

**PERBAIKAN MUTU BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
MELALUI INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
DAN BEBERAPA TARAF DOSIS PUPUK
MAJEMUK (MAKRO DAN MIKRO)**

(Skripsi)

Oleh

MASNUR PERMATA YANSYAH



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PERBAIKAN MUTU BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) MELALUI INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN BEBERAPA TARAF DOSIS PUPUK MAJEMUK (MAKRO DAN MIKRO)

Oleh

MASNUR PERMATA YANSYAH

Terbatasnya lahan yang subur, menyebabkan pengembangan kelapa sawit dilakukan pada lahan marginal. Pemupukan majemuk (makro dan mikro) bagi tanaman adalah cara untuk mengatasi kendala ketersediaan unsur hara di lahan marginal, akan tetapi hal ini masih kurang mendukung karena sifat tanah marginal juga mampu menjerap unsur hara mikro dan makro. Untuk mengatasi hal tersebut diperlukan teknologi yang mampu meningkatkan efisiensi pemupukan, salah satu teknologi itu adalah penggunaan fungi mikoriza arbuskular (FMA). FMA mampu meningkatkan efisiensi pemupukan dengan cara memperluas jangkauan akar.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan : (1) apakah inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit, (2) Dosis pupuk majemuk yang terbaik untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit, (3) Apakah pertumbuhan bibit

terhadap pemberian FMA dipengaruhi oleh pupuk majemuk, dan (4) dosis pupuk majemuk terbaik untuk penggunaan FMA dan tanpa FMA.

Rancangan perlakuan yang digunakan adalah faktorial (2 x 5) dengan 4 ulangan. Faktor pertama adalah inokulasi mikoriza (M). Faktor kedua adalah dosis pupuk majemuk (F) Perlakuan diterapkan pada setiap satuan percobaan menurut rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS). Pemisahan nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) 5 %.

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa respon bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA ditentukan oleh dosis pupuk majemuk yang didukung oleh data tinggi tanaman, luas daun, bobot basah tajuk, dan bobot kering tajuk. Dosis pupuk majemuk terbaik pada bibit yang diinokulasikan dengan FMA adalah 500 mg/polibag, sedangkan dosis pupuk terbaik untuk bibit tanpa FMA adalah 1.000 mg/polibag.

Kata Kunci : *Elaeis guineensis* Jacq., Fungi Mikoriza Arbuskular
Pertumbuhan, Pupuk Majemuk.

**PERBAIKAN MUTU BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)
MELALUI INOKULASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR
DAN BEBERAPA TARAF DOSIS PUPUK
MAJEMUK (MAKRO DAN MIKRO)**

Oleh

MASNUR PERMATA YANSYAH

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

Pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

Judul Skripsi : **PERBAIKAN MUTU BIBIT KELAPA SAWIT
(*Elaeis guineensis* Jacq.) MELALUI
INOKULASI FUNGI MIKORIZAARBUSKULAR
DAN BEBERAPA TARAF DOSIS PUPUK
MAJEMUK (MAKRO DAN MIKRO)**

Nama Mahasiswa : **MASNUR PERMATA YANSYAH**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514121214

Jurusan : Agroteknologi

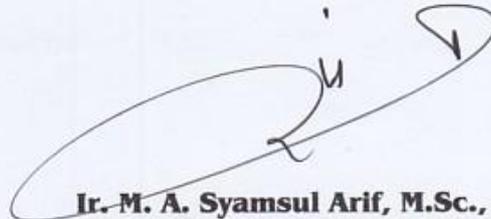
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing,



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



Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.
NIP 196104191985031004

2. Ketua Jurusan Agroteknologi,

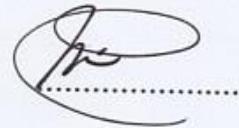


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 196305081988112001

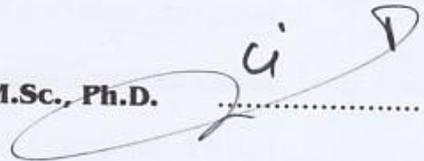
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

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



Sekretaris : **Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.**

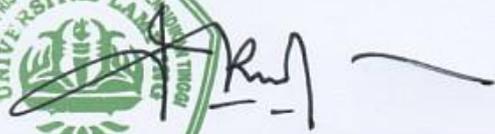


Penguji
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S.**



2. Dekan Fakultas Pertanian




Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP. 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **7 November 2019**

PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Perbaikan Mutu Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.) Melalui Inokulasi Fungi Mikoriza Arbuskular dan Beberapa Taraf Dosis Pupuk Majemuk (Makro dan Mikro)” merupakan hasil karya saya 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, 12 Desember 2019
Penulis,



Masnur Permata Yansyah
NPM 1514121214

RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Tanjung Karang, pada tanggal 04 Februari 1998. Penulis merupakan anak pertama dari lima bersaudara dari pasangan Bapak Wagino dan Ibu Suprapti. Penulis menjalani pendidikan dasar di SDN Negara Bumi (2003 -2006), SDN 2 Sumberejo (2006-2009), dan

melanjutkan pendidikan menengah pertama di SMPN 13 Bandar Lampung (2009-2012). Pendidikan menengah atas ditempuh di SMAN 14 Bandar Lampung (2012-2015). Penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) 2015.

Selama menjadi mahasiswa penulis pernah bergabung dalam Unit Kegiatan Mahasiswa Fakultas Forum Studi Islam sebagai Ketua Biro Bimbingan Baca Quran Fakultas Pertanian pada 2017. Penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Agama Islam (2017), Pembibitan Kelapa Sawit (2018), dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit (2019). Pada 2018, penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Oil Palm Research Topaz (Asian Agri) - Riau. Pada 2018, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tunas Asri, Kecamatan Tulang Bawang Tengah, Kabupaten Tulang Bawang Barat.

Alhamdulillah rabbilamin.

Skripsi ini kupersembahkan untuk kedua orang tuaku tersayang yang selalu mendoakan, memotivasi dan mendukung anak-anaknya.

“Apabila anak adam meninggal terputuslah segala amalannya, kecuali tiga perkara; sadaqah jariyah, ilmu yang bermanfaat, dan doa anak yang sholeh”
(H. R. Muslim)

“You control the food you control the people, you control energy you control the country”
(Henry Kissinger)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT yang telah memberikan rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dalam proses penyelesaian skripsi ini penulis telah banyak dibantu oleh berbagai pihak, oleh karena itu pada kesempatan ini mengucapkan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
2. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung;
3. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc. selaku Pembimbing Utama dan Pembimbing Akademik, atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, nasehat, arahan dan kritik serta saran selama proses perkuliahan, penelitian dan proses penyelesaian skripsi;
4. Bapak Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D. selaku Pembimbing Kedua, atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, nasehat, arahan dan kritik serta saran selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi;

5. Bapak Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S. selaku Penguji, atas kesediaannya untuk memberikan bimbingan, motivasi, arahan dan kritik serta saran selama penelitian dan proses penyelesaian skripsi;
6. Ayah, ibu dan saudaraku, Intan, Aras, Malik, dan Nurra, yang selalu memberikan doa, motivasi, dan inspirasi kepada penulis;
7. Khusmayudi, Suyadi, Anding Oktaviani, Endah Susilowati, Pujono Halim Rachmawan, Haitomi, dan Novi Santika yang senantiasa memberikan bantuan dan pengalaman;
8. Staf Laboratorium Produksi Tanaman Perkebunan, Mba Anggun, Mba Retta, Mba Novri, dan Mas Ahmad yang senantiasa memberikan bantuan;
9. Agroteknologi Kelas D 2015, D3 Perkebunan 2016, Alumni FOSI 2017, dan Alumni Rohis 2013 atas dukungan dan doa yang telah diberikan.

Semoga Allah SWT memberikan balasan terhadap semua kebaikan serta kemurahan hati yang telah dilakukan, dan semoga skripsi ini dapat bermanfaat.

Bandar Lampung, 7 November 2019

Penulis

Masnur Permata Yansyah

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan	5
1.3 Landasan Teori.....	6
1.4 Kerangka Pemikiran.....	12
1.5 Hipotesis	17
II. TINJAUAN PUSTAKA	18
2.1 Tanaman Kelapa Sawit	18
2.2 Klasifikasi dan Morfologi Kelapa Sawit.....	19
2.3 Syarat Tumbuh.....	21
2.4 Jenis-jenis Kelapa Sawit	22
2.5 Fungi Mikoriza Arbuskular.....	23
2.5.1 Kelompok Mikoriza.....	23
2.5.2 Morfologi FMA	24
2.5.3 Fakto-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan FMA....	25
2.6 Pupuk Majemuk (Makro dan Mikro).....	26
2.7 Standar Mutu Bibit Kelapa Sawit	28
III. BAHAN DAN METODE	29
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	29

	Halaman
3.2 Bahan dan Alat.....	29
3.3 Metode Penelitian	30
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	31
3.4.1 Penyemaian Benih.....	31
3.4.2 Penanaman di <i>Pre-nursery</i> serta Inokulasi Mikoriza	31
3.4.3 Penanaman di <i>Main Nursery</i> serta Pemupukan Majemuk ..	32
3.4.4 Pemeliharaan	35
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	39
4.1 Hasil	39
4.1.1 Infeksi Akar	40
4.1.2 Volume Akar	41
4.1.3 Jumlah Daun	42
4.1.4 Tinggi Tanaman.....	42
4.1.5 Luas Daun.....	44
4.1.6 Bobot Basah Tajuk	45
4.1.7 Bobot Kering Tajuk.....	46
4.1.8 Bobot Basah Akar.....	47
4.1.9 Bobot Kering Akar	47
4.2 Pembahasan.....	48
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	56
5.2 Simpulan	56
5.1 Saran	56
DAFTAR PUSTAKA	57
LAMPIRAN.....	61

