

**PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN
FUNGISIDA FLUTRIAFOL PADA PERTUMBUHAN DAN KETAHANAN
BIBIT KELAPA SAWIT TERHADAP PENYAKIT
BUSUK PANGKAL BATANG**

Skripsi

Oleh

Anding Oktaviani



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN FUNGISIDA FLUTRIAFOL PADA PERTUMBUHAN DAN KETAHANAN BIBIT KELAPA SAWIT TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG

Oleh

ANDING OKTAVIANI

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan fungi yang dapat bersimbiosis secara mutualisme dengan akar tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensi* Jacq). FMA memiliki berbagai manfaat yang berperan dalam pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit. FMA dapat meningkatkan peranan akar dalam penyerapan unsur hara makro dan mikro, serta menghasilkan hormon dan ZPT bagi tanaman inang. FMA juga dapat berperan sebagai agens hayati terhadap serangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh cendawan *Ganoderma boninense*. FMA dalam meningkatkan pertumbuhan dan sebagai agens hayati dipengaruhi oleh dosis spora FMA yang digunakan. Selain FMA sebagai agens hayati, fungisida flutriafol juga dapat digunakan sebagai pengendalian kimiawi. Dosis fungisida flutriafol yang efektif dibutuhkan supaya penyebaran penyakit tidak meluas pada tanaman yang sehat. Oleh karena itu, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan untuk (1) mengetahui dosis spora FMA terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang, (2) mengetahui dosis fungisida

flutriafol terbaik dalam menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang, (3) mengetahui pengaruh aplikasi fungisida flutriafol pada perkembangan FMA dalam mengendalikan perkembangan penyakit busuk pangkal batang. Penelitian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan faktorial (3x3). Faktor pertama perlakuan dosis FMA yang terdapat 3 taraf yaitu tanpa FMA (m_0), diberi FMA dosis 1000 spora/tanaman (m_1), dan diberi FMA dosis 1500 spora/tanaman (m_2). Faktor kedua perlakuan dosis fungisida flutriafol 3 taraf yaitu tanpa fungisida (f_0), diberi dosis 2 ml/l (f_1), diberi dosis 4 ml/l (f_2) dan setiap perlakuan diulang 6 kali. Data yang diperoleh diuji dengan Uji Bartlett untuk kehomogenan ragam antarperlakuan dan kementerian data diuji dengan Uji Tukey. Data dianalisis dengan sidik ragam dan pemisah nilai tengah dengan uji BNT taraf nyata 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa aplikasi FMA dengan perlakuan dosis 1000 spora/tanaman menghasilkan tingkat pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik dibandingkan dengan dosis 1500 spora/tanaman dan kontrol. Aplikasi FMA belum efektif dalam menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang akibat serangan Cendawan *G. boninense*. Dosis fungisida flutriafol 4 ml/l efektif dalam menekan perkembangan Cendawan *G. boninense*, hal tersebut ditandai dengan hasil efikasi yang mencapai 38,46 % dan menghasilkan tingkat serangan penyakit lebih rendah dibandingkan perlakuan dosis 2 ml/l. Penggunaan fungisida flutriafol yang merupakan fungisida sistemik dapat menghambat FMA dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit.

Kata kunci: FMA, fungisida flutriafol, *Ganoderma boninense*, kelapa sawit.

**PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN
FUNGISIDA FLUTRIAFOL PADA PERTUMBUHAN DAN KETAHANAN
BIBIT KELAPA SAWIT TERHADAP PENYAKIT
BUSUK PANGKAL BATANG**

Oleh

ANDING OKTAVIANI

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 : **PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA
ARBUSKULAR DAN FUNGISIDA
FLUTRIAFOL PADA PERTUMBUHAN DAN
KETAHANAN BIBIT KELAPA SAWIT
TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL
BATANG**

Nama Mahasiswa : **Anding Oktaviani**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1514121076

Jurusan/ PS : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



Dr. Ir. Maria Viva-Rini, M.Sc.
NIP 19660304 199012 2 001



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 19641119 198903 1 001

2. Ketua Jurusan Agroteknologi

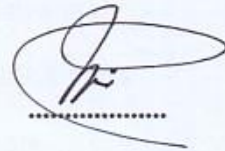


Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.
NIP 19630508 198811 2 001


MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

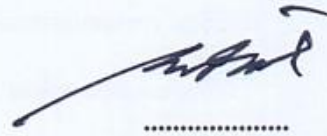
Ketua : Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.



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



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



2. Dekan Fakultas Pertanian



Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.
NIP 1961 1020 198603 1 002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 11 Oktober 2019

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN FUNGISIDA FLUTRIAFOL PADA PERTUMBUHAN DAN KETAHANAN BIBIT KELAPA SAWIT TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik berlaku.

