kakao termasuk akar tunggang dengan percabangan yang meluas, memudahkan tanaman menyerap air dan hara dari dalam tanah (Simamora *et al.*, 2021). Batangnya berkayu dan tumbuh tegak dengan percabangan khas yang disebut *lorquette*, yaitu titik tumbuh cabang primer secara horizontal. Daunnya tunggal, berbentuk oval dengan ujung meruncing, tersusun spiral, dan memiliki permukaan mengilap. Daun muda biasanya berwarna kemerahan sebelum berubah menjadi hijau saat dewasa, yang berfungsi melindungi tanaman dari cahaya berlebih (Nasamsir, 2014).

#### 2. Bagian Generatif

Bagian generatif pada tanaman kakao terdiri atas bunga, buah, dan biji yang memiliki peran penting dalam proses pembentukan hasil panen. Bunga kakao berukuran kecil dan tumbuh langsung dari batang serta cabang tua yang dikenal sebagai kauliflori. Warna bunga bervariasi antara putih hingga merah muda, dan meskipun bersifat hermafrodit, tingkat keberhasilan penyerbukannya secara

alami tergolong rendah (Nasamsir, 2014). Buah kakao memiliki bentuk lonjong dengan permukaan bergelombang dan panjang sekitar 15 - 25 cm. Warna kulit buah berubah saat matang, tergantung varietas atau klonnya. Setiap buah terdiri dari 20 - 60 biji yang terbungkus dalam lapisan lendir (Simamora *et al.*, 2021). Biji inilah yang kemudian diolah menjadi berbagai produk olahan seperti coklat dan bubuk kakao. Karakteristik generatif ini sangat penting untuk diketahui karena berkaitan erat dengan aspek budidaya, pemuliaan, serta proses pascapanen kakao (Siregar *et al.*, 2021).

### **2.1.3 Kakao Klon MCC02**

Klon kakao MCC02 (Masamba Cacao Clone 02) merupakan salah satu varietas unggul yang dikembangkan oleh Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia dan telah dilepas secara resmi oleh Kementerian Pertanian pada tahun 2014. Klon ini dikenal memiliki produktivitas tinggi, dengan potensi hasil mencapai 3,1 ton biji kering per hektar per tahun, serta toleran terhadap beberapa penyakit penting seperti busuk buah dan VSD. Biji kakao MCC02 memiliki mutu yang baik, dengan rata-rata berat biji kering 1,61 gram, kadar lemak sekitar 49,2%, dan kulit ari sebesar 12%, menjadikannya cocok untuk kebutuhan industri coklat (ICCRI, 2014). Meski begitu, klon ini memiliki tingkat keberhasilan penyerbukan alami yang rendah, sehingga disarankan untuk ditanam bersama klon lain sebagai penyerbuk. Selain dibudidayakan secara konvensional, MCC02 juga telah berhasil diperbanyak melalui teknik embriogenesis somatik, yang memungkinkan produksi bibit secara massal dan seragam (Ajijah dan Hartati, 2020).

## **2.2 Pembibitan Kakao**

Tahap pembibitan merupakan fase awal yang sangat menentukan dalam keberhasilan budidaya tanaman kakao karena kondisi bibit akan memengaruhi pertumbuhan dan hasil produksi di lahan tanam. Umumnya, pembibitan dilakukan secara generatif dengan menggunakan biji yang diambil dari tanaman induk unggul dan sehat. Sebelum disemai, biji kakao dibersihkan dari lapisan lendir (pulp), lalu dikecambahkan selama beberapa hari di bedengan hingga radikula

muncul. Setelah itu, biji dipindahkan ke polibag ketika keping bijinya mulai terlihat. Media tanam yang digunakan biasanya merupakan campuran tanah, pupuk kandang, dan sekam dengan perbandingan tertentu, serta perlu diayak dan dikeringkan agar lebih gembur dan bersih (Nasamsir, 2014). Untuk menjaga bibit tetap optimal, pembibitan dilakukan di bawah naungan seperti paranet atau daun kelapa guna mengurangi paparan sinar matahari langsung dan menahan air hujan.

Selama masa pembibitan, bibit kakao memerlukan perawatan yang mencakup penyiraman rutin, penyiangan, pemberian pupuk, serta pengendalian terhadap hama dan penyakit. Pemupukan menjadi aspek penting karena media awal biasanya memiliki kandungan hara yang rendah. Menurut Nasamsir (2014), pemberian pupuk organik cair (POC) seperti POC NAP dapat meningkatkan pertumbuhan vegetatif bibit kakao secara signifikan, seperti peningkatan tinggi tanaman, luas daun, dan keseimbangan pertumbuhan akar dan tunas. POC memiliki kandungan hara yang lengkap dan mudah diserap oleh tanaman, sehingga sangat cocok untuk fase pembibitan. Dengan pemeliharaan yang optimal selama 4–5 bulan, bibit kakao yang sehat akan tumbuh dengan tinggi sekitar 50–60 cm dan batang berdiameter  $\pm 8$  mm, dan siap dipindahkan ke lapangan.