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Standar mutu bibit kelapa sawit	28
2. Jenis dan dosis yang digunakan di pembibitan <i>pre-nursery</i> dan <i>main-nursery</i>	36
3. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian pertumbuhan bibit kelapa sawit melalui inokulasi FMA dan beberapa taraf dosis pupuk majemuk.....	39
4. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada infeksi akar bibit kelapa sawit	40
5. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada volume akar bibit kelapa sawit	41
6. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada jumlah daun bibit kelapa sawit	42
7. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada tinggi tanaman kelapa sawit	43
8. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada luas daun bibit kelapa sawit	44
9. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada bobot basah tajuk bibit kelapa sawit	45
10. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada bobot kering tajuk bibit kelapa sawit	46
11. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada bobot basah akar bibit kelapa sawit	47
12. Pengaruh inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk pada bobot kering akar bibit kelapa sawit	48

13. Analisis ragam infeksi akar bibit kelapa sawit umur 8 bulan	62
14. Analisis ragam volume akar bibit kelapa sawit umur 8 bulan	62
15. Analisis ragam jumlah daun akar bibit kelapa sawit umur 8 bulan	63
16. Analisis ragam tinggi tanaman bibit kelapa sawit umur 8 bulan	63
17. Analisis ragam luas daun bibit kelapa sawit umur 8 bulan.....	64
18. Analisis ragam bobot basah tajuk bibit kelapa sawit umur 8 bulan.....	64
19. Analisis ragam bobot kering tajuk bibit kelapa sawit umur 8 bulan....	65
20. Analisis ragam bobot basah akar bibit kelapa sawit umur 8 bulan.....	65
21. Analisis ragam bobot kering akar bibit kelapa sawit umur 8 bulan.....	66

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA dan beberapa taraf dosis pupuk majemuk...	16
2. Skema inokulasi FMA ke bibit kelapa sawit di pembibitan awal (<i>pre-nursery</i>)	32
3. Tata letak percobaan perbaikan mutu bibit kelapa sawit melalui inokulasi fungi mikoriza arbuskular dan beberapa taraf pupuk majemuk (makro dan mikro) di Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung	34
4. Jaringan akar bibit kelapa sawit	49

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Sektor perkebunan berperan penting bagi sumber pendapatan nasional. Tahun 2015, total ekspor perkebunan mencapai 23,933 USD milyar atau setara dengan Rp 311,138 triliun (asumsi 1 USD = Rp 13.000). Peningkatan sektor perkebunan diharapkan mampu memberi pengaruh terhadap perekonomian nasional serta memperkuat pembangunan sektor perkebunan secara menyeluruh (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016). Hal ini juga yang membuat pemerintah serius untuk mengembangkan sektor perkebunan. Salah satu komoditas perkebunan yang dikembangkan ialah kelapa sawit.

Kelapa sawit merupakan komoditas yang saat ini masih terus dikembangkan. Tahun 2012 total luas areal tanam kelapa sawit mencapai 9.572.715 ha, luas areal ini terus meningkat sampai pada tahun 2016 total areal tanam kelapa sawit mencapai 11.914.499 ha. Seiring dengan meningkatnya areal tanam kelapa sawit, produksi minyak kelapa sawit juga meningkat. Tahun 2014 produksi minyak mentah kelapa sawit atau *Crude Palm Oil* (CPO) adalah 22,80 juta ton dengan luas areal tanam 10,7 juta ha dan meningkat pada tahun 2016 menjadi 24,1 juta ton CPO dengan luas areal tanam 11,9 juta ha, sehingga hal ini yang

menyebabkan Indonesia menjadi negara produsen terbesar di dunia (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016).

Keterbatasan lahan yang subur serta biaya pemupukan yang tinggi menjadi permasalahan dalam pengembangan kelapa sawit di Indonesia. Pengembangan kelapa sawit diarahkan untuk memanfaatkan lahan marginal yang memiliki potensi luasan lahan yang besar. Tanah Ultisol dan Oxisol merupakan contoh tanah marginal yang memiliki potensi luasan yang cukup besar di Indonesia (Mulyani *et al*, 2009).

Tanah Ultisol memiliki kandungan C-organik yang rendah, sehingga diperlukan penambahan batuan fosfat sebagai sumber hara fosfor (P). Tanah Ultisol umumnya memiliki tingkat pH yang rendah, hal ini mengakibatkan kejenuhan mineral aluminium (Al) dan besi (Fe) tinggi. Kekurangan fosfat pada tanah Ultisol dapat disebabkan oleh kandungan fosfat dari bahan induk terperap oleh unsur mineral lain misalnya Al dan Fe (Ewin *et al.*,2015). Tanah Oxisol memiliki karakteristik yang tidak jauh berbeda dengan Ultisols. Selain memiliki pH yang rendah serta mineral Al dan Fe yang tinggi, tanah Oxisol memiliki kecenderungan kekurangan unsur hara makro dan mikro (Buol dan Eswaran, 2000).

Selain sulitnya ditemukannya lahan yang subur untuk pengembangan kelapa sawit, produktivitas kelapa sawit Indonesia berupa tandan buah segar juga masih rendah jika dibandingkan beberapa negara penghasil kelapa sawit. Guatemala berada di peringkat pertama dengan tingkat produktivitas mencapai 21,17 ton/ha, diikuti oleh Malaysia (21,06 ton/ha) dan Nikaragua (20,68 ton/ha). Kolombia, Kamerun, dan Thailand berada di peringkat berikutnya dengan produktivitas

kelapa sawit masing-masing sebesar 19,89 ton/ha, 19,14 ton/ha, dan 18,37 ton/ha. Indonesia yang merupakan negara produsen kelapa sawit terbesar di dunia mempunyai tingkat produktivitas rata-rata sebesar 16,99 ton/ha dan menempati urutan ketujuh (Direktorat Jendral Perkebunan, 2016).

Menurut Tasma *et al.* (2013), salah satu hal yang mempengaruhi produktivitas kelapa sawit ialah mutu bibit kelapa sawit. Tahap pembibitan menjadi titik penentu untuk penyediaan bibit yang bermutu, sehingga pada saat dilakukan pembudidayaan di lapangan bibit kelapa sawit mampu tumbuh dengan baik. Bibit yang bermutu dapat diperoleh dengan pemupukan yang tepat melalui peningkatan daya dukung tanah dan efisiensi pelepasan hara untuk pertumbuhan kelapa sawit.

Perbaikan mutu bibit kelapa sawit dapat dilakukan dengan cara memaksimalkan perawatan pada fase pembibitan. Menurut Wulandari dan Susanti (2012), penambahan pupuk dapat memenuhi kebutuhan bibit tanaman, sehingga mampu memberikan peningkatan yang lebih baik dibandingkan dengan perlakuan tidak diberi pupuk. Terpenuhi unsur hara bagi tanaman mampu mengoptimalkan pertumbuhan tanaman tersebut sehingga menghasilkan bibit yang bermutu.

Pemupukan kelapa sawit menjadi salah satu kegiatan perawatan yang mendapat porsi yang besar dalam pembiayaannya. Ketersediaan unsur hara makro dan mikro di tanah marginal yang seringkali mengalami defisiensi dan menjadi masalah bagi pengembangan kelapa sawit khususnya penyediaan bibit yang bermutu. Hal ini karena pemupukan harus dilakukan secara intensif dan dengan dosis yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang subur. Akan tetapi saat ini dikembangkan pemanfaatan mikroorganisme yang bermanfaat misalnya Fungi

Mikoriza Arbuskular (FMA). FMA mampu meningkatkan serapan unsur hara makro khususnya fosfor (P) serta unsur hara mikro (Pacovsky, 1986).

FMA merupakan salah satu fungi menguntungkan yang mampu bersimbiosis dengan akar tanaman. Simbiosisme yang terjadi antara fungi dan akar tersebut akan meningkatkan penyerapan unsur hara makro maupun mikro, sehingga kebutuhan unsur hara bagi tanaman mampu terpenuhi, sebaliknya fungi akan mendapatkan nutrisi dari akar tanaman. Selain mampu meningkatkan penyerapan hara, mikoriza juga mampu memperbaiki struktur tanah melalui adanya hifa mikoriza yang mengikat partikel tanah kemudian membentuk mikroagregat dan makroagregat. Fungsi hifa ini juga memproduksi eksudat berupa glomalin yang berfungsi untuk merekatkan agregat tanah tersebut (Faudy, 2013).

Menurut Husin dan Marlis (2000) yang dikutip oleh Sylvia dan Sukiman (2015), sebagian kebutuhan pupuk dapat digantikan dengan penggunaan inokulum yang tepat. Sebagai contoh penggunaan mikoriza pada tanaman lamtoro dapat menggantikan kira-kira 50% kebutuhan P, 40% kebutuhan nitrogen (N), dan 25% kebutuhan kalium (K). Meningkatnya efisiensi penggunaan pupuk pada tanaman yang telah diinokulasi mikoriza disebabkan oleh memanjangnya dan meluasnya jagkauan akar untuk menyerap unsur hara.

FMA yang diaplikasikan ke bibit tanaman kelapa sawit diharapkan mampu meningkatkan mutu bibit, sehingga penggunaan pupuk anorganik dapat dikurangi. Pengurangan penggunaan pupuk anorganik pada tanaman yang diberi mikoriza diharapkan tidak akan mempengaruhi mutu bibit kelapa sawit. Mikoriza yang telah diaplikasikan pada tahap pembibitan masih dapat berperan dalam

meningkatkan penyerapan unsur hara ketika bibit sudah dipindahkan ke lapangan (*transplanting*). Oleh karena itu penelitian ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh inokulasi mikoriza dan pupuk majemuk (makro dan mikro) anorganik yang efektif dan efisien untuk meningkatkan mutu bibit kelapa sawit.

Percobaan ini dilakukan untuk menjawab masalah yang telah dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit?
2. Berapakah dosis pupuk majemuk yang terbaik untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit?
3. Apakah respon bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA dipengaruhi oleh pupuk majemuk?
4. Berapa dosis pupuk majemuk terbaik untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit yang diberi dan tidak diberi FMA?