Bandar Lampung,
Penulis,



Anding Oktaviani
NPM 1514121076

RIWAYAT HIDUP

Anding Oktaviani dilahirkan di Kabupaten Pringsewu, pada 29 Oktober 1996 sebagai putri kedua dari 3 bersaudara pasangan Bapak Dimas Hermiyanto dan Ibu Reni Yusnani. Penulis mengawali pendidikan di Taman Kanak-Kanak Fransiskus Kalirejo pada tahun 2001-2003, kemudian Sekolah Dasar di Fransiskus Kalirejo pada tahun 2003-2009, kemudian Sekolah Menengah Pertama di SMP Muhammadiyah Kalirejo pada tahun 2009-2012, dan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 2 Pringsewu pada tahun 2012-2015. Penulis terdaftar sebagai Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2015 melalui jalur SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis melaksanakan Program Kuliah Kerja Nyata (KKN) selama 40 hari di Desa Way Areng, Kecamatan Mataram Baru, Kabupaten Lampung Timur pada Bulan Januari 2018-Maret 2018. Pada Bulan Juli 2018-Agustus 2019 penulis melaksanakan Praktik Umum di PT *Great Giant Pineapple* PG 4 Lampung Timur. Penulis pernah menjadi Asisten Dosen Mata Kuliah Pembibitan Kelapa Sawit, Asisten Dosen Mata Kuliah Produksi Tanaman Biofuel, Biooil, dan Minyak Atsiri, Asisten Dosen Mata Kuliah Bioteknologi Pertanian, Asisten Dosen Mata Kuliah Teknologi Benih.

“Barang siapa yang bertaqwa kepada Allah niscaya Dia akan membukakan jalan keluar bagainya, dan Dia akan memberinya rezeki dari arah yang tidak disangkanya, dan barang siapa bertawakkal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan keperluannya. Sesungguhnya, Allah melaksanakan urusanNya dan menetapkan ketentuan bagi setiap sesuatu”
(Q.S.At-Talaq [65]: 2-3)

“Sukses adalah saat persiapan dan kesempatan bertemu”
Bobby Unser

“Hidup itu adalah seni, menggambar tanpa penghapus”
John W. Gardner

“Kalau kamu capek tapi kamu senang,
kamu berada di jalur perjuangan yang tepat”
Bapak

Kupersembahkan karya kecilku ini kepada kedua orang tuaku Ayahanda Dimas Hermiyanto dan Ibunda Reni Yusnani, terimakasih atas kasih sayang, doa, semangat, dan pengorbanan yang telah diberikan untukku.

SANWACANA

Puji syukur penulis sampaikan ke hadirat Allah SWT atas berkah dan rahmat-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Sholawat dan salam semoga selalu dilimpahkan kepada Nabi Muhammad SAW yang selalu menjadi panutan umat. Selama penulis skripsi ini penulis mendapat banyak bimbingan, saran, kritik, dan motivasi dari berbagai pihak, pada kesempatan ini penulis ingin menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si. Selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. Selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc. Selaku Pembimbing Utama yang telah membimbing, memberi saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis.
4. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. Selaku Pembimbing Kedua yang telah membimbing, memberi saran, dan motivasi kepada penulis.
5. Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S. Selaku Penguji yang telah memberi saran, dan perbaikan supaya skripsi ini lebih baik.
6. Prof. Ir. Muhajir Utomo, M.Sc. Ph.D Selaku Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan menasehati penulis selama ini.

7. Ayahanda Dimas Hermiyanto dan Ibunda Reni Yusnani yang telah memberikan dukungan, doa, kasih sayang, serta motivasi kepada penulis. Kakak penulis Ajeng Nabila Dini Saputri dan Adik Tersayang Hanung Tri Prasetyo yang telah memberikan dukungan dan semangat bagi penulis, serta keponakan tersayang Muhammad Said Zuhri Albiruni atas keceriaannya. Untuk keluarga tersayang Mama Ami, Ibu Iyah, Om Hengki yang telah membantu penulis. Nihan Jodi Indrawan, Tante Widya Nurmalasari, S.Farm., Kidung Prastiwi yang telah memberikan keceriaannya bagi penulis.
8. *Myco Family* (Mbak Anggun, Mbak Novri, Mbak Retta) atas arahan, bantuan, dan keceriaannya.
9. Kakak tingkat terbaik, Mbak Silvi Indrasari, S.P. dan Kak David, S.P. yang telah memberi nasihat, dukungan, motivasi, dan bantuannya kepada penulis.
10. *My BFF* Syahanda Riswandi Siregar, Amd. yang telah memberikan dukungan, motivasi, semangat, perhatian dan keceriaannya kepada penulis.
11. Sahabat-Sahabat tercinta *Deadwood zone* (Birgita T.S, S.Si., S.B. Asih, S.Si., Luluk Pratiwi, S.Pd., Ana Yamashita, Dukha Z, Agnes T.Tobing), Ajeng Handayani Utami, S.P., Suyadi, Haitomi, S.P., Nindya Helsa Wulandari, Amd., Dwi Wahyudi. Atas semangat, bantuan, motivasi, dan dukungannya.
12. Tim penelitian Masnur Permata Y dan Suyadi yang telah banyak membantu penulis selama perjalanan penelitian yang panjang ini.

13. Sahabat-Sahabat tercinta *Kita bertiga* (Liana Fitri, S.Pd., dan Ravena Rafika Dinda P, S.Pd) yang telah memberikan semangat, motivasi, nasihat, dan keceriaannya kepada penulis.
14. Adik-Adik tersayang di *Rumah Kita Sendiri* (Nurul Komaril A, Aysi Estania, Rafa Kholidah, Ulfi, Frenti Tari K, Vega, Maya) atas dukungan dan keceriaannya.
15. Kawan-kawan organisasi BMPSI (Badan Mahasiswa Prigsewu Seluruh Indonesia) yang telah memberikan motivasi dan perhatian kepada penulis.