### **2.3 Kompos Aerob**

Kompos aerob adalah jenis pupuk organik yang terbentuk dari proses penguraian bahan organik dengan bantuan mikroorganisme yang bekerja dalam kondisi cukup oksigen. Dibandingkan dengan kompos anaerob, proses aerob menghasilkan kompos yang lebih stabil dan tidak berbau menyengat. Penguraian ini melibatkan mikroba seperti bakteri mesofilik dan termofilik, jamur, serta aktinomisetes, yang secara bertahap mengubah senyawa organik kompleks menjadi bentuk yang lebih sederhana dan mudah dimanfaatkan tanaman (Marsono dan Sigit, 2005). Proses ini berjalan optimal pada suhu hangat antara 40–60°C dengan kadar air sekitar 50–60% dan rasio karbon terhadap nitrogen (C/N) sekitar 25–30. Hasil akhir dari proses ini adalah bahan humus yang kaya unsur hara. Kompos aerob mengandung berbagai unsur penting bagi tanaman, baik makro seperti nitrogen (N), fosfor (P),

dan kalium (K), maupun mikro seperti tembaga (Cu), besi (Fe), seng (Zn), dan mangan (Mn). Selain itu, kompos juga mengandung senyawa humat yang mampu memperbaiki struktur fisik tanah, meningkatkan kemampuan tanah menahan unsur hara (kapasitas tukar kation), serta mendorong aktivitas mikroorganisme menguntungkan di dalam tanah (Tukasara, 2010). Dengan kandungan tersebut, kompos aerob berperan tidak hanya sebagai sumber nutrisi, tetapi juga sebagai pembenah tanah secara fisik, kimia, dan biologi.

Dalam pembibitan, khususnya tanaman kakao, penambahan kompos aerob ke media tanam sangat membantu dalam menyediakan lingkungan tumbuh yang ideal. Kompos dapat membantu menjaga kelembaban, dan menyediakan nutrisi secara perlahan namun berkelanjutan. Hal ini penting karena fase pembibitan memerlukan media yang seimbang antara ketersediaan hara dan aerasi agar akar dan tunas dapat tumbuh secara optimal. Selain itu, kandungan organik dalam kompos juga membantu meningkatkan populasi mikroba tanah yang berperan dalam pelapukan dan pelarutan hara. Penambahan bahan organik seperti kompos ke dalam media tanam bibit kakao dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, dan rasio berat tunas terhadap akar. Artinya, kompos tidak hanya memperbaiki kandungan nutrisi media, tetapi juga mendukung aktivitas biologis dan pengaturan kelembaban yang penting untuk pertumbuhan tanaman. Dengan begitu, kompos aerob berkontribusi besar dalam meningkatkan kualitas bibit, baik dari segi pertumbuhan vegetatif maupun daya tahan terhadap cekaman lingkungan (Nasamsir, 2014).

#### **2.4 Fungi Mikoriza Arbuskular**

Fungi Mikoriza Arbuskular bersimbiosis mutualisme dengan tanaman di sistem perakaran. FMA membantu penyerapan hara, terutama fosfor, dan meningkatkan toleransi tanaman dalam kondisi lingkungan yang tidak ideal, seperti tanah masam. FMA termasuk dalam divisi *Glomeromycota*, yang terdiri dari berbagai ordo, subordo, famili, dan genus (Prihantoro *et al*, 2023). Menurut klasifikasi Invam (2013), FMA termasuk dalam *phylum Glomeromycota* yang terbagi

menjadi beberapa famili yaitu *Gigasporaceae* (genus *Gigaspora*, *Dentiscutata*, *Cetraspora*, *Racocetra*, dan *Scutellospora*). *Glomeraceae* (genus *Funneliformis*, *Septoglomus*, *Glomus*, *Rhizophagus*). *Pacisporaceae* (genus *Pacispora*). *Acaulosporaceae* (genus *Acaulospora*). *Diversisporaceae* (genus *Diversispora*, *Redeckera*). *Claroideo Glomeraceae* (genus *Claroideoglomus*). *Paraglomeraceae* (genus *Paraglomus*). *Archaeosporaceae* (genus *Archaeospora*). *Ambisporaceae* (genus *Ambispora* dan *Geosiphon*).

Secara umum, mikoriza dapat dibedakan menjadi tiga jenis utama berdasarkan letak kolonisasinya pada akar serta struktur yang dihasilkan, yaitu endomikoriza, ektomikoriza, dan ektendomikoriza (Smith dan Read, 2008). Endomikoriza adalah jenis mikoriza di mana fungsinya masuk ke dalam sel-sel korteks akar tanaman dan membentuk struktur internal seperti *arbuskula* dan *vesikula*. Struktur ini berperan penting dalam mendukung proses pertukaran unsur hara antara fungi dan tanaman inangnya. Jenis mikoriza ini banyak dijumpai pada tanaman di daerah tropis maupun tanaman budidaya seperti padi, jagung, dan kakao. Mikoriza arbuskular merupakan salah satu kelompok utama dari endomikoriza (Smith dan Read, 2008; Brundrett, 2009).

Ektomikoriza adalah tipe mikoriza yang membentuk lapisan atau mantel di permukaan akar tanaman, dengan jaringan hifa yang tumbuh di antara sel-sel akar dan dikenal sebagai jaringan *Hartig*. Tidak seperti endomikoriza, ektomikoriza tidak masuk ke dalam sel akar, melainkan hanya menyebar di ruang antar sel pada korteks akar. Jenis mikoriza ini umumnya ditemukan pada tanaman hutan seperti pohon pinus, ek, dan beberapa jenis kayu keras lainnya (Smith dan Read, 2008; Courty *et al.*, 2010).