1.2 Tujuan

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian dirumuskan sebagai berikut:

1. Menentukan apakah inokulasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit
2. Menentukan dosis pupuk majemuk yang terbaik untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit
3. Mengetahui apakah pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk majemuk

4. Menentukan dosis pupuk majemuk terbaik untuk inokulasi FMA dan tanpa FMA

1.3 Landasan Teori

Untuk mendapatkan penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan, maka disusun landasan teori sebagai berikut. Bibit tanaman kelapa sawit yang bermutu didapatkan melalui perawatan yang baik saat fase pembibitan. Salah satu kegiatan perawatan yang dilakukan untuk menghasilkan bibit yang bermutu ialah pemupukan. Hal ini karena untuk tumbuh dengan baik, tanaman memerlukan unsur hara esensial dan non-esensial yang cukup banyak. Keperluan unsur hara tanaman kelapa sawit selain dipenuhi dari unsur hara yang ada di tanah juga diperlukan pemupukan untuk menambah unsur hara ke dalam tanah. Unsur hara yang dibutuhkan dalam pemupukan kelapa sawit adalah N, P, K, magnesium (Mg), mangan (Mn), tembaga (Cu), seng (Zn), dan boron (B) (Jude dan Basse, 2012).

Rendahnya ketersediaan unsur hara pada tanah marginal ultisol dan oxisol menjadi kendala utama untuk pertumbuhan tanaman. Unsur P pada tanah ini umumnya banyak dijerap oleh mineral Al dan Fe. Selain itu, unsur hara makro dan mikro juga mengalami defisiensi karena pencucian hara serta kondisi pH yang rendah. Untuk mengatasi hal ini dapat dilakukan pemupukan, akan tetapi hal ini dinilai tidak efektif. Karena unsur hara akan dijerap oleh mineral Al dan Fe yang tinggi pada jenis tanah tersebut. Hal yang dapat dilakukan ialah mengoptimalkan penyerapan unsur hara bagi tanaman melalui mikoriza (Prihastuti, 2012).

Unsur hara makro memiliki peran yang penting bagi tanaman dan dibutuhkan dalam jumlah yang relatif besar. Unsur hara makro antara lain yaitu Nitrogen (N), Magnesium (Mg), Kalium (K), Fosfor (P), dan Sulfur (S). Unsur hara makro merupakan penyusun bagian tanaman serta berperan penting terhadap proses fotosintesis misalnya dalam pembentukan klorofil di daun. Proses pembungaan dan pembuahan juga dipengaruhi oleh unsur hara makro yang ada di tanaman (Jones, 2012).

Menurut Voss (1998), unsur mikro merupakan unsur hara yang sangat penting untuk pertumbuhan tanaman, tetapi tanaman membutuhkannya dalam jumlah yang relatif kecil. Unsur hara mikro antara lain yaitu B, klorin (Cl), Cu, Fe, Mn, Mo, dan Zn. Unsur hara mikro secara umum berperan sebagai aktivator enzim pada tanaman. Enzim merupakan gugus protein yang mempunyai fungsi yang spesifik pada tanaman. Setiap enzim memiliki spesifik unsur hara mikro untuk mengaktifkan enzim tersebut. Unsur hara mikro juga dapat berperan sebagai katalis. Semua unsur hara mikro adalah aktivator enzim yang spesifik.

Ketersediaan unsur hara makro dan mikro di dalam tanah dan ketersediaannya untuk tanaman ditentukan oleh mineral yang terkandung dalam bahan induk dan oleh pelapukan yang telah terjadi selama bertahun-tahun. Secara umum, pencucian unsur hara pada daerah tanah kering sangat tinggi sehingga unsur hara yang ada berada pada bagian yang lebih dalam di tanah. Selain itu, ketersediaan unsur hara mikro di tanah dan bagi tanaman dipengaruhi oleh beberapa hal yaitu tekstur tanah, kandungan bahan organik, pH tanah, dan tersediannya unsur hara lain misalnya P (Voss, 1998).

Mikoriza merupakan bentuk simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tanaman. Fungi yang tergolong ke dalam mikoriza sebagian besar berasal dari anggota fungi Basidiomycetes, Ascomycetes dan Zygomycetes. Simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tanaman ini dijelaskan ketika tanaman inang menerima unsur mineral hasil dari interaksi antara fungi dan akar tanaman sementara fungi mendapat nutrisi dari hasil fotosintesis dari tanaman melalui akar (Brundrett *et al.*, 1996).

Menurut Harijoko *et al.* (2006), berdasarkan cara menginfeksi serta struktur tubuh, mikoriza dikelompokkan menjadi 3 kelompok besar yaitu, ektomikoriza, ektendomikoriza, dan endomikoriza. Ektomikoriza dicirikan berubahnya morfologi akar yang terinfeksi. Akar akan membengkak, bercabang serta rambut akar tidak terbentuk. Ektendomikoriza dicirikan dengan terdapatnya hifa tebal intraseluler yang menggelembung serta hifa dapat menginfeksi jaringan korteks. Endomikoriza dicirikan tidak berubahnya morfologi akar tanaman yang terinfeksi. Fungi hanya membentuk struktur hifa yang tipis pada permukaan, hifa masuk kedalam sel jaringan korteks. Fungi yang termasuk kedalam golongan endomikoriza salah satunya adalah fungi mikoriza arbuskular (FMA) (Harijoko *et al.*, 2006).

Menurut Made (2011), bibit kelapa sawit yang diberikan fungi mikoriza arbuskular mampu meningkatkan serapan hara P. Pemberian fungi mikoriza arbuskular dalam keadaan cekaman air mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah akar primer, berat basah dan kering akar, dan persentasi infeksi akar (Rini dan Efriyani, 2016). Menurut Salisbury dan Ross (1995), salah

satu organ tumbuhan yang berperan penting untuk proses penyerapan hara, air dan menopang tegaknya tanaman ialah akar. Masalah yang membuat tanaman sulit menyerap air dan unsur hara salah satunya ialah karena keterbatasan kemampuan akar untuk menjangkau air dan unsur hara yang berada jauh dari jangkauan akar normal.

Mekanisme FMA untuk menginfeksi akar dapat dijelaskan sebagai berikut: hifa FMA yang ada di dalam tanah merespon ketika terdapat akar di tanah tersebut, kemudian akan tumbuh pada permukaan akar. Penetrasi FMA ke akar dimulai ketika satu atau lebih hifa membentuk apresorium dan mempenetrasi sel akar. Satu atau lebih hifa menembus hypodermis dan masuk ke jaringan luar korteks. Hifa yang telah masuk di jaringan korteks kemudian menyebar ke dalam dan di sela-sela jaringan korteks. Hifa tersebut kemudian akan membentuk cabang-cabang yang berkelompok yang disebut arbuskular yang berfungsi sebagai perantara transfer unsur hara antara fungi dan tanaman inang (Brundrett *et al.*, 1996).

Menurut Harijoko *et al.* (2006), arbuskula mulai terbentuk kira-kira 2 hari setelah masuk ke akar. Arbuskular terbentuk di sel-sel korteks namun tidak menembus sitoplasma sel. Arbuskula merupakan tempat utama terjadinya pertukaran metabolit antara fungi dan tanaman inang. Pembentukan arbuskula diikuti oleh pertumbuhan hifa progresif dari titik masuk ke arah luar. Hifa ini akan menyebar di sekitar daerah perakaran yang berfungsi untuk alat penyerapan unsur hara.

Menurut Taiz dan Zeiger (2012), semakin luasnya kontak permukaan akar dengan tanah akan menambah efisiensi penyerapan air maupun zat yang terlarut dalam tanah. Terangkutnya unsur hara maupun air yang ada di dalam tanah oleh akar dapat disebabkan oleh 3 proses yaitu difusi, aliran massa dan osmosis. Difusi adalah proses terangkutnya unsur hara dan air melalui gerakan molekul dari konsentrasi tinggi ke konsentrasi yang lebih rendah. Aliran massa adalah pergerakan massa molekul yang diakibatkan oleh tekanan gradient. Osmosis adalah pergerakan massa molekul yang disebabkan oleh perbedaan potensi kimia melalui membran semipermeabel.

Asosiasi FMA dengan akar tanaman untuk menyerap unsur hara dilakukan dengan memperluas jangkauan akar terhadap zona kahat unsur hara pada sekitar akar. FMA melalui hifa yang terbentuk mampu meningkatkan penyerapan unsur hara yang ada di dalam tanah. Hifa eksternal FMA juga dapat menyerap P dan membuat unsur hara tersebut dapat tersedia bagi tanaman. Unsur hara berdifusi dari hifa eksternal menuju ke arbuskular kemudian dilanjutkan ke sel korteks.

Salah satu faktor yang mempengaruhi simbiosis mikoriza dengan akar tanaman yaitu kesuburan tanah. Pada tanah yang subur atau penambahan pupuk yang intensif, FMA tidak berperan untuk menyerap unsur hara karena unsur hara tersedia bagi tanaman dan tetap mendapatkan nutrisi dari tanaman inang. Pada kondisi ini FMA berperan sebagai parasit bagi tanaman (Taiz dan Zeiger, 2012).

Selain kesuburan tanah, perkembangan FMA dipengaruhi oleh kondisi inokulum dan suhu ekstrim. Kondisi inokulum meliputi bebasnya inokulum dari parasit, mikroorganisme pengganggu dan bahan kontaminan serta jumlah spora yang digunakan. Kondisi suhu yang terlalu panas (misalnya pada peristiwa kebakaran hutan) akan mengurangi pertumbuhan mikoriza serta berakibat pada rusaknya hifa dan spora yang berada di dalam tanah (Harijoko *et al.*, 2006). Sedangkan pH tanah dapat berpengaruh langsung terhadap aktivitas enzim yang berperan dalam perkecambahan, perkembangan dan peran mikoriza terhadap pertumbuhan tanaman (Samsi *et al.*, 2017).

Fungi mikoriza arbuskular mampu menyerap unsur hara mikro yang bersifat *immobile* (Cu, Zn, Fe, dan Mn) dalam larutan tanah. Fungi mikoriza arbuskular memiliki *sequence* yang dapat menghasilkan enzim yang mampu mengkatalis transfer unsur hara tersebut. Misalnya CTR (RiCTR1 dan RiCTR3) untuk transfer unsur hara Cu, ZIP (zinc-iron permease) untuk transfer unsur hara Zn dan Fe, dan MtZIP7 untuk transfer Mn (Ferrol *et al.*, 2016).