Semoga Allah SWT selalu melimpahkan kasih sayang-Nya dan membalas kebaikan yang telah diberikan kepada penulis. Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak.

Bandar Lampung,
Penulis

Anding Oktaviani

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xx
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Landasan Teori	5
1.4 Kerangka Pemikiran	10
1.5 Hipotesis	13
II. TINJAUAN PUSTAKA	14
2.1 Sejarah dan Botani Kelapa Sawit	14
2.2 Varietas Kelapa Sawit	15
2.3 Botani dan Morfologi Kelapa Sawit	16
2.3.1 Akar	16
2.3.2 Batang	16
2.3.3 Daun	16
2.3.4 Bunga	17
2.3.5 Buah	18
2.4 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	18
2.4.1 Iklim	18
2.4.2 Tanah dan topografi	18
2.5 Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit	19
2.6 Mikoriza	21
2.7 Fungisida flutriafol	26

III. BAHAN DAN METODE	28
3.1 Tempat dan Waktu	28
3.2 Alat dan Bahan	28
3.3 Metode	29
3.4 Pelaksanaan	30
3.4.1 Media tanam semai	30
3.4.2 Penyemaian benih kelapa sawit pada media pasir steril	30
3.4.3 Persiapan inokulum fungi mikoriza arbuskular	31
3.4.4 Media tanam <i>pre-nursery</i> dan <i>main-nursery</i>	31
3.4.5 <i>Transplanting</i> dari semai ke <i>pre-nursery</i>	32
3.4.6 Penyiapan isolat <i>Ganoderma boninense</i>	33
3.4.6.1 Penyiapan media isolat <i>Ganoderma boninense</i>	33
3.4.6.2 Peremajaan <i>Ganoderma boninense</i>	34
3.4.6.3 Penyiapan balok kayu	34
3.4.6.4 Perbanyak isolat <i>Ganoderma boninense</i> pada media balok kayu	35
3.4.6.5 Aplikasi <i>Ganoderma boninense</i> pada bibit kelapa sawit	35
3.4.7 <i>Transplanting</i> bibit dari <i>pre-nursery</i> ke <i>main-nursery</i> dan aplikasi FMA	36
3.4.8 Pemeliharaan tanaman	38
3.4.9 Aplikasi flutriafol	39
3.5 Pengamatan	40
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1 Hasil Penelitian	
4.1.1 Tinggi tanaman	45
4.1.2 Jumlah daun	47
4.1.3 Diameter batang	48
4.1.4 Bobot segar tajuk dan akar	49
4.1.5 Bobot kering tajuk dan akar	50
4.1.6 Persen infeksi akar	51
4.1.7 Skoring gejala penyakit	52
4.1 Pembahasan	57

V. SIMPULAN DAN SARAN	66
5.1 Simpulan	66
5.2 Saran	66
DAFTAR PUSTAKA	68
LAMPIRAN	74

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kombinasi perlakuan pada penelitian	30
2. Dosis pemupukan bibit kelapa sawit	39
3. Skoring gejala penyakit pada daun	42
4. Skoring gejala penyakit pada akar	42
5. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian pada 4 MSA, 12 MSA, dan 24 MSA	46
6. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol terhadap Tinggi tanaman bibit kelapa sawit pada 4 MSA, 12 MSA, dan 24 MSA	47
7. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol terhadap jumlah daun bibit kelapa sawit pada 4 MSA, 12 MSA, dan 24 MSA	48
8. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol terhadap diameter batang bibit kelapa sawit pada 4 MSA, 12 MSA, dan 24 MSA	49
9. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol terhadap bobot segar tajuk dan akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	50
10. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol terhadap Bobot kering tajuk dan akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	51
11. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol pada persen infeksi akar bibit kelapa sawit umur 9 bulan	52
12. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol pada skoring gejala penyakit di daun	53
13. Pengaruh perlakuan FMA dan fungisida flutriafol pada skoring gejala penyakit di akar	57
14. Data tinggi bibit kelapa sawit pada 4 MSA	75

15. Uji Bartlett tinggi bibit kelapa sawit pada 4 MSA	75
16. Analisis ragam untuk tinggi bibit kelapa sawit pada 4 MSA	76
17. Data tinggi bibit kelapa sawit pada 12 MSA	76
18. Uji Bartlett tinggi bibit kelapa sawit pada 12 MSA	77
19. Analisis ragam untuk tinggi bibit kelapa sawit pada 12 MSA	77
20. Data tinggi bibit kelapa sawit pada 24 MSA	78
21. Uji Bartlett tinggi bibit kelapa sawit pada 24 MSA	78
22. Analisis ragam untuk tinggi bibit kelapa sawit pada 24 MSA	79
23. Data jumlah daun bibit kelapa sawit pada 4 MSA	79
24. Uji Bartlett jumlah daun bibit kelapa sawit pada 4 MSA	80
25. Analisis ragam untuk jumlah daun bibit kelapa sawit pada 4 MSA	80
26. Data diameter batang bibit kelapa sawit pada 4 MSA	81
27. Uji Bartlett diameter batang bibit kelapa sawit pada 4 MSA	81
28. Analisis ragam untuk diameter batang bibit kelapa sawit pada 4 MSA	82
29. Data diameter batang bibit kelapa sawit pada 12 MSA	82
30. Analisis ragam untuk diameter batang bibit kelapa sawit pada 12 MSA	83
31. Data diameter batang bibit kelapa sawit pada 24 MSA	83
32. Uji Bartlett diameter batang bibit kelapa sawit pada 24 MSA	84
33. Analisis ragam untuk diameter batang bibit kelapa sawit pada 24 MSA	84
34. Data bobot segar tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	85
35. Uji Bartlett bobot segar tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	85
36. Analisis ragam untuk bobot segar tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	86
37. Data bobot segar akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	86
38. Uji Bartlett bobot segar akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	87