Ektendomikoriza adalah jenis mikoriza yang bersifat gabungan antara endomikoriza dan ektomikoriza. Tipe ini memiliki ciri dari keduanya, yaitu fungsinya membentuk lapisan di permukaan akar seperti ektomikoriza, namun juga menembus ke dalam sel akar layaknya endomikoriza. Ektendomikoriza tergolong

langka dan umumnya hanya ditemukan pada tanaman tertentu, misalnya pada anggota famili *Ericaceae* dan *Pinaceae*. Mikoriza jenis ini kerap dijumpai di lingkungan yang ekstrem, seperti tanah yang bersifat asam atau memiliki kandungan hara yang sangat rendah (Peterson *et al.*, 2004; Brundrett, 2009).

FMA memiliki kemampuan membentuk struktur khas seperti arbuskula dan vesikula di jaringan korteks akar. Arbuskula berfungsi sebagai tempat pertukaran unsur hara antara tanaman dan fungi, sementara vesikula berperan sebagai cadangan energi bagi fungi. FMA dapat ditemukan pada berbagai jenis tanaman, termasuk tanaman perkebunan seperti kakao dan keberadaannya sangat berpengaruh terhadap peningkatan kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman sejak fase pembibitan (Hanafiah *et al.*, 2017).

Peran utama FMA dalam media tanam adalah membantu tanaman menyerap unsur hara, khususnya fosfor (P), yang umumnya tidak mudah tersedia dalam bentuk yang larut di tanah. Melalui hifa eksternal yang tumbuh ke luar dari akar, FMA mampu menjangkau area tanah yang lebih luas dan mengeluarkan enzim seperti fosfatase untuk melarutkan senyawa fosfat, sehingga fosfor lebih mudah diserap oleh tanaman. Selain fosfor, FMA juga membantu dalam penyerapan unsur mikro seperti seng (Zn), tembaga (Cu), dan mangan (Mn), yang penting bagi berbagai proses fisiologis tanaman. Menurut Pratiwi *et al.* (2020), aplikasi FMA pada tanaman jagung mampu meningkatkan kandungan fosfor dalam jaringan tanaman hingga 35% dibandingkan tanaman yang tidak diinokulasi FMA.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat**

Penelitian ini dilaksanakan di Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai dari bulan Juni 2025 sampai dengan bulan November 2025.

#### **3.2 Alat dan bahan**

Alat-alat yang digunakan yaitu *polysheet*, ember, gembor, polybag 15 cm x 15 cm, polybag 20 cm x 25 cm, nampan plastik, bak plastik, timbangan, gayung, cangkul, gelas ukur 50ml, gelas ukur 250 ml, penggaris, spidol, jangka sorong, *Leaf Area Meter*, oven, *SPAD Chlorophyll Meter*, mikroskop stereo dan majemuk, *waterbath*, pinset spora, cawan petri, saringan mikro, mikropipet, gelas ukur, cover glass, kaca preparat, alat tulis, dan kamera.

Bahan-bahan yang digunakan yaitu benih kakao klon MCC02 yang berasal dari Desa Air Naningan, Kabupaten tanggamus, tanah topsoil ultisol, abu gosok, kompos aerob (dengan bahan daun kering, hijauan, kulit kopi, serbuk kayu, pupuk kandang), air, larutan KOH 10%, HCl 1%, glycerol, tinta, cuka dan inokulum FMA dari Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan Universitas Lampung.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian ini menggunakan rancangan faktorial (2 x 2). Faktor pertama adalah perlakuan kompos aerob 2:1 yang terdapat 2 taraf yaitu tanpa kompos (-K) dan aplikasi kompos (+K). Faktor kedua adalah perlakuan FMA yaitu tanpa FMA (-M)

dan aplikasi FMA (+M), sehingga diperoleh 4 kombinasi perlakuan. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 8 kali sehingga terdapat 32 satuan percobaan dan tiap percobaan diwakili oleh satu tanaman. Pengelompokan dilakukan berdasarkan keseragaman bibit kakao (tinggi tanaman) diakhir Pre-Nursery. Data yang diperoleh kemudian diuji homogenitasnya menggunakan Uji Barlett dan diuji keaditifannya dengan Uji Tukey, selanjutnya data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam dan dilanjutkan dengan Uji Beda Nyata Jujur (BNJ) pada taraf alfa 5%. Adapun tata letak percobaan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Tata Letak Percobaan

Kelompok							
1	2	3	4	5	6	7	8
-K +M	+K +M	+K -M	-K -M	-K +M	+K +M	-K -M	+K -M
+K -M	-K -M	-K +M	+K +M	-K -M	+K -M	-K +M	-K -M
+K +M	-K +M	-K -M	+K -M	+K +M	-K -M	+K -M	+K +M
-K -M	+K -M	+K +M	-K +M	+K -M	-K +M	+K +M	-K +M

Keterangan :

- K : Tanpa kompos aerob
- +K : Aplikasi kompos aerob
- M : Tanpa FMA
- +M : Aplikasi FMA

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Penyemaian Benih dan Penyiapan Media Tanam

Proses penyemaian benih kakao diawali dengan pemecahan buah kakao menggunakan pisau. Biji kakao yang digunakan merupakan biji yang berada pada bagian tengah buah. Setelah itu, biji kakao dibersihkan dengan cara dihilangkan lapisan pulp menggunakan abu gosok hingga biji kakao sudah tidak berlendir (lapisannya tidak licin). Kemudian biji kakao dicuci hingga bersih dan ditimbang tiap bijinya untuk dikelompokkan berdasarkan bobot bijinya. Bobot biji kakao yang digunakan pada penelitian ini yaitu sebesar 3,25 gram. Setelah itu, biji kakao

disemai pada media persemaian menggunakan tanah lapisan top soil yang telah diayak menggunakan ayakan berukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Media tanah dihomogenkan kemudian dimasukkan ke dalam polybag ukuran 15 cm x 15 cm. Media tanam disiram secara rutin hingga kadar air merata pada seluruh media sebelum dilakukan penanaman. Selanjutnya dibuat lubang tanam dengan kedalaman 2 cm kemudian ditanam benih kakao yang telah dibersihkan. Benih yang telah ditanam dirawat selama 15 hari dengan perawatan berupa penyiraman secara rutin.