Keberhasilan asosiasi FMA dengan tanaman dipengaruhi oleh jenis tanaman serta spesies FMA. Beberapa FMA dapat bersimbiosis dengan satu jenis tanaman, namun tingkat efektivitasnya berbeda. Sebagai contoh penelitian (Rini *et al.*, 2017) menunjukkan bahwa FMA jenis *Entrophospora* sp. (isolat MV 29) dan *Glomus* sp. (isolat MV 27) merupakan FMA yang terbaik untuk pertumbuhan bibit kelapa sawit dibandingkan jenis *Gigaspora* sp. (isolat MV 17). Penelitian menggunakan bibit kakao menghasilkan bahwa penggunaan kombinasi spesies *Glomus mosseae* dan *Scutellospora calospora* lebih efisien dalam

meningkatkan pertumbuhan vegetatif tanaman serta memiliki persentase infeksi akar yang tinggi jika dibandingkan penggunaan *Glomus mosseae* atau *Scutellospora calospora* (Rini *et al*, 1996).

FMA yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Gigaspora* sp., *Entrophospora* sp., *Glomus* sp., dan *Acaulospora* sp. Menurut Prihastuti (2007), *Gigaspora* sp. memiliki daerah penyebaran yang cukup luas, untuk aplikasi mikoriza disarankan diawali dengan pengembangan jenis-jenis mikoriza *Gigaspora* sp. pada daerah lahan masam kering. *Glomus* sp mampu beradaptasi pada tekstur tanah liat serta mampu beradaptasi adaptasi dengan jenis tanaman budidaya yang lebih luas, sehingga diharapkan dapat meningkatkan pengaruh FMA terhadap tanaman. Sedangkan *Gigaspora* sp. mampu beradaptasi pada lingkungan yang berpasir. Penggunaan kombinasi beberapa jenis mikoriza dimaksudkan untuk memaksimalkan simbiosis mikoriza dengan akar melalui sifat-sifat adaptasi mikoriza tersebut terhadap lingkungan yang ada.

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan teori yang telah dijelaskan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberi penjelasan teoretis terhadap rumusan masalah. Peningkatan mutu bibit kelapa sawit dapat dilakukan dengan mengaplikasikan FMA dan pupuk majemuk. Fungi Mikoriza Arbuskular yang berupa spora diinokulasikan ke akar bibit tanaman kelapa sawit yang berumur 1 bulan. Simbiosis FMA dengan akar bibit akan dimulai saat hifa merespon akar yang ada di dalam tanah kemudian

tumbuh dipermukaan akar. Penetrasi hifa ke akar dimulai dengan membentuk apresorium yang merupakan tempat hifa menempel.

Hifa secara bertahap masuk ke jaringan korteks serta sela-sela jaringan korteks.

Hifa tersebut membentuk cabang-cabang yang disebut arbuskular. Arbuskular inilah yang akan menjadi perantara akar untuk transfer unsur hara dan air dari tanah ke tanaman, kemudian tanaman akan memberikan sebagian fotosintatnya ke FMA yang dapat digunakan FMA untuk terus berkembang dan memperluas bidang serap hara.

Hifa yang berada dalam sel tersebut dapat berkembang menuju luar sel akar serta membentuk hifa yang bercabang atau disebut hifa eksternal. Hifa ini yang akan meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara dan air yang ada didalam tanah untuk tanaman. Kondisi terpenuhinya unsur hara dan air bagi tanaman akan memaksimalkan laju fotosintesis sehingga fotosintat akan meningkat dan dapat didistribusikan ke jaringan dan organ untuk dimanfaatkan. Fotosintat yang dihasilkan dimanfaatkan untuk proses pertumbuhan dan cadangan makanan. Oleh karena itu tanaman yang berasosiasi dengan mikoriza akan bertambah komponen pertumbuhannya misalnya tinggi tanaman, bobot basah tajuk, bobot kering tajuk, bobot basah akar dan bobot kering akar.

Fungsi utama hifa eksternal ialah untuk menyerap unsur hara yang ada di dalam tanah. Hifa FMA mampu menghasilkan enzim yang mampu mempercepat transfer unsur hara mikro yang *immobile*. Selain itu hifa FMA dapat menjangkau pori tanah yang terkecil, sehingga unsur hara makro dan mikro yang bersifat *immobile* mampu untuk di jangkau oleh akar. Unsur hara makro dan mikro yang

tersedia bagi tanaman diserap oleh hifa eksternal kemudian akan ditransfer ke hifa internal dan arbuskular. Arbuskular akan mentransfer unsur hara yang telah diserap dengan proses osmosis. Pada organ akar, unsur hara akan disalurkan ke pembuluh xilem untuk diangkut ke daun dan bagian tanaman yang lainnya.

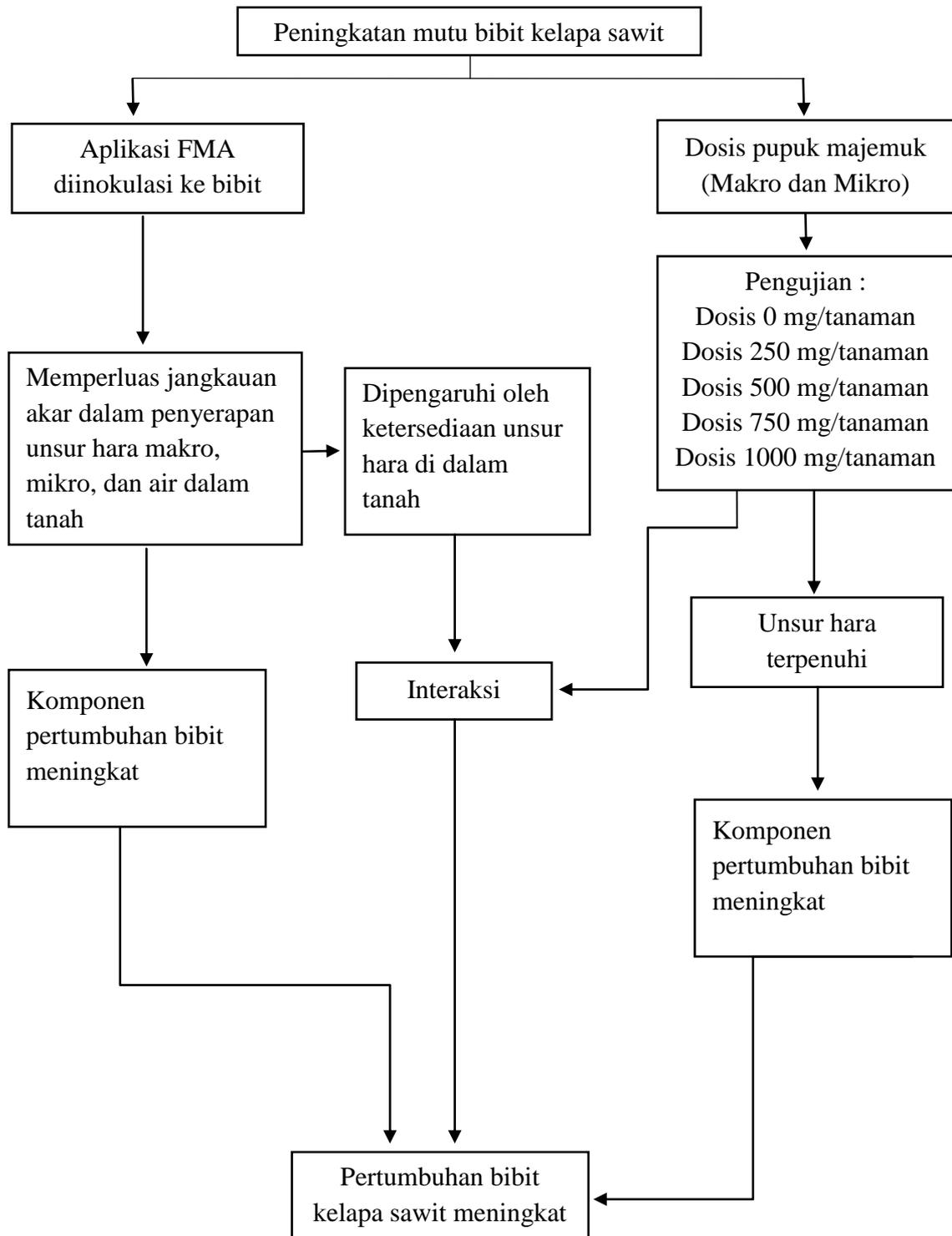
Perkembangan dan aktivitas mikoriza dipengaruhi oleh tingkat ketersediaan unsur hara dalam tanah. Pada tingkat ketersediaan unsur hara tinggi aktivitas mikoriza akan terhambat. Hal ini karena akar tanaman mampu melakukan fungsi penyerapan unsur hara dengan normal karena ketersediaan unsur hara tersebut tinggi, sehingga aktivitas mikoriza terhambat namun masih ikut memanfaatkan fotosintat tanaman. Sedangkan pada tingkat ketersediaan unsur hara yang sangat rendah aktivitas dan perkembangan mikoriza akan terhambat karena efisiensi penyerapannya sangat rendah. Sehingga, pada lahan marginal masih dibutuhkan pemupukan untuk menciptakan kondisi unsur hara yang efisien yang dapat diserap oleh mikoriza.

Pupuk makro dan mikro merupakan penambahan unsur hara makro dan mikro di dalam tanah untuk pertumbuhan dan perkembangan. Unsur makro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang besar, sedangkan mikro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang kecil. Peran unsur hara makro bagi tanaman umumnya adalah sebagai penyusun bagian tanaman serta proses fotosintesis pada tanaman, sedangkan peran mikro bagi tanaman umumnya adalah untuk menjaga konsistensi jaringan tanaman, sebagai katalis pengaktif enzim-enzim yang spesifik yang mempengaruhi metabolisme tanaman. Sehingga meski dibutuhkan dalam jumlah

yang kecil unsur hara mikro harus ada agar mampu mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman.

Ketersediaan unsur hara di dalam tanah akan mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Ketersediaan unsur hara yang rendah dalam tanah akan menyebabkan defisiensi unsur hara bagi tanaman. Sedangkan konsentrasi unsur hara yang tinggi dalam tanah juga akan menyebabkan tanaman keracunan unsur hara. Sehingga dalam upaya pemupukan dilakukanlah penambahan unsur hara melalui dosis untuk mendapatkan ketersediaan unsur hara yang optimal untuk tanaman.