39. Analisis ragam untuk bobot segar akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA....	87
40. Data bobot kering tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	88
41. Uji Bartlett bobot kering tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	88
42. Analisis ragam untuk bobot kering tajuk bibit kelapa sawit pada 24 MSA	89
43. Data bobot kering akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	89
44. Uji Bartlett bobot kering akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	90
45. Analisis ragam untuk bobot kering akar bibit kelapa sawit pada 24 MSA	90
46. Data persen infeksi akar bibit kelapa sawit pada umur 9 bulan	91
47. Uji Bartlett persen infeksi akar bibit kelapa sawit pada umur 9 bulan	91
48. Analisis ragam untuk persen infeksi akar bibit kelapa sawit pada umur 9 bulan	92
49. Data skoring gejala penyakit di daun bibit kelapa sawit	92
50. Data skoring gejala penyakit di akar bibit kelapa sawit	94
51. Data efikasi fungisida flutriafol	97

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Skema alur kerangka pemikiran	12
2. Penyemaian kecambah kelapa sawit: kecambah kelapa sawit ditanam dengan plumula (1) menghadap ke atas dan radikula (2) menghadap ke bawah (a), jarak tanam semai (b)	31
3. <i>Transplanting</i> dari semai ke <i>pre-nursery</i> : pembuatan lubang tanam (a), aplikasi spora FMA (b), proses penanaman bibit (c)	32
4. Isolat <i>Ganoderma boninense</i>	33
5. Penyiapan media balok kayu: balok kayu yang telah kering (a), larutan media dituang dalam plastik berisi balok kayu (b), balok kayu berisi media MEA (c)	35
6. Inokulasi isolat <i>G. boninense</i>	35
7. Inokulum <i>G.boninense</i> yang sudah berumur 47 hari	36
8. <i>Transplanting</i> bibit dari <i>pre-nursery</i> ke <i>main-nursery</i> dan aplikasi FMA: lubang tanam (a), polybag dibongkar dan dibersihkan akar dari tanah (b), akar direndam (c), aplikasi <i>G.boninense</i> (d), aplikasi FMA (e), penanaman (f)	37
9. Tata letak percobaan	38
10. Skema alur kerja penelitian pengaruh aplikasi fungi mikoriza arbuskular dan fungisida flutriafol pada pertumbuhan dan ketahanan bibit kelapa sawit yang terserang <i>Ganoderma boninense</i>	44
11. Akar bibit kelapa sawit. Diinokulasikan FMA (a,b,c), dan tidak diinokulasikan FMA (d)	59
12. Tanaman bibit kelapa sawit umur 9 bulan m_0 = kontrol, m_1 = dosis 1000 spora/tanaman, m_2 = dosis 1500 spora/tanaman	61

13. Gejala pada bibit kelapa sawit yang terserang *G.boninense* (a),
badan buah *G.boninense* di permukaan tanah (b),
pangkal batang bibit kelapa sawit yang terserang
oleh cendawan *G.boninense* (c)64

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu tanaman perkebunan penting penghasil minyak nabati di Indonesia karena memiliki rendemen minyak tertinggi sekitar 5,5-7,3 ton CPO/ha/tahun dibandingkan tanaman penghasil minyak nabati lainnya (PPKS, 2013). Menurut Setyamidjaja (2006), kelapa sawit sebagai penghasil minyak nabati terbesar selain kelapa, kacang-kacangan, jagung, bunga matahari, zaitun dan lain-lain mampu mendorong sektor ekonomi Indonesia. Kebutuhan akan minyak sawit (*Crude Palm Oil*) terus meningkat seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk dibarengi permintaan dunia terhadap CPO yang juga terus mengalami peningkatan setiap tahunnya. Hal ini mendorong pemerintah, perusahaan swasta, ataupun perkebunan rakyat di Indonesia untuk lebih memacu pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit supaya menghasilkan produksi yang maksimal (Sastrosayono, 2003).

Menurut Pahan (2012), Indonesia adalah negara penghasil minyak sawit (CPO) tertinggi di dunia. Statistik Perkebunan Indonesia (2017) menunjukkan bahwa luas lahan kelapa sawit pada tahun 2012 sebesar 9.572.715 ha meningkat menjadi 12.307.677 ha pada tahun 2017. Produksi minyak kelapa sawit juga

meningkat dari 26.015.51 ton pada tahun 2012 menjadi 35.359.384 ton pada tahun 2017.