### **3.4.2 Analisis Tanah dan Kompos**

Analisis tanah dan kompos dilakukan untuk mengevaluasi kondisi kimia dan biologi media tanam sebelum dan setelah pemberian perlakuan. Pada analisis kimia tanah, parameter yang diamati meliputi kandungan N, P, K, C-organik, serta kapasitas tukar kation (KTK). Adapun analisis kompos dilakukan dengan mengukur kadar N, P, K, dan C-organik yang terkandung di dalamnya. Di samping analisis kimia, dilakukan pula analisis biologi terhadap tanah dan kompos guna mengetahui populasi mikroorganisme yang terkandung di dalamnya, yang meliputi bakteri, jamur, protozoa, dan nematoda. Sampel tanah dan kompos masing-masing ditimbang sebanyak 1 gram secara terpisah, kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi berpenutup ulir dan ditambahkan akuades hingga volume menjadi 10 ml. Campuran tersebut selanjutnya dihomogenkan hingga tercampur merata. Larutan yang telah homogen kemudian diteteskan pada kaca preparat menggunakan pipet tetes, ditutup dengan kaca penutup, dan diamati menggunakan mikroskop. Pengamatan dilakukan pada perbesaran 100× untuk nematoda, 200× untuk protozoa dan fungi, serta 400× untuk bakteri.

### **3.4.3 Penanaman dan Inokulasi FMA**

Benih kakao yang telah disemai selama 15 hari dipindah tanam (*transplanting*) ke media tanam yang telah disiapkan. Media tanam dengan perlakuan kompos aerob dibuat dengan cara mencampurkan tanah *top soil* dengan kompos aerob dengan perbandingan 2:1 berdasarkan volume, kemudian diaduk secara merata lalu

dimasukan ke dalam polybag ukuran 20 cm x 25 cm. Sedangkan untuk perlakuan tanpa kompos aerob dilakukan dengan cara memindahkan bibit kakao yang telah disemai pada tanah lapisan *top soil* yang telah diayak. Media tanam dipastikan dalam keadaan lembab sebelum dilakukan *transplanting*.

Selanjutnya dikelompokkan bibit kakao dari persemaian berdasarkan tinggi tanaman, lalu dilakukan *transplanting* dengan cara dibuka polybag semai dan ditanam bibit kakao serta tanah dari polybag penyemaian ikut dipindahtanamkan pada polybag pembibitan yang telah disiapkan dengan kedalaman  $\pm 10$  cm. Untuk bibit yang di beri perlakuan FMA, inokulum FMA (*Entrophospora sp.*, *Gigaspora sp.*, *scutellospora sp.*, dan *Glomus sp.*) diinokulasikan sebanyak 25 gram dengan populasi spora sebanyak 653 per bibit kakao. Inokulasi dilakukan dengan cara menebarkan inokulum kedalam lubang tanam serta akar bibit kakao, kemudian ditutup dengan tanah.

#### **3.4.4 Pemeliharaan Tanaman**

Pemeliharaan bibit kakao meliputi penyiraman dan penyiangan gulma. Penyiraman dilakukan setiap sore hari secara teratur dengan volume yang sama untuk setiap tanaman. Sedangkan untuk penyiangan gulma dilakukan secara manual menggunakan tangan. Penyiangan gulma dilakukan jika terdapat gulma yang tumbuh di dalam polybag media tanam bibit kakao. Selain itu, tidak diaplikasikan pupuk anorganik selama masa penelitian.

#### **3.4.5 Akhir Penelitian**

Penelitian diakhiri ketika bibit kakao mencapai usia 5 bulan setelah perlakuan diberikan. Bibit kemudian dikeluarkan dari polybag, dipisahkan dari media tanam, dan dibersihkan menggunakan air yang mengalir. Selanjutnya, bibit kakao diamati berdasarkan variabel pengamatan yang telah ditetapkan.

### **3.5 Variabel Pengamatan**

Variabel yang diamati untuk menguji kebenaran kerangka pemikiran serta hipotesis yang telah dirumuskan, adalah sebagai berikut:

#### **3.5.1 Tinggi Tanaman**

Tinggi tanaman bibit kakao diukur dari permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi (titik tumbuh). Pengukuran dilakukan menggunakan meteran dengan satuan sentimeter (cm). Pengamatan dilakukan pada akhir penelitian.

#### **3.5.2 Jumlah Daun**

Jumlah daun pada bibit kakao dihitung dengan cara menjumlahkan seluruh daun yang telah terbuka sempurna pada setiap tanaman. Pengamatan dilakukan secara langsung dengan menghitung satu per satu daun yang tampak utuh dan berkembang penuh, tanpa memperhitungkan daun yang masih menggulung atau belum membuka secara sempurna. Pengamatan dilakukan pada akhir penelitian.