Fungi mikoriza arbuskular yang digunakan dalam penelitian ini *Entrophospora* sp., *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., dan *Acaulospora* sp. yang didapatkan dari laboratorium produksi tanaman perkebunan Universitas Lampung. Secara umum pemberian *Glomus* sp. mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman karena FMA jenis ini mampu beradaptasi dengan banyak jenis tanaman serta mudah beradaptasi pada daerah marginal yang menyebabkan infeksi akar meningkat. Sedangkan *Gigaspora* sp. dapat ditemukan di daerah berpasir serta memiliki sebaran yang luas di daerah tanah masam kering. Kerangka pemikiran yang telah dijelaskan disajikan dalam bentuk diagram alir yang dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA dan beberapa taraf dosis pupuk majemuk.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat disimpulkan hipotesis sebagai berikut:

1. Inokulasi FMA meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit.
2. Respon bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk majemuk (makro dan mikro).

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) berasal dari Afrika Barat. Pusat penyebaran kelapa sawit adalah Pesisir Barat Afrika dan Afrika Tengah antara Guinea dan Angola bagian utara. Tanaman kelapa sawit menyebar dari 16° Utara di Senegal ke 15 ° Selatan di Angola, dan ke timur ke Zanzibar dan Madagaskar. Tingkat produksi terbaik berada di daerah dengan curah hujan tinggi antara 7° Utara dan Selatan dari khatulistiwa.

Awalnya di Indonesia kelapa sawit hanya ditanam sebagai tanaman hias. Pemilihan benih di Kebun Raya Singapura dan Bogor (Jawa, Indonesia) dan di Pusat Penelitian Deli di Sumatra (Indonesia) sebagai pelopor untuk pengembangan dan perluasan tanaman sejak tahun 1930-an di Malaysia dan Indonesia. Saat ini Indonesia dan Malaysia menjadi wilayah dengan produksi kelapa sawit utama di dunia (Verheye, 2010).

2.2 Klasifikasi dan Morfologi Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) termasuk kedalam family Palmae, subfamily Cocoidae, genus *Elaeis*. Pada genus kelapa sawit terdapat dua jenis utama yaitu *Elaeis guineensis* atau kelapa sawit Afrika dan *Elaeis melanococca* atau kelapa sawit Amerika (Verheye, 2010). Menurut Syakir *et al* (2012), klasifikasi tanaman kelapa sawit adalah sebagai berikut:

Divisi	: Embryopytha siphonagama
Kelas	: Angiosperma
Ordo	: Monocotyledonae
Famili	: Arecaceae
Sub-famili	: Cocoideae
Genus	: <i>Elaeis</i>
Spesies	: <i>Elaeis guineensis</i> Jacq.

Morfologi tanaman Kelapa Sawit adalah sebagai berikut:

1. Akar

Kelapa sawit merupakan salah satu tanaman yang memiliki sistem perakaran serabut. Akar timbul dari hipokotil dan dari basal batang. Akar primer muncul dari pangkal batang, akar ini akan tetap pendek jika permukaan air tinggi.

Akar primer dapat menghasilkan akar sekunder, akar sekunder akan menghasilkan akar tersier dan akar tersier akan menghasilkan akar kuarter.

Sebagian besar akar ditemukan di kedalaman 15-60 cm dari permukaan tanah.

Penyebaran akar berada dekat pangkal batang dengan luas penyebaran akar sekunder mencapai 1,5-2 meter dari pangkal batang (Verheye, 2010).

2. Batang

Kelapa sawit memiliki batang yang tumbuh tegak keatas tanpa cabang.

Pertumbuhan awal dari bibit menghasilkan formasi batang yang melebar pada pangkal batang (Stipe). Batang tidak bertambah tinggi secara sempurna sampai 3 tahun ketika diameter telah sempurna membentuk kerucut terbalik.

Tingkat perpanjangan kemudian tergantung pada faktor lingkungan dan keturunan, dan bervariasi antara 25 dan 50 cm per tahun (Verheye, 2010).

3. Daun

Daun kelapa sawit bersirip genap dan bertulang daun sejajar setiap daun kelapa sawit memiliki 3 bagian yaitu:

- a) Kumpulan anak daun (leaflets) yang mempunyai helaian (lamina) dan tulang anak daun (midrib).
- b) Rachis yang merupakan tempat anak daun melekat.
- c) Tangkai daun (petiole) yang merupakan bagian antara daun dan batang (Pahan, 2011).

4. Buah

Kelapa sawit memiliki bunga berumah satu artinya pada satu tanaman terdapat bunga betina dan bunga jantan yang letaknya terpisah. Bunga kelapa sawit atau sering disebut tandan bunga terletak diketiak daun yang mulai tumbuh setelah tanaman berumur 12-14 bulan yang akan dipanen pada umur 30 bulan. Setiap tandan bunga jantan memiliki 100-250 cabang (spikelet) yang panjangnya antara 10-20 cm dan berdiameter 1-1.5 cm. Tiap cabang berisi hingga 1.500 bunga kecil yang akan menghasilkan tepung sari.

Setiap tandan bunga betina mempunyai 100-200 cabang (spikelet)

(Setyamidjaja, 2006).

Waktu yang dibutuhkan untuk bunga berubah menjadi tandan buah segar (TBS) setelah terjadinya penyerbukan 5-6 bulan. Tandan buah terletak diantara pelepah daun. Satu tandan matang berisi 1.000 brondolan, tergantung umur tanaman. Satu TBS mencapai berat 15-25 kg tapi dalam kondisi tertentu dapat mencapai 50 kg (Verheye 2010). Buah kelapa sawit tersusun atas kulit buah (exocarp) sabut dan biji (mesocarp).

2.3 Syarat Tumbuh

Kelapa sawit memerlukan penyinaran matahari antara 5-7 jam/hari. Tanaman ini memerlukan curah hujan tahunan 1.500-4.000 mm dan merata sepanjang tahun, temperatur optimal 24-28°C. Kelapa sawit dapat tumbuh pada ketinggian tempat antara 1-500 m dpl (di atas permukaan laut). Kelembaban optimum yang ideal untuk tanaman sawit sekitar 80-90% dan kecepatan angin 5-6 km/jam untuk membantu proses penyerbukan. Kelapa sawit dapat tumbuh pada jenis tanah podzolik, Latosol, Hidromorfik Kelabu Alluvial atau Regosol, tanah Gambut Saprik, dataran Pantai dan muara sungai. Tingkat keasaman (pH) yang optimum untuk sawit adalah 5,0-5,5. Kelapa sawit menghendaki tanah yang gembur, subur, datar dan berdrainase (beririgasi) baik dan memiliki lapisan solum cukup dalam (80 cm) tanpa lapisan padas. Kemiringan lahan pertanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari 15° (Kismanto *et al.*,2008).

2.4 Jenis-jenis Kelapa Sawit

Menurut Syakir *et al.* (2012), kelapa sawit dapat dibedakan menurut warna kulit buah dan ketebalan cangkang buah. Berdasarkan warna kulit buah, kelapa sawit dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. *Nigrescens*, sawit jenis ini memiliki buah yang berwarna ungu gelap sampai hitam, ketika matang akan berubah menjadi warna jingga.
2. *Virescens*, sawit jenis ini memiliki warna buah hijau yang berubah menjadi jingga kemerahan saat matang dan ujungnya tetap hijau.
3. *Albescens*, sawit jenis ini memiliki buah yang berwarna pucat pucat, setelah matang menjadi kuning dan ujungnya ungu kehitaman.

Berdasarkan ketebalan cangkangnya, sawit dibedakan menjadi 3 yaitu:

1. *Dura*, sawit ini memiliki cangkang tebal porsi mesocarp terhadap buah berkisar 35-67 %, kernel besar, tetapi minyak terekstrak rendah 17-19 %.
2. *Psifera*, sawit ini tidak memiliki cangkang, kernel kecil serta kadar minyak tinggi. Akan tetapi sebagian besar betinya steril sehingga sangat jarang menghasilkan buah
3. *Tenera*, sawit ini merupakan hasil persilangan antara *dura* dan *psifera*. Sehingga memiliki gabungan karakteristik keduanya. Kernel berukuran sedang, cangkang menjadi lebih tipis. Bunga betina tetap fertil. Mesocarp cukup tebal (60-95%) dan kadar minyak 22-25%.

2.5 Fungi Mikoriza Arbuskular

Fungi Mikoriza Arbuskular merupakan salah satu fungi yang mampu bersimbiosis dengan akar. Simbiosisme yang terjadi antara fungi dan akar tersebut akan meningkatkan penyerapan unsur hara makro maupun mikro. Sehingga kebutuhan unsur hara bagi tanaman mampu terpenuhi serta bagi fungi akan mendapatkan nutrisi dari akar tanaman. Selain mampu meningkatkan penyerapan hara, mikoriza juga mampu memperbaiki struktur tanah melalui adanya hifa mikoriza yang mengikat partikel tanah kemudian membentuk mikroagregat dan makroagregat. Fungsi hifa ini juga memproduksi eksudat berupa glomalin yang berfungsi untuk merekatkan agregat tanah tersebut (Faudy, 2013).

2.5.1 Kelompok Mikoriza

Menurut Oehl *et al.* (2011) berdasarkan identifikasi berbasis Deoxyribo Nucleic Acid (DNA), mikoriza dapat dikelompokkan menjadi tiga kelas besar yaitu:

1. Glomeromycetes

Glomeromycetes memiliki 3 ordo yaitu Glomerales, Diversisporales dan Gigasporales. Glomerales memiliki ciri dinding spora tunggal kecuali *Entrophospora*, serta memiliki vesikel, arbuskular dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*. Diversisporales memiliki 1-3 dinding pada sporanya, serta memiliki vesikel, arbuskular dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*. Gigasporales memiliki 1-4 dinding pada sporanya, serta hanya memiliki vesikel dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*.

2. Archaeosporomycetes

Archaeosporomycetes hanya memiliki 1 ordo yaitu Archaeosporales serta memiliki 3 famili yaitu Ambisporaceae, Archaeosporaceae dan Geosiphonaceae. Secara umum Archaeosporomycetes memiliki 1-3 dinding pada sporanya. Famili Archaeosporaceae hanya memiliki arbuskular dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*, famili Ambisporaceae memiliki serta memiliki vesikel, arbuskular dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*, sedangkan family Geosiphonaceae diketahui mampu berasosiasi dengan cyanobacteria.