Peningkatan produksi minyak sawit yang maksimal diperoleh dari adanya budidaya yang baik, salah satunya penggunaan pupuk yang tepat. Saat ini banyak dikembangkan manfaat mikroorganisme sebagai pupuk, salah satunya yaitu fungi mikoriza arbuskular (FMA). FMA sebagai pupuk hayati mampu meningkatkan peranan akar dalam penyerapan unsur hara makro dan mikro khususnya fosfat, FMA juga mampu memperluas permukaan akar sehingga penyerapan unsur hara lebih mudah. FMA selain bermanfaat sebagai pupuk hayati, juga dapat bermanfaat sebagai agens hayati terhadap serangan penyakit tanaman. Serangan penyakit pada tanaman yang dapat menurunkan produksi yaitu penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit yang disebabkan oleh cendawan *Ganoderma boninense* (Sieverding, 1991).

Menurut Purnamasari (2012), serangan *G.boninense* pada perkebunan kelapa sawit di Indonesia sudah mencapai 20% mengakibatkan kerugian produksi sebesar Rp 40 triliun setiap tahunnya. Kerugian ini disebabkan oleh rendahnya produksi CPO dan turunnya bobot tandan buah segar yang dapat mencapai 80%. Cendawan ini mampu menginfeksi bagian pangkal batang kelapa sawit dan akan terlihat gejala membusuk pada pangkal batang setelah 6-12 bulan terinfeksi.

Teknik pengendalian yang tepat sangat dibutuhkan supaya penyebaran penyakit busuk pangkal batang tidak semakin banyak. Alternatif pengendalian menggunakan agens biokontrol FMA mampu menghasilkan senyawa antibiotik

yang dapat mengendalikan mikroorganisme penyebab penyakit pada tanaman inangnya (Djunaedy, 2008). Menurut Read *et al.* (1992), tanaman yang terinfeksi mikoriza pada daerah mikorizosfir banyak mengandung eksudat akar seperti flavonoid, vitamin, dan lain-lain. Komposisi eksudat akar ini tidak cocok bagi patogen, sehingga tanaman dapat mempertahankan diri dari serangan infeksi.

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

Selain agens hayati yang dapat mengendalikan penyakit pada tanaman, penggunaan pestisida kimiawi dianggap sebagai suatu solusi untuk mengendalikan penyakit ketika kerugian yang disebabkan sudah melebihi ambang batas ekonomi, artinya bukan saja kerugian fisik tanaman tetapi juga merugikan secara ekonomi. Salah satu pestisida kimiawi yang dapat digunakan adalah fungisida berbahan aktif flutriafol. Flutriafol adalah jenis fungisida sistemik yang ketika diaplikasikan akan diserap oleh jaringan tanaman dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman. Fungisida ini dapat mengendalikan cendawan golongan *Basidiomycota* penyebab penyakit tular tanah salah satunya busuk pangkal batang kelapa sawit.

Menurut Aini (2014), fungisida flutriafol dikategorikan efektif untuk mengendalikan patogen tular tanah jika tingkat efikasi lebih atau sama dengan

30% dengan syarat tingkat kerusakan tanaman pada petak perlakuan yang diuji lebih rendah daripada kontrol. Tingkat efikasi ditentukan berdasarkan dosis yang digunakan. Penelitian Aini (2014) menyatakan dosis 0,05% yang diaplikasikan dengan cara disemprot pada bagian daun memiliki tingkat efikasi lebih tinggi dibandingkan dengan dosis 0,1% dan 0,15%.

Menurut Sieverding (2001), fungisida benomyl toksik terhadap jamur non patogen seperti mikoriza yang diaplikasikan pada tanah. Aplikasi fungisida sistemik yang tidak tepat dapat menghambat infeksi mikoriza pada akar tanaman inang dan menghambat perkembangan mikoriza sebagai organisme menguntungkan untuk pengendalian penyakit jamur tular tanah. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui dosis FMA dan fungisida flutriafol yang efektif dan efisien untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang serta mengetahui pengaruh aplikasi fungisida flutriafol terhadap FMA.

Berdasarkan latar belakang dan masalah di atas, maka perlu dilakukan penelitian untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapakah dosis spora FMA terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *G. boninense*?
2. Berapakah dosis fungisida flutriafol terbaik untuk menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit?

3. Apakah aplikasi fungisida flutriafol dapat menekan perkembangan FMA dalam mengendalikan perkembangan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang dan masalah tersebut, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dosis spora FMA terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *G. boninense*.
2. Untuk mengetahui dosis fungisida flutriafol terbaik dalam menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit.
3. Untuk mengetahui pengaruh aplikasi fungisida flutriafol pada FMA dalam mengendalikan perkembangan penyakit busuk pangkal pada bibit kelapa sawit.

1.3 Landasan Teori

Menurut Smith dan Read (2008), FMA adalah fungi obligat dimana kelangsungan hidup fungi berasosiasi dengan akar tanaman inang artinya hanya mampu mengikat bahan organik dari hasil fotosintesis tanaman yang ditumpanginya.