#### **3.5.3 Diameter Batang**

Diameter batang pada bibit kakao dihitung dengan cara mengukur bagian batang utama yang berada sekitar 1–2 cm di atas permukaan media tanam. Pengukuran dilakukan menggunakan jangka sorong (kaliper) agar hasilnya lebih akurat. Nilai diameter dicatat dalam satuan milimeter (mm). Pengamatan dilakukan pada akhir penelitian.

#### **3.5.4 Tingkat Kehijauan Daun**

Tingkat kehijauan daun diukur menggunakan alat *Soil Plant Analysis Development* (SPAD). Pengukuran dilakukan pada daun ketiga, dengan tiga titik pengukuran yaitu di bagian pangkal, tengah, dan ujung daun. Sebelum pengukuran, daun dibersihkan terlebih dahulu menggunakan tisu, kemudian dijepitkan pada alat SPAD. Pengamatan dilakukan pada akhir penelitian.

### **3.5.5 Total Luas Daun**

Luas daun diukur pada akhir penelitian menggunakan alat *Leaf Area Meter* (LAM). Pengukuran dilakukan dengan memotong daun hingga ke bagian pangkal, kemudian dibersihkan. Setelah bersih, daun diletakkan pada alat LAM untuk memperoleh data luas daun yang dinyatakan dalam satuan sentimeter persegi (cm<sup>2</sup>).

### **3.5.6 Panjang Akar Tunggang**

Pengukuran panjang akar dilakukan pada akhir penelitian dengan membersihkan akar dari media tanam terlebih dahulu. Setelah itu, panjang akar tunggang diukur menggunakan meteran dalam satuan sentimeter (cm).

### **3.5.7 Volume Akar**

Pengukuran volume akar pada bibit kakao dilakukan dengan metode perpindahan air. Akar yang telah dibersihkan dimasukkan ke dalam gelas ukur berisi air dengan volume awal yang telah diketahui. Perbedaan antara volume air sebelum dan setelah akar dimasukkan menunjukkan volume akar, yang dinyatakan dalam mililiter (ml). Pengukuran ini dilakukan pada akhir penelitian untuk menilai pertumbuhan akar tanaman.

### **3.5.8 Bobot Segar dan Kering Akar**

Bobot segar akar diukur pada akhir penelitian dengan membersihkan akar dari sisa media tanam menggunakan air mengalir, kemudian dikeringkan permukaannya dengan tisu. Setelah itu, akar ditimbang menggunakan timbangan analitik dan hasilnya dicatat dalam satuan gram.

Setelah memasukkan bobot segar akar, selanjutnya akar dimasukkan ke dalam amplop coklat dan dikeringkan dalam oven pada suhu 70°C hingga beratnya stabil. Setelah kering, akar ditimbang menggunakan timbangan analitik dan hasilnya dicatat dalam satuan gram.

### 3.5.9 Bobot Segar dan Kering Tajuk

Bobot segar tajuk diukur pada akhir penelitian dengan cara memisahkan bagian tajuk tanaman, yaitu batang dan daun, dari bagian akar. Setelah itu, tajuk dibersihkan dari kotoran atau sisa media tanam, kemudian langsung ditimbang menggunakan timbangan analitik. Hasil penimbangan dicatat sebagai bobot segar tajuk dan dinyatakan dalam satuan gram (g). Selanjutnya, bagian tajuk dikeringkan dalam oven pada suhu sekitar 70°C hingga beratnya tidak berubah lagi. Selanjutnya, bagian tajuk yang telah kering ditimbang kembali menggunakan timbangan analitik, dan hasilnya dicatat dalam satuan gram (g).

### 3.5.10 Persentase Kolonisasi Akar oleh FMA

Beberapa akar sekunder dan tersier diambil secara acak dari setiap perlakuan ( $\pm 2$  gram), lalu dicuci hingga benar-benar bersih. Setelah itu, akar dimasukkan ke dalam botol film dan diberi larutan KOH 10% hingga seluruh bagian akar terendam. Botol film yang telah berisi akar kemudian dipanaskan menggunakan *waterbath* pada suhu 70°C selama 30 menit. Setelah proses ini, akar dibilas kembali hingga bersih dan direndam dalam larutan HCl 1%, lalu dikukus lagi di *waterbath* bersuhu sama selama 15 menit. Selanjutnya, akar direndam dalam larutan tinta pewarna dan dikukus sekali lagi selama 10 menit. Setelah pewarnaan selesai, akar dipotong sepanjang 2 cm dan disusun pada kaca preparat, lalu diamati menggunakan mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Keberadaan FMA dalam akar dikenali melalui munculnya struktur khas seperti hifa internal, arbuskula, vesikula, atau spora. Penghitungan persentase kolonisasi akar menggunakan metode panjang akar terkolonisasi (*slide*) menurut Giovannetti dan Mosse (1980). Rumus penghitungan persentase kolonisasi akar adalah sebagai berikut :

$$\% \text{ Kolonisasi FMA} = \frac{\sum \text{bidang pandang akar yang terinfeksi (+)}}{\sum \text{bidang pandang akar keseluruhan}} \times 100\%$$

## **V. KESIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Kesimpulan**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah diperoleh dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi kompos aerob dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02 melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah daun, diameter batang, tingkat kehijauan daun, total luas daun, bobot segar tajuk, dan bobot kering tajuk.
2. Aplikasi FMA secara umum belum meningkatkan pertumbuhan bibit kakao klon MCC02, namun berpengaruh nyata terhadap diameter batang, volume akar, bobot kering tajuk, bobot segar akar, dan persen kolonisasi akar.
3. Respon bibit kakao klon MCC02 terhadap aplikasi FMA secara umum tidak dipengaruhi oleh aplikasi kompos aerob, kecuali pada variabel tinggi tanaman.
4. Tidak terdapat kombinasi perlakuan terbaik antara kompos aerob dan FMA terhadap pertumbuhan bibit kakao klon MCC02, karena tidak terjadi interaksi pada sebagian besar variabel pengamatan.