3. Paraglomeromycetes

Paraglomeromycetes hanya memiliki 1 ordo yaitu Paraglomeraceae.

Karakteristik yang dimiliki mikoriza ini yaitu hanya memiliki 1 dinding pada sporanya serta memiliki arbuskular dan hifa ketika diuji dengan *trypan blue*.

2.5.2 Morfologi FMA

Menurut Eka *et al.* (2015) struktur FMA berupa arbuskular, vesikel dan spora.

1. Arbuskular

Arbuskular merupakan hifa bercabang halus yang terbentuk dari percabangan dikotomi yang berulang-ulang sehingga menyerupai pohon dari dalam sel simbion. Hifa yang terbentuk mampu masuk ke sel tanaman simbion.

Masuknya hifa ini ke dalam sel tanaman menyebabkan peningkatan sitoplasma, peningkatan respirasi, dan aktivitas enzim dalam sel tanaman inang.

2. Vesikel

Vesikel merupakan salah satu struktur pembentuk fungi yang berasal dari pembengkakan hifa internal secara terminal, berbentuk bulat telur berfungsi sebagai tempat penyimpanan cadangan makanan. Serta dalam kondisi tertentu mampu berperan sebagai spora atau alat untuk mempertahankan diri.

3. Spora

Spora atau sering disebut chlamydospores atau azygospore, bentuk sebagai pembengkakan pada satu atau lebih hifa di tanah atau di akar. Spora memiliki lapisan dinding yang tebal serta dapat berperan sebagai propagul (Brundrett *et al.*, 1996).

2.5.3 Fakto-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan FMA

Menurut Harijoko *et al.* (2006) terdapat tiga faktor utama yang dapat mempengaruhi perkembangan FMA, yaitu sebagai berikut:

1. Kondisi Inokulum mikoriza

Bahan pembawa (carrier) mikoriza dapat berupa tanah, pasir atau zeolite.

Inokulum mikoriza yang baik dicirikan oleh bebasnya inokulum dari parasit, mikroorganisme pengganggu dan bahan kontaminan.

2. Kondisi tempat tumbuh

Kondisi tempat tumbuh sangat mempengaruhi perkembangan serta asosisiasi mikoriza teradap tanaman. Unsur hara fosfat yang tinggi akan menekan perkembangan mikoriza. Intensitas pemupukan yang tinggi berdampak kepada

tetekannya perkembangan mikoriza. Serta lingkungan tumbuh yang memiliki kadar salinitas yang tinggi berpengaruh terhadap perkembangan mikoriza di dalam tanah.

2.6 Pupuk Majemuk (Makro dan Mikro)

Pupuk majemuk merupakan pupuk yang mengandung unsur hara esensial makro dan mikro. Unsur hara mikro dibutuhkan tanaman dalam jumlah yang besar, sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang kecil, namun unsur mikro ini harus terpenuhi untuk mendukung pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Beberapa unsur hara yang umumnya ditemui pada pupuk majemuk adalah Mg, S, Mn, Zn, Cu serta B. Unsur hara tersebut merupakan contoh unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan tanaman khususnya kelapa sawit.

Menurut Taiz dan Zeiger (2006), Mg dan S merupakan unsur hara makro yang penting dalam pembentukan klorofil di daun. Unsur hara Mn merupakan unsur hara mikro yang penting untuk mengaktifkan beberapa enzim. Unsur hara ini juga berfungsi membentuk beberapa ion yang berpengaruh terhadap proses fotosintesis.

Gejala kekurangan Mg dan S dapat dikenali dengan warna daun yang berwarna hijau kekuningan. Gejala kekurangan unsur hara Mn dapat dikenali dari munculnya klorosis serta titik nekrotik pada bagian daun. Unsur hara Zn merupakan unsur hara mikro berbentuk larutan logam dalam tanah. Unsur hara tersebut berfungsi untuk mengaktifkan sebagian besar enzim biosintesis klorofil

pada beberapa tanaman. Kekurangan unsur hara Zn dapat dikenali dengan lambatnya pertumbuhan intermodal dan menghasilkan tanaman berbentuk roset, serta daun menjadi sempit (Taiz dan Zeiger, 2006).

Unsur hara Cu berperan penting terhadap reaksi redoks yang ada di dalam tanaman. Misalnya Cu berperan sebagai pengaktif enzim plastosianin, enzim ini berperan penting untuk transfer electron setelah pada reaksi terang fotosintesis. Kekurangan unsur hara ini dapat dikenali dengan terbentuknya daun yang berwarna lebih gelap dengan timbul titik nekrotik pada daun. Selain itu daun juga menggulung atau kesalahan dalam pembentukan (Taiz dan Zeiger, 2006).

Boron (B) merupakan unsur hara yang berperan dalam penyimpanan energi dan membentuk struktur tanaman yang sempurna. Fungsi unsur hara tersebut berperan dalam pemanjangan sel, sintesis asam nukleat dan merespon hormon. Kekurangan unsur hara tersebut dapat dikenali dengan adanya nekrotik pada daun muda serta ujung daun menggulung (mata pancing) (Taiz dan Zeiger, 2006).

2.7 Standar Mutu Bibit Kelapa Sawit

Menurut Harahap *et al.* (2005), standar mutu bibit kelapa sawit (Tabel 1) adalah sebagai berikut:

Tabel 1. Standar Mutu Bibit Kelapa Sawit.

Umur Bibit (Bulan)	Jumlah Daun (Helai)	Diameter Batang (cm)	Tinggi (cm)
3	3,5	1,3	20,0
4	4,5	1,5	25,0
5	5,5	1,7	32,9
6	8,5	2,8	35,9
7	10,5	2,7	52,2
8	11,5	3,6	64,3
9	13,5	4,5	88,1
10	15,5	5,5	101,9
11	16,5	5,8	114,1
12	18,5	6,0	126,1

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Percobaan ini dilaksanakan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Lampung, Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung, dan Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung dari bulan September 2018 sampai Maret 2019.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah *germinated seed* kelapa sawit varietas Tenera dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS), pasir steril, tanah, aquades, larutan Kalium hidroksida (KOH) 10%, *glycerol*, *trypan blue*, pupuk *Rock Phosphate* (RP), Urea, NPK, fungi mikoriza arbuskular yang merupakan campuran jenis *Entrophospora* sp., *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., dan *Acaulospora* sp., dan pupuk majemuk. Pupuk majemuk yang dimaksud dalam penelitian ini adalah campuran unsur hara makro dan mikro dengan komposisi Mg : S : B : Cu : Fe : Mn : Mo : Zn (4:12:0,5:0,5:4:4:0,5:4) yang selanjutnya disebut sebagai pupuk majemuk dalam penelitian ini.

Alat-alat yang digunakan adalah mikroskop stereo dan majemuk, timbangan elektrik, pinset spora, cawan petri, saringan mikro, gelas ukur, cangkul, *counter*, polibag, *cutter*, ember, gembor, oven, *cover glass*, kaca preparat, ponjo, dan alat tulis.

3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah dan untuk menguji hipotesis, rancangan perlakuan yang digunakan adalah faktorial (2×5) dengan 4 ulangan. Faktor pertama adalah inokulasi mikoriza (M) yang terdiri dari 2 taraf yaitu m_0 (tanpa inokulasi) dan m_1 (inokulasi). Faktor kedua adalah dosis pupuk majemuk yang terdiri dari 5 taraf yaitu f_0 (0 mg/polibag), f_1 (250 mg/polibag), f_2 (500 mg/polibag), f_3 (750 mg/polibag), dan f_4 (1.000 mg/polibag). Setiap polibag diisi dengan 15 kg media tanam.

Perlakuan diterapkan pada setiap satuan percobaan menurut rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS). Keseragaman antar perlakuan diuji dengan Uji Barlett. Kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam perlakuan homogen dan data bersifat menambah, maka data dianalisis ragam. Pemisahan nilai tengah diuji dengan Uji beda Nyata Terkecil (BNT) 5 %.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Penyemaian Benih

Penyemaian benih diawali dengan penyiapan media semai berupa pasir steril. Pasir terlebih dahulu dicuci dengan air mengalir sebanyak 4 kali. Kemudian pasir yang telah dicuci dimasukkan ke plastik *High Density Polyethylene* (HDPE) tahan panas. Untuk proses sterilisasi, pasir yang telah dibungkus dimasukkan ke autoclave pada suhu 121° C selama 30 menit. Benih kelapa sawit berupa benih berkecambah (*germinated seed*) disemai pada media pasir steril selama 4 pekan hingga kecambah tumbuh menjadi bibit yang baik. Setelah empat pekan, bibit sudah siap ditransplanting ke *pre-nursery*.

3.4.2 Penanaman di *Pre-nursery* dan Inokulasi Mikoriza

Penanaman di *pre-nursery* diawali dengan penyiapan media tanam terlebih dahulu. Media tanam berupa tanah yang terlebih dahulu diayak menggunakan ayakan yang memiliki ukuran jaring 1 cm x 1 cm. Kemudian tanah hasil ayakan dimasukkan ke polibag berukuran 8 cm x 19 cm. Bibit kelapa sawit yang telah berumur 1 bulan dipisahkan secara berkelompok berdasarkan panjang akar dan tinggi daunnya. Setelah dipisahkan sesuai ukurannya, bibit ditanaman dalam polibag yang berukuran 8 cm x 19 cm dengan satu bibit per polibag. Saat bibit akan ditransplanting ke dalam polibag yang sebagian tanahnya telah dikeluarkan terlebih dahulu untuk membuat lubang tanam, akar bibit diinokulasi dengan inokulum FMA. Inokulum FMA ditaburkan secara merata dan perlahan

pada akar-akar bibit dengan dosis 500 spora/bibit, sehingga inokulum tersebar merata di permukaan akar (Gambar 2).



Gambar 2. Skema inokulasi FMA pada bibit kelapa sawit di pembibitan awal (*pre-nursery*).