FMA memiliki manfaat bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman seperti penyerapan unsur hara pada tanah. Selain berfungsi sebagai penyerapan unsur hara, FMA juga dapat berperan dalam memperbaiki sifat fisik pada tanah, serta mampu menghasilkan zat pengatur tumbuh (Same, 2011). Mekanisme infeksi

FMA dengan tanaman inang dimulai ketika spora diaplikasikan di dekat perakaran tanaman, maka spora akan berkecambah dan menghasilkan hifa. Selanjutnya, hifa akan menempel pada epidermis akar membentuk apresorium. Apresorium sebagai alat infeksi dan tempat melekat sehingga hifa menjadi kuat. Hifa akan terus tumbuh dan melakukan penetrasi ke dalam sel korteks melalui ruang antar dinding sel. Kemudian, hifa berkembang di daerah sel korteks. Sebagian hifa masuk dan berkembang ke dalam sel korteks membentuk arbuskul yang berfungsi sebagai tempat pertukaran metabolit. Sebagian hifa lagi dapat keluar kembali membentuk hifa eksternal yang berfungsi sebagai penyerapan unsur hara (Widiastuti, 2004).

Asosiasi mikoriza dengan akar tanaman tidak hanya meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman, melainkan mikoriza memiliki mekanisme pertahanan diri terhadap patogen. Jenis ektomikoriza menghasilkan lapisan hifa yang menyelimuti akar tanaman inang yang berbentuk seperti mantel sehingga berguna sebagai pelindung fisik untuk masuknya patogen. Jenis endomikoriza menghasilkan daerah mikorizosfir yang banyak mengandung eksudat akar yang tidak disukai oleh patogen. Eksudat akar terdiri dari karbohidrat, asam amino, senyawa flavonoid, dan beberapa vitamin sehingga menghambat pertumbuhan patogen (Prayudyaningsih, 2012).

Ganoderma boninense merupakan patogen yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. Cendawan *G. boninense* termasuk ke dalam cendawan *Basidiomycota* yang memiliki basidiokarp. Akibat infeksi dari *G. boninense*, basidiokarp tumbuh mengelilingi pangkal batang kelapa sawit yang

sakit dan berkembang cepat menjadi basidiokarp yang besar, tumbuh berdekatan, serta saling menutupi. Ukuran basidiokarp yang semakin besar sebagai tanda tingkat keparahan penyakit busuk pangkal batang, sehingga menyebabkan kematian pada tanaman kelapa sawit. Selain itu, miselium cendawan *Basidiomycota* yang sudah menempel pada kayu dapat mendegradasi lignin dan selulosa sehingga seiring berjalannya waktu dapat menyebabkan pelapukan pada kayu dan akar (Ariffin *et al.*, 2000 yang dikutip oleh Ramli *et al.*, 2016).

Hasil penelitian Rini (2001), menunjukkan bahwa gejala yang ditimbulkan ketika bibit kelapa sawit terserang oleh *G.boninense* yaitu menguning pada daun tua yang diikuti dengan gejala nekrosis. Sanderson (2005) menyatakan kelapa sawit yang terserang *G.boninense* berakibat pada matinya pelepah dan runtuhnya daun serta terdapat daun tombak, akibatnya tanaman kelapa sawit tidak mampu untuk hidup, tumbuh, dan berkembang.

Menurut Talaca dan Adnan (2005), tanaman dapat tahan terhadap serangan patogen akibat infeksi dari FMA karena terdapat bahan yang dihasilkan oleh sel korteks tanaman inang yang bertindak sebagai antibiotik seperti fenol, kuinon, dan fitoaleksin yang dapat menghambat infeksi dan penyebaran patogen akar.

Menurut Mosse (1981), tanaman inang yang terinfeksi oleh FMA akan terangsang untuk membentuk senyawa isoflavonoid pada akar, sehingga ketahanan tanaman inang terhadap patogen akan meningkat. Hadisudarno (1990) menyatakan bahwa meningkatnya kadar lignin pada sel korteks tanaman inang akibat infeksi FMA dapat meningkatkan pula ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.

Penggunaan mikoriza sebagai salah satu cara pengendalian hayati memiliki kelebihan dan kekurangan. Menurut Santoso (1995), kelebihan yang dihasilkan yaitu tingkat selektif tinggi. FMA sebagai agens hayati tidak akan membunuh mikroorganisme baik lainnya tetapi akan selektif terhadap patogen yang menyerang tanaman inang, FMA hanya membunuh organisme target sehingga tidak akan menimbulkan hama baru. Selain kelebihan sebagai agens pengendali hayati, FMA mempunyai kekurangan antara lain pengendalian berjalan lambat, FMA merupakan fungi yang dapat dipengaruhi oleh aplikasi fungisida yang tidak tepat.

Hasil penelitian Widiastuti (2005), menunjukkan bahwa pengaruh jumlah spora dan FMA pada bibit kelapa sawit. Spesies FMA yang diuji yaitu *Acaulospora tuberculata* dan *Gigaspora margarita* dengan jumlah spora 200, 350, dan 500 spora/tanaman. Inokulasi 500 spora/tanaman menghasilkan pertumbuhan terbaik dibandingkan dengan inokulasi 200 dan 350 spora/tanaman. Jumlah 500 spora yang diaplikasikan di daerah perakaran bibit kelapa sawit menyebabkan kesempatan spora untuk menginfeksi akar tanaman menjadi lebih besar. Infeksi akar yang lebih besar akan membentuk daerah mikorizosfir sehingga patogen tidak dapat menginfeksi tanaman inang.

Hasil penelitian Solihah *et al.* (2013), menunjukkan bahwa inokulasi FMA campuran yang terdiri dari genus *Gigaspora* sp, *Glomus* sp, dan *Acaulospora* sp dengan dosis 12,5 g/tanaman merupakan dosis yang paling baik untuk menekan intensitas dan memperpanjang masa inkubasi penyakit layu fusarium pada tanaman semangka.