### **5.2 Saran**

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan untuk penelitian selanjutnya dilakukan dengan memperlama waktu penelitian. Hal ini dikarenakan proses kolonisasi FMA belum berlangsung secara optimal selama penelitian ini, sehingga pengaruh FMA baru terlihat pada

beberapa parameter pertumbuhan. Dengan memperlama waktu penelitian, diharapkan kolonisasi FMA dapat berlangsung lebih optimal sehingga pengaruhnya dapat terlihat pada seluruh parameter pertumbuhan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Ajijah, N. and Hartati, R. S. 2019. Primary and secondary somatic embryogenesis of cacao: The effect of explant types and plant growth regulators. *Indonesian Journal of Agricultural Science*. 20(2): 69-76.
- 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.
- Armansyah, Herawati, N., dan Kristina, N. 2019. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) di rizosfer tanaman bengkuang (*Pachyrizhus erosus* L.) pada berbagai tipe rotasi pertanaman. *Jurnal Agroteknologi Universitas Andalas*. 3(10): 8-14.
- Ariani, D., Prasetyo, B. E., dan Sari, E. 2020. Peran mikoriza arbuskular dalam meningkatkan serapan fosfor dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 17(2): 87-95.
- Bachtiar, R. A., Rifki, M., Nurhayat, Y. R., Wulandari, S., Kutsiadi, R. A., Hanifa, A., dan Cahyadi, M. 2018. Komposisi unsur hara kompos yang dibuat dengan bantuan agen dekomposer limbah bioetanol pada level yang berbeda. *Sains Peternakan*. 16(2): 63-72.
- Badan Pusat Statistik. 2024. *Statistik Perkebunan Indonesia: Kakao 2023-2025*. BPS RI. Jakarta.
- Baptista, P., Tavares, R. M., and Lino, N. T. 2011. Signaling in ectomycorrhizal symbiosis establishment. In: Rai M, Varma A. (eds) diversity and biotechnology of ectomycorrhizae. *Soil Biology*. 25: 157-175.
- Balitri. 2021. *Deskripsi Klon-Klon Unggul Kakao*. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar.
- Balai Penelitian Tanah. 2005. *Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Basri, A. H. H. 2018. Kajian peranan mikoriza dalam bidang pertanian. *Agrica Ekstensia*. 12(2): 74-78.

- Berliana, V. C. 2025. *Pengaruh Aplikasi Kompos Aerob dan Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) Terhadap Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Pre Nuseri* [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Bonfante, P., and Requena, N. 2011. Dating in the dark: How roots respond to fungal signals in the soil. *Trends in Plant Science*. 16(2): 104–110.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T., and Malajczuk, N. 1996. *Working with mycorrhizas in forestry and agriculture*. Australian Centre for International Agricultural Research (ACIAR), Monograph 32.
- Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal associations and other means of nutrition of vascular plants: Understanding the global diversity of host plants by resolving conflicting information and developing reliable means of diagnosis. *Plant and Soil*. 320(1-2): 37-77.
- Courty, P. E., Buee, M., Diedhiou, A. G., Frey-Klett, P., Le Tacon, F., Rineau, F., and Garbaye, J. 2010 The role of ectomycorrhizal communities in forest ecosystem processes: New perspectives and emerging concepts. *Soil Biology and Biochemistry*. 42(5): 679-698.
- Chandrasekaran, M. 2022. Arbuscular mycorrhizal fungi mediated enhanced biomass, root morphological traits and nutrient uptake under drought stress: A meta-analysis. *Journal Fungi*. 8(660): 2-12.
- Cruz, A. F., T. Ishii, and K. Kadoya. 2000. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on tree growth, leaf water potential, and levels of 1- aminocyclopropane-1 carboxylic acid and ethylene in the roots of papaya under water stress conditions. *Mycorrhiza Journal*. 10(3): 121-123.
- Destiasari, A., Sumiyati, S., dan Istirokhatun, T. 2024. Review metode kompos aerob: Windrow, Takakura dan composter bag. *Jurnal Ilmu Lingkungan*. 22(2): 355–364.
- Ferris, H. 2010. Contribution of nematodes to the structure and function of the soil food web. *Journal of Nematology*. 42(1): 63-67.
- Fukami, J., Cerezini, P., and Hungria, M. 2018. Azospirillum: Benefits that go far beyond biological nitrogen fixation. *AMB Express*. 8(73): 2-12.
- Ghosh, S., Das, A., and Saha, S. 2020. Soil microorganisms and their role in nutrient cycling: A review. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 9(2): 2304–2315.
- Giovannetti, M. and B. Mosse. 1980. An evaluation of techniques for measuring vesicular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*. 84: 489 – 500.