Setelah proses inokulasi selesai, tanah dikembalikan ke dalam polibag sampai akar bibit tanaman tertutup dengan baik. Polibag-polibag yang sudah ditanami bibit dan diinokulasi dengan FMA sesuai perlakuan, kemudian disusun di lahan pembibitan yang dinaungi dengan paranet dan dipelihara selama dua bulan. Pemupukan mulai dilakukan saat bibit berumur 4-12 pekan setelah semai setiap sepekan sekali menggunakan pupuk urea yang telah dilarutkan dengan konsentrasi 2 gram /liter untuk 100 bibit setiap pekan.

3.4.3 Penanaman di *Main Nursery* serta Pemupukan Majemuk

Transplanting bibit dari *pre-nursery* ke *main-nursery* dilakukan setelah bibit *pre-nursery* berumur 3 bulan setelah semai. Sebelum proses transplanting dilakukan,

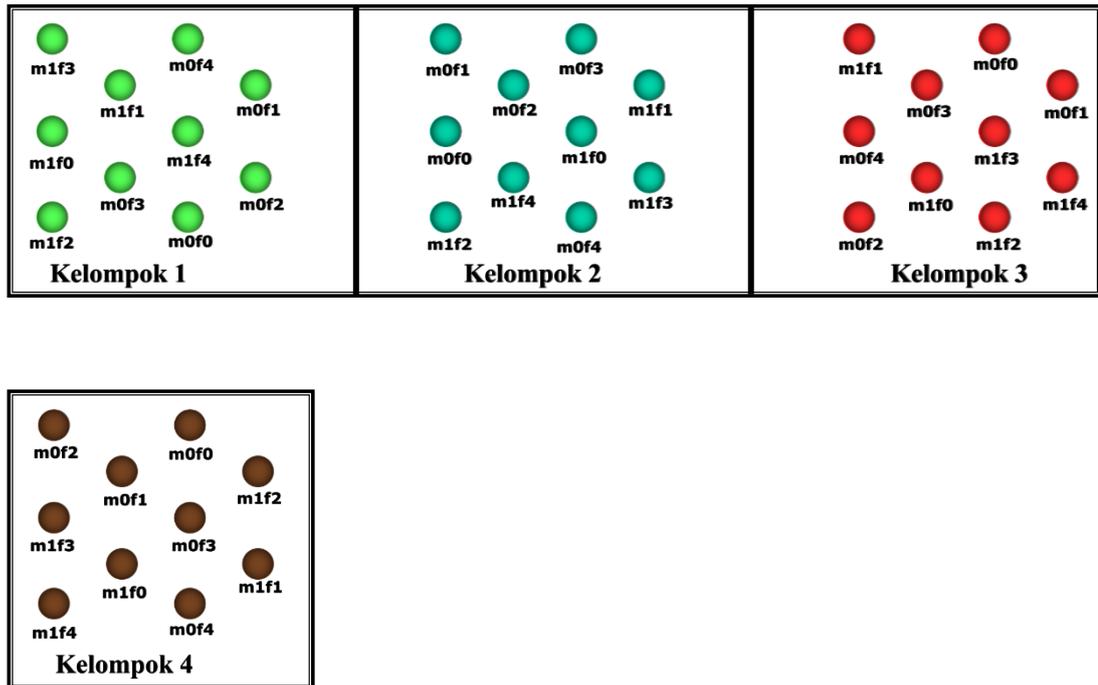
terlebih dahulu disiapkan media tanam. Media tanam berupa tanah yang terlebih dahulu diayak menggunakan ayakan yang mempunyai ukuran jaring 1 cm x 1cm. Tanah dianalisis untuk mengetahui kapasitas lapang dan pH tanah tersebut, dari hasil analisis diketahui tanah tersebut memiliki kapasitas lapang rata-rata 33 % dengan kadar air rata-rata 22 % serta pH H₂O mencapai 6,2.

Tanah hasil ayakan sebanyak ± 15 kg ditambahkan RP sebanyak 50 gram, kemudian dimasukkan ke polibag ukuran 20 cm x 45 cm. Lubang tanam dalam polibag dibuat sesuai dengan ukuran polibag di *pre-nursery* menggunakan alat ponjo untuk mencegah rusaknya akar saat proses transplanting.

Polibag pada bibit *pre-nursery* disayat untuk memudahkan melepaskan polibag dari tanah *pre-nursery* serta agar tanah masih dalam keadaan utuh. Inokulum FMA ditambahkan ke bagian dasar lubang tanam dan pada dinding lubang tanam yang langsung kontak dengan bagian akar *pre-nursery* dengan dosis 500 spora. Selanjutnya bibit dimasukan ke lubang tanam yang terlebih dahulu sudah dibuat menggunakan ponjo. Setelah transplanting berhasil, media disiram untuk menjaga kelembabannya. Polibag kemudian disusun di lapangan dengan pola tanam segitiga dengan jarak 70 cm x 60 cm berdasarkan tata letak percobaan yang telah ditentukan (Gambar 3).

Pemberian pupuk majemuk dilakukan ketika 2 pekan setelah transplanting.

Pemberian pupuk majemuk dilakukan dengan membuat lubang dengan kedalaman ± 5 cm di 2 titik mengelilingi batang bibit dengan jarak ± 5 cm dari pangkal batang. Pupuk majemuk berupa serbuk di masukkan ke lubang yang telah dibuat kemudian ditimbun dengan tanah kembali.



Gambar 3. Tata letak percobaan perbaikan mutu bibit kelapa sawit melalui inokulasi fungi mikoriza arbuskular dan beberapa taraf pupuk majemuk (makro dan mikro) di Laboratorium Lapang Terpadu Universitas Lampung.

Keterangan :

m_0 : Tanpa Inokulasi FMA

m_1 : Inokulasi FMA

f_0 : Dosis pupuk majemuk 0 mg/ polibag

f_1 : Dosis pupuk majemuk 250 mg/ polibag

f_2 : Dosis pupuk majemuk 500 mg/ polibag

f_3 : Dosis pupuk majemuk 750 mg/ polibag

f_4 : Dosis pupuk majemuk 1.000 mg/ polibag

3.4.4 Pemeliharaan

Kegiatan pemeliharaan yang dilakukan selama di pembibitan adalah penyiraman, pengendalian gulma, pengendalian hama penyakit tanaman, dan pemupukan.

Penyiraman dilakukan sesuai kondisi media tanam. Penyiraman dilakukan untuk mempertahankan $\frac{3}{4}$ kapasitas lapang yang sebelumnya telah ditentukan pada tahap analisis tanah. Pengendalian gulma dilakukan dengan manual dan teknis, secara manual gulma dikendalikan dengan cara mencabut gulma yang ada di polibag menggunakan tangan. Sedangkan pengendalian gulma secara teknis, areal gulma ditutupi dengan *poly sheet* untuk mencegah gulma tumbuh.

Pengendalian hama kutu putih dilakukan dengan cara membersihkan daun menggunakan larutan alkohol 10% yang diusapkan menggunakan tisu hingga permukaan daun bersih dari gejala serangan. Pemupukan dilakukan dengan jenis dan dosis pupuk yang disesuaikan dengan umur bibit, pemupukan dimulai saat bibit berumur 4 pekan setelah semai. Jenis dan dosis pupuk yang digunakan tercantum pada Tabel 2.

Tabel 2. Jenis dan dosis yang digunakan di pembibitan *pre-nursery* dan *main nursery*

Umur bibit kelapa sawit (pekan)	Jenis dan dosis pupuk (g/bibit)	
	Urea	NPK 16:16:16
4-12	2 g/l air/ 100 bibit	-
14	-	2,5
15	-	2,5
16-17	-	2,5
18-20	-	3,5
20	-	-
22-24	-	5
26	-	5
28	-	5
30	-	5

3.5 Variabel Pengamatan

Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dilakukan pengamatan pada umur bibit 24, 28 dan 32 pekan setelah semai terhadap variabel berikut:

1. Tinggi Tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga ujung daun tertinggi.

2. Jumlah Daun (helai)

Jumlah daun dihitung dalah daun yang terbuka sempurna

Pengamatan dilanjutkan pada umur bibit 32 pekan setelah semai terhadap variabel berikut:

3. Luas Daun (cm^2)

Luas daun tanaman bibit kelapa sawit diukur menggunakan alat *leaf area meter*.

4. Bobot Segar Tajuk (gram)

Bobot diukur setelah tanaman dipanen. Bobot segar tajuk terdiri dari pangkal batang hingga ujung daun. Kemudian ditimbang untuk memperoleh bobot segar tajuk.

5. Bobot Segar Akar (gram)

Bobot segar akar dihitung setelah tanaman dipanen. Akar yang patah dikumpulkan, kemudian dibersihkan dan ditimbang untuk mendapatkan bobot segar akar.

6. Bobot Kering Tajuk (gram)

Tajuk yang telah ditimbang, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C hingga bobot kering konstan. Kemudian bobot kering ditimbang menggunakan timbangan elektrik.

7. Bobot Kering Akar (gram)

Akar yang telah ditimbang, dikeringkan menggunakan oven pada suhu 80°C hingga bobot kering konstan. Kemudian bobot kering ditimbang menggunakan timbangan elektrik.

8. Volume Akar (ml)

Akar yang belum dikeringkan di oven terlebih dahulu dimasukkan ke dalam gelas ukur yang telah berisi air dan diketahui volume airnya. Penambahan volume air pada gelas ukur merupakan volume akar bibit.

9. Presentase Infeksi Akar (%)

Presentase infeksi akar bibit kelapa sawit oleh FMA dihitung setelah panen. Perhitungan ini diawali dengan mengumpulkan akar-akar sekunder dan tersier secara acak sebanyak 1 gram dan dimasukkan ke botol film. Akar yang telah dipisahkan dicuci bersih menggunakan air hingga kotoran yang melekat pada akar bersih. Akar yang telah bersih di dalam botol film diberikan KOH 10% hingga seluruh akar terendam, lalu dikukus dalam *water bath* dengan suhu 80⁰ C selama 30 menit.