Flutriafol adalah jenis fungisida golongan triazol yang mampu berperan sebagai inhibitor dan menekan infeksi patogen (Keane, 2001 yang dikutip oleh Aini, 2014). Fungisida ini bersifat sistemik yang mampu menghambat enzim 14 α -metilase dalam proses biosintesa ergosterol dan menyebabkan perubahan beberapa fungsi sel yang berhubungan dengan membran (Joseph-Horne, 1995 yang dikutip dari Aini, 2014).

Hasil penelitian Aini (2014), menunjukkan bahwa dosis flutriafol yang tepat untuk pengendalian bibit tanaman kakao yang terserang penyakit pembuluh kayu yaitu 0,05% yang diaplikasikan dengan cara disiram (*Drenching*) pada sekeliling bibit kakao dengan volume siram 5 ml larutan per bibit. Hasil rekomendasi perusahaan pestisida didapati dosis flutriafol 12-15 ml/3l/tanaman dewasa dapat mengendalikan penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit (Komunikasi personal, 2019).

Hasil penelitian Djunaedy (2008), menunjukkan bahwa aplikasi fungisida sistemik pada tanaman yang diberi mikoriza dapat menurunkan pertumbuhan dan kolonisasi serta kemampuan mikoriza sebagai agens biokontrol penyakit. Akan tetapi, pengaplikasian fungisida yang tepat dengan adanya rentang waktu aplikasi fungisida flutriafol dengan aplikasi FMA dapat diketahui seberapa jauh pengaruh flutriafol dalam menekan perkembangan FMA.

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoretis terhadap rumusan masalah.

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) merupakan fungi dari golongan endomikoriza yang dapat bersimbiosis secara mutualisme dengan akar tanaman inang.

Simbiosis ini terjadi ketika fungi mendapatkan fotosintat dari tanaman inang dan tanaman inang mendapatkan unsur hara yang dibutuhkan dari hasil serapan fungi.

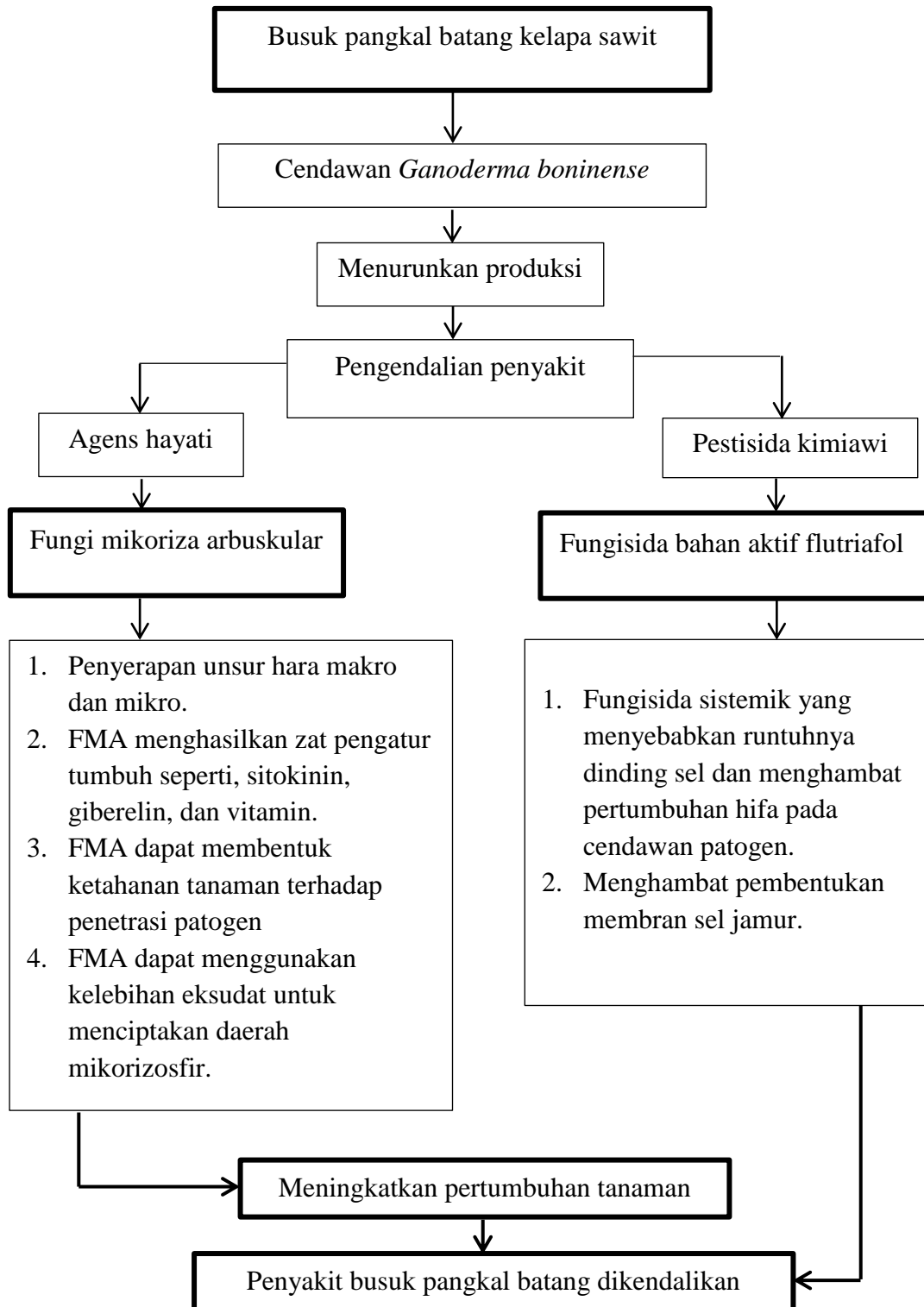
FMA memiliki berbagai macam manfaat bagi tanaman seperti berperan dalam memperbaiki sifat fisik tanah sehingga membuat tanah menjadi gembur, FMA dapat menghasilkan zat pengatur tumbuh, akar tanaman inang yang terinfeksi FMA akan menghasilkan senyawa glikoprotein, glomalin, dan asam-asam organik yang akan mengikat butir-butir tanah menjadi agregat mikro, FMA juga dapat berperan sebagai agens hayati terhadap patogen yang menyerang tanaman inang.