- Gianinazzi-Pearson, V. and Gianinazzi, S. 1983. The physiology of vesicular arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil*. 71: 197–209.
- Gutjahr, C., and Parniske, M. 2013. Cell biology: control of partner lifetime in a plant-fungus relationship. *Current Biology*. 23(11): 432–435.
- Hanafiah, D. S., Simanjuntak, S., dan Rahayu, N. 2017. Mikoriza dan perannya dalam menunjang keseimbangan ekosistem tanah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(1): 52–59.
- Hansen, I. J., Nelvia., dan Amri, A. I. 2017. Pengaruh pemberian dosis kompos kulit buah kakao dan dolomit terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) di media ultisol. *Jurnal Agroteknologi*. 8(1): 29-34.
- Hajoeningtjas, O. W. 2012. *Mikrobiologi Pertanian*. Graha Ilmu Yogyakarta. Yogyakarta.
- Harefa, L., dan Lase, N. K. 2024. Kajian peran mikroorganisme tanah dalam pertanian berkelanjutan. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(2): 150-155.
- Hidayati, N., dan Iriany, N. 2018. Pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan dan serapan hara fosfor tanaman jagung pada tanah marginal. *Jurnal Agroekoteknologi*. 6(4): 304–311.
- Hou, Y., Hu, X., Yan, W., Zhang, S., and Niu, L. 2013. Effect of organik fertilizers used in sandy soil on the growth of tomatoes. *Agricultural Sciences*. 4(5): 31-34.
- Ho, T. T. K., Tra, V. T., Le, T. H., Ngunyen, N. K. Q., Tran, C. S., Ngunyen, P. T., Vo, T. D. H., Thai, V. N., and Bui, X. T. 2022. Compost to improve sustainable soil cultivation and crop productivity. *Case Studies in Chemical and Environmental Engineering*. 6: 1-11.
- ICCRI. 2014. *Klon MCC 02 SK Mentan No. 1082/Kpts/SR.120/10/2014*. Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia.
- Invam. 2013. *Classification of glomeromycota*. Diakses pada tanggal 10 Juni 2025. <https://invam.ku.edu/classification>.
- Kawalekar, J. S. 2013. Role of biofertilizers and biopesticides for sustainable agriculture. *Jornal Bio Innov*. 2: 73–78.
- Kaschuk, G., Kuyper, T.W., Leffelaar, P.A., Hungria, M., and Giller, K.E. 2009. Are the rates of photosynthesis stimulated by the carbon sink strength of arbuscular mycorrhizal fungi. *Soil Biology and Biochemistry*. 41(6): 1233-1244.

- Khairuna, K., Syafruddin, S., dan Marlina, M. 2014. Pengaruh fungi mikoriza arbuskular dan kompos pada tanaman kedelai terhadap sifat kimia tanah. *Jurnal Floratek*. 10(1): 45–52.
- Kinanti, D. 2025. *Aplikasi Kompos Aerob Untuk Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Kakao (Theobroma cacao L.) Klon MCC 02 di Pembibitan* [Skripsi]. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Kementerian Pertanian. 2024. *Outlook Komoditas Perkebunan: Kakao 2024*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian, Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Kementerian Pertanian. 2018. *Modul pelatihan teknis sistematika, morfologi tanaman kakao*. Badan Penyuluhan dan Pengembangan SDM Pertanian.
- Kurniawan, T., Rosmalinda., dan Maharani, V. K. 2024. Pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) akibat pemberian kompos ampas kelapa di media podsolik merah kuning. *Journal of Agro Plantation*. 3(2): 299-305.
- Lakitan, B. 1996. *Dasar-dasar fisiologi tanaman: Pertumbuhan, perkembangan, dan hasil*. IPB Press. Jakarta.
- Lhaj, M. O., Moussadek, R., Zouahri, A., Sanad, H., Saafadi, L., Alaoui, M. M., and Mouhir, L. 2024. Sustainable agriculture through agricultural waste management: a comprehensive review of composting's impact on soil health in Moroccan agricultural ecosystems. *Journal Agriculture*. 14: 2-20.
- Mangungsong, A., Soemarsono, dan Zudri, F. 2019. Pemanfaatan mikroba tanah dalam pembuatan pupuk organik serta peranannya terhadap tanah alluvial dan pertumbuhan bibit tanaman kakao. *Jurnal Agronomi Indonesia*. 47(3): 318–325.
- Marsono dan Sigit. 2005. *Pupuk Organik dan Pengaruhnya terhadap Tanah dan Tanaman*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Meryandini, A. W., Widosari, B., Maranatha, T. C., Sunarti, N., Rachmania, H., dan Satria. 2009. Isolasi bakteri selulolitik dan karakterisasi enzimnya. *Makara Sains*. 13: 33-38.
- Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4): 154-158.
- Nursanti, I., Nasamsir, N., dan Supriyanto, R. 2018. Pengaruh pemberian pupuk kompos solid terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao L.*) di polibag. *Jurnal Media Pertanian*. 2(1): 1–8.