Kemudian larutan KOH dibuang dan akar dicuci kembali menggunakan air, lalu akar direndam dengan larutan HCl 1% dan dikukus lagi selama 15 menit. Setelah itu larutan HCl dikeluarkan dan ditambahkan *trypan blue* 0,05% (0,5 gr *trypan blue* + 450 ml *glycerol* + 500 ml aquades+ 50 ml HCl 1%, kemudian dikukus selama 10 menit. Setelah akar diwarnai, lalu dipotong sepanjang 2 cm, kemudian disusun di atas kaca preparat secara teratur agar mudah diamati. Sampel akar diamati dengan menggunakan mikroskop majemuk dengan perbesaran 10 kali. Akar yang terinfeksi ditandai dengan adanya struktur mikoriza (hifa, vesikel, dan arbuskular) pada jaringan akar. Perhitungan persentase infeksi akar dapat dihitung menggunakan rumus

sebagai berikut: Infeksi akar (%) = $\frac{\Sigma \text{pengamatan yang positif terinfeksi}}{\Sigma \text{ total pengamatan}} \times 100\%$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara inokulasi FMA dan dosis pupuk majemuk yang digunakan sehingga dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Respon bibit kelapa sawit terhadap inokulasi FMA ditentukan oleh dosis pupuk majemuk (makro dan mikro) yang ditunjukkan pada tinggi tanaman, luas daun, bobot basah tajuk, dan bobot kering tajuk.
2. Dosis pupuk majemuk (makro dan mikro) terbaik pada bibit yang diinokulasikan dengan FMA adalah 500 mg/polibag, sedangkan dosis pupuk majemuk terbaik untuk bibit tanpa FMA adalah 1.000 mg/polibag.

5.2 Saran

Penggunaan media *main nursery* jika memungkinkan disterilisasi untuk meminimalisir adanya FMA lokal yang ikut mempengaruhi perlakuan penelitian. Inokulasi mikoriza ke bibit kelapa sawit harus diimbangi dengan pengurangan dosis pupuk anjuran.

DAFTAR PUSTAKA

- Agnieszka, J., Andrzej, K., Beata, H., Marek, K., Barbara, S. B., Anna, G., Ali, H.T. 2017. Interactions of arbuscular mycorrhizal fungi with plants and soil microflora. *Acta Sci. Pol. Hortorum Cultus*, 16(5): 89–95.
- Bhandari, P., Garg, N., Ajit, V., Ram, P., and Narendra T. 2017. *Mychorrhiza Nutrient Uptake, Biocontrol, Eco restoration Fourth Edition: Dynamic of arbuscular mychorrhizal Symbiosis and Its Role in Nutrient Acquisition*. Springer International. Switzerland.
- Bi, Yinli, Zhang Y., and Zou H. 2018. Plant growth and their root development after inoculation of arbuscular mycorrhizal fungi in coal mine subsided areas. *Coal Sci Technol* 5(1):47–53.
- Brundrett, M., Bougher, N., Dell, B., Grove, T. and Malajczuk, N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. ACIAR Monograph 32. 374 hlm.
- Buol. S.W. and Eswaran, H., 2000. Oxisols. *Advance in Agronomy* (68): 161-195.
- Corley, R.H.V. and Tinker, P.B. 2016. *The Oil Palm (Fifth Edition)*. Oxford: Wiley Blackwell. 1-149 hlm.
- Damayanti, N. D., Rini, M. V. and Evizal, R. 2015. Respon pertumbuhan kelapa sawit bibit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap jenis fungi mikoriza arbuskula pada dua tingkat pemupukan NPK. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 15 (1): 33-40.
- Dehua, L., Shuangshuang, W., Miaomiao, C., Jinhui, L., Aiqun, C., and Xu, G. 2018. Phytohormones regulate the development of arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Int. J. Mol. Sci.* 19 (3146): 1-16.
- Direktorat Jendral Perkebunan. 2016. *Statistik Perkebunan Indonesia Komoditas Kelapa Sawit 2015-2017*. Kementrian Pertanian. Jakarta. 69 hlm.

- Faudy and Zahrul. 2013. Kontribusi cendawan mikoriza arbuskular terhadap pembentukan agregat tanah dan pertumbuhan tanaman. *Jurnal Lentera*, 13(3): 7-15.
- Fagiera, N.K. and Moreria, A. 2011. The role of mineral nutrition on root growth of crop plants. *Advance in Agronomy*. 110: 251-331.
- Guilherme, G. O. F., Valeria, R. L., R., Cancio, F., Vivian, J. S. Z., Dhananjaya, P.S., Harikesh, B.S, and Ratna, P. 2017. *Plant-Microbe Interactions in Agro Ecological Perspectives :volume 2 : Microbial Interactions and Agro Ecological Impacts: Interaction Between Beneficial Bacteria and Sugarcane*. Springer Nature. Singapura.
- Harahap, I.Y., Sutarta, E.S., Purba, R.Y. and Darlan, N.H. 2005. Peran Pemupukan Terhadap Pertumbuhan dan Kesehatan Bibit Kelapa Sawit. Pusat Peneliti Kelapa Sawit. Yogyakarta.
- Harijoko, S., I. Buddiman, E., Suherman and Tocin. 2006. *Booklet Teknik Produksi Bibit Bermikoriza*. Balai Perbenihan Tanamn Hutan Jawadan Madura. Sumedang. Jawa Barat.42 hlm.
- Jones, B. 2012. *Plant Nutrition and Manual Fertility Manual: Second Edition*. CRC Press. New York.
- Jude, C.O. and Basse, T. U. 2012. Nutrient budget for optimal oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq) yield on coastal plain sands soils of akwaibom state nigeria. *Open Journal of Soil Science*, 2 : 289-298.
- Kiswanto, J., Purwanta, H. and Bambang, W. 2008. *Teknologi Budidaya Kelapa Sawit*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Michaela, P., Katarina, O., Martina, H., Daniel, M., and Jan, K. 2019. Arbuscular mycorrhizal fungi-their life and function in ecosystem. *Agriculture (Polnohospodarstvo)*. 65 (1) : 3-15.
- Monther, M. T., and Kamaruzaman, S. 2012. Arbuscular mycorrhizal fungi and plant root exudates bio-communications in the rhizosphere. *African Journal of Microbiology Research* 6(46): 7295-7301.
- Mulyani, A., Rachman, A., Dairah, A. 2009. *Pemanfaatan Fosfat Alam yang digunakan Langsung Sebagai Pupuk Sumber P*. Badan Penelitian Tanah. Bogor.

- Notoha, Diprawiro, Tejoyuwono. 2006. *Pertanian Lahan Kering di Indonesia: Potensi, Prospek, Kendala dan Pengembangannya*. Repo: Ilmu Tanah Universitas Gajah Mada. 15 hlm.
- Pacovsky, R.S., 1986. micronutrient uptake and distribution in mycorrhizal or phosphorus fertilized soybeans. *Plant and Soil* (95): 379-388.
- Pahan, I. 2011. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit: Manajemen Agribisnis dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Prihastuti. 2012. Upaya pengelolaan biologis lahan kering masam ultisol. *Jurnal El-Hayah* 2 (2) : 104-111.
- Ribuo, Gerardo, Jinming, Z. and Jonathan, P. L. 2003. a critical test of the two prevailing theories of plant response to nutrient availability. *American Journal Of Botany*. 91 (1): 143-152.
- Rosenani, A.B., Rovinca, R., Cheah, P.M., and Lim C.T. 2016. Growth Performance and Nutrient Uptake of Oil Palm Seedling in Prenursery Stage as Influenced by Oil Palm Waste Compost in Growing Media. *International Journal of Agronomy*.
- Same, M. 2011. Serapan Fosfat dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit pada Tanah Ultisol Akibat Cendawan Mikoriza Abuscula. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan* 11 (2): 69-76.
- Setyamidjaja, D. 2006. *Kelapa Sawit: Teknik Budidaya, Panen dan Pengolahan*. Kanisius. Yogyakarta.
- Sharma, C.P. 2006. *Plant Micronutrients*. Sciens Publisher. USA. 225 hlm.
- Syahputra, E., Fauzi and Razali. 2015. Karakteristik sifat kimia sub grup tanah ultisol di beberapa wilayah Sumatera Utara. *Jurnal Agroteknologi* 4 (527): 1796-1803.
- Syakir, M., Elna K., and David, A. 2012. *Teknologi Budidaya dan Pascapanen Kelapa Sawit*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 63 hlm.
- Sylvia, J.R. Lekatompessy, Harmastini, I. and Sukiman. 2015. Peran mikroba dalam penyediaan bibit berkualitas dalam menunjang penghijauan kota. *Jurnal Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1 (8): 2000-2005.

- Salisbury, F. B., and Ross, C.W.. `1995. *Fisiologi Tumbuhan Jilid 1*.
Diterjemahkan oleh Diah R. Lukman. ITB. Bandung. 255 hlm.
- Taiz and Zeiger. 2006. *Plant Physiology*. Sinauer Associates. Sunderland.
764 hlm.
- Tasma, I M. and Sekar, A. 2013. Analisis diversitas genetik aksesi kelapa sawit
kamerun berdasarkan marka Ssr. *Jurnal Littri* 19 (4): 194-202.
- Verheye, W. 2010. *Growth and Production of Oil Palm*. In: Verheye, W. (ed.),
Land Use, Land Cover and Soil Sciences. Encyclopedia of Life Support
Systems (EOLSS), UNESCO EOLSS Publishers. Oxford. 24 hlm.
- Voss, R. 1998. Micronutrients. Department of Agronomy Iowa State
University. USA.
- Weraduwege S. M., Chen J.,Anozie, F.C., Morales A., Weise S.E., and Sharkey
T. D. The relationship between leaf area growth and biomass
accumulation in *Arabidopsis thalia*. *Front. Plant. Sci* 6(167) : 1-21.
- Wirawan, I.W.E.A., Suadadan,I.K. and Susrama, I.G.K. 2015. Identifikasi
mikoriza vesikular arbuskular (mva) dari rhizosfer tanaman cabai
(*Capsicum annuum* L.) dan tomat (*Solanum lycopersicum* L.) serta
perbanyakannya menggunakan media zeolit. *Jurnal Agroekoteknologi
Tropika* 4 (4): 304-313.
- Wulandari, Arum, S.,Susanti and Sri. 2012. Aplikasi pupuk daun organik untuk
meningkatkan pertumbuhan bibit jabon (*Anthocephalus cadamba* Roxb.
Miq.). *Jurnal Silvikultur Tropika* 3 (2) : 137-142.