Tanaman yang terinfeksi oleh FMA pada sel korteks akan menghasilkan senyawa antibiotik untuk menghambat infeksi dan penyebaran patogen. Aplikasi FMA pada bibit kelapa sawit pada dosis 200, 350, dan 500 spora/tanaman dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Dosis 500 spora/bibit kelapa sawit merupakan dosis yang terbaik pada pertumbuhan dan pembentukan daerah mikorizosfir untuk melindungi tanaman inang terhadap serangan penyakit.

Mekanisme FMA dalam melindungi tanaman inang yaitu menghasilkan eksudat akar yang tidak disukai oleh patogen. Sel korteks pada akar tanaman inang yang terinfeksi oleh FMA akan mengeluarkan senyawa antibiotik yang berguna untuk menghambat infeksi dan penyebaran patogen. Kadar lignin pada sel korteks tanaman inang akan meningkat ketika terinfeksi oleh FMA sehingga ketahanan tanaman terhadap serangan patogen juga akan meningkat.

Busuk pangkal batang adalah penyakit yang dapat menurunkan produksi pada tanaman kelapa sawit sehingga harus dikendalikan. Penyakit ini disebabkan oleh patogen tular tanah cendawan *G.boninense*. Cendawan *G.boninense* termasuk ke dalam cendawan *Basidiomycota* yang dapat menghasilkan basidiokarp sebagai tanda keparahan serangan penyakit busuk pangkal batang. Bibit kelapa sawit yang terinfeksi oleh *G.boninense* akan menimbulkan gejala bercak kuning pada daun tua diikuti gejala nekrosis, ketika penyakit ini berkembang, lebih banyak daun menjadi nekrotik dengan ukuran daun lebih kecil dari ukuran daun normal, akibatnya pertumbuhan dan perkembangan bibit kelapa sawit terhambat.

Selain mikoriza sebagai agens pengendalian hayati, fungisida bahan aktif flutriafol juga dapat digunakan sebagai pengendalian secara kimiawi. Flutriafol bersifat sistemik sehingga dapat menembus ke dalam jaringan tanaman inang. Mekanisme kerjanya menghambat dalam proses biosintesa ergosterol sehingga memengaruhi perubahan fungsi sel jamur yang berkaitan dengan membran. Fungisida yang diaplikasikan bersamaan dengan mikoriza akan memengaruhi perkembangan mikoriza dalam menginfeksi tanaman inang. Akibat fungisida dimungkinkan mikoriza mati atau struktur dari mikoriza seperti arbuskul, spora, dan vesikel tidak terbentuk. Kerangka pemikiran yang telah dijelaskan dapat disimpulkan dalam bagan gambar sebagai berikut (Gambar 1).



Gambar 1. Skema alur kerangka pemikiran pengaruh aplikasi fungi mikoriza arbuskular dan fungisida flutriafol pada pertumbuhan dan ketahanan bibit kelapa sawit terhadap penyakit busuk pangkal batang

1.5 Hipotesis

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

1. Terdapat dosis spora FMA terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *G.boninense*.
2. Terdapat dosis fungisida flutriafol terbaik untuk menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit.
3. Flutriafol akan menekan perkembangan FMA dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang bibit kelapa sawit.

TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Sejarah dan Botani Kelapa Sawit

Kelapa sawit salah satu tanaman perkebunan yang berasal dari Brazil, Amerika Selatan dan Afrika. Tanaman kelapa sawit di daerah Amerika Selatan merupakan tanaman yang tumbuh liar disepanjang sungai. Spesies tanaman kelapa sawit *Elaeis oleifera* (H. B. K.) Cortes dan *Elaeis odora* termasuk tanaman asli dari Amerika Selatan, sedangkan *Elaeis guineensis* Jacq. termasuk ke dalam spesies asli dari Afrika (Pahan, 2008).

Abad ke-16 para ahli kelapa sawit berbeda pendapat mengenai klasifikasi tanaman kelapa sawit karena pada masa tersebut ilmu tentang kelapa sawit masih belum berkembang. Berdasarkan *Binnomial nomenklatur* yang dikembangkan oleh bapak taksonomi yaitu Carolus Linnaeus