- Nurhadiah., Sukasih, N. S., Tri, F. X., dan Putranti, M. Y. 2022. Aplikasi kompos tandan kosong kelapa sawit terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) sambung pucuk. *Jurnal PIPER*. 18(1): 20-24.
- Panhwar, Q. A., Radziah, O., Zaharah, A. R., Sariah, M., and Razi, I. M. 2022. Role of soil microbes in nutrient cycling and crop production. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*. 185(3): 389–402.
- Pratiwi, I., Sari, R. L., dan Wibowo, A. 2020. Efisiensi penyerapan fosfor oleh fungi mikoriza arbuskular pada tanaman jagung. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 8(2): 45–51.
- Prasetyo, B. U., dan Nurdiana, J. 2018. Evaluasi pembuatan kompos organik dengan menggunakan metode hot composting. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 2(1): 1–8.
- Peterson, R. L., Massicotte, H. B., and Melville, L. H. 2004. *Mycorrhizas: Anatomy Cell Biology*. NRC Research Press.
- Prihantoro, I., Soewondo, P. D. M. H. K., 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 (JIPI)*. 28(3): 377–385.
- Rahmayanti, A. Y., Rini, M. V., Arif, M. A. S., dan Yusnaini, S. 2013. Pengaruh pemberian fungi mikoriza arbuskular dan kompos kulit buah kakao pada pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 1(2): 121-127.
- Rajab, M., Kusnayadi, H., dan Ayu, I. W. 2023. Respon pemberian pupuk kompos hayati dan pupuk silikat cair terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.) varietas gajah di lahan sawah irigasi. *Jurnal Agroteknologi Universitas Samawa*. 3(2): 39-54.
- Rillig, M. C., and Mummey, D. L. 2006. Mycorrhizas and soil structure. *New Phytologist*. 171(1): 41–53.
- Rini, M. V., Pertiwi, K. O., dan Saputra, H. 2017. Seleksi lima isolate fungi mikoriza arbuskular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5(3): 138–143.
- Sari, N., Syukur, M., dan Hidayat, T. 2020. Interaksi kompos dan mikoriza terhadap pertumbuhan bibit tanaman perkebunan. *Jurnal Pertanian Nusantara*. 12(1): 31–38.
- Sari, A., Noli, Z. A., dan Suwirnen. 2016. Pertumbuhan bibit surian (*Toona sinensis* (Juss.) M. Roem) yang diinokulasi mikoriza pada media tanam tanah ultisol. *AlKauniyah Jurnal Biologi*. 9(1): 1-9.

- Sarwari, A., Abdieva, G. Z., Hassand, M. H., Kakar, U. M., and Niazi, P. 2024. Role of microbial communities in compost and plant growth: structure and function. *European Journal of Theoretical and Applied Sciences*. 2(2): 23-37.
- Sasmita, M. W. S., Nurhatika, S., dan Muhibuddin, A. 2019. Pengaruh dosis mikoriza arbuskular pada media AMB-P0K terhadap pertumbuhan tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* var. *Somporis*). *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 8(2): E43-E48.
- Santari, P. T., Amin, M., dan Mulyawan, R. 2021. Perbaikan sifat tanah pada lahan berpasir dengan pemberian pupuk kandang dan pupuk hayati. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal*. 854-862. Universitas Sriwijaya.
- Simamora, J., Sari, S., dan Yanti, H. 2021. Pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) pada media tanam yang berbeda. *Jurnal Agrotek Tropika*. 9(3): 112–119.
- Sinabariba, A., Banlonggu, S., dan Sanggam, S. 2013. Respons pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) terhadap pemberian kompos blotong dan pupuk NPKMg pada media subsoil ultisol. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 1(3): 689-701.
- Siregar, T. H. S., Riyadi, S., dan Nuraeni, L. 2021. *Panduan Praktis Budidaya Kakao*. Penebar Swadaya, Jakarta.
- Siregar, H. S., Simanjuntak, P., dan Lubis, I. 2021. Karakteristik morfologi dan fisiologi tanaman kakao. *Jurnal Ilmu Pertanian Tropis*. 6(2): 67–74.
- Smith, S. E., and Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis (3rd ed.)*. Academic Press.
- Sulastris, E., Marlina, E., dan Syafrida, D. 2021. Peran mikoriza terhadap penyerapan fosfor dan pertumbuhan tanaman kedelai pada tanah marginal. *Jurnal Agroteknologi*. 12(2): 88–95.
- Sutedjo, M. M. 2002. *Pemupukan dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta.
- Tukasara. 2010. *Formulasi dan Aplikasi Pupuk Organik Cair POC NAP*. PT. Suba Indah.
- Triyani, U., dan Hafsan. 2021. *Mengungkap Misteri Interaksi Antara Mikroba dan Tanaman*. Alauddin University Press. Makassar.
- Widyastuti. 2021. Pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) pada berbagai media tanam. *Jurnal Agroindustri Perkebunan*. 9(2): 109-118.

- Wijaya, M., Syam, H., Wiharto, M., dan Jumardi. 2022. *Kakao: Sejarah, Budidaya, Panen, Potensi dan Produk*. Deepublish.
- Wisnubroto, M. P., Armansyah., 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. *Agricultural Journal*. 6(3): 771-782.
- Wulandari, N. A., Hidayati, N., dan Prasetyo, B. 2020. Pengaruh mikoriza terhadap ketahanan tanaman terhadap kekeringan. *Jurnal Biologi Tropis*. 20(1): 45–51.
- Yuliani, R. dan Arifin, B. 2019. Pengaruh mikoriza terhadap pertumbuhan bibit kakao (*Theobroma cacao* L.) di media tanam organik. *Jurnal Penelitian Tanaman Industri*. 25(2): 89–96.
- Zhou, W., Han, G., Liu, M., Zeng, J., Liang, B., Liu, J., and Qu, R. 2020. Determining the distribution and interaction of soil organic carbon, nitrogen, pH and texture in soil profiles : A case study in the Lancangjiang River Basin, Southwest China. *Forest*. 11(532): 1-13.
- Zukni, A., Hunaepi., dan Taufik, S. 2013. Analisis kandungan unsur NPK dalam kompos organik limbah jamur dengan aktivator ampas tahu. *Jurnal Ilmiah Biologi Bioscientist*. 1(2): 145–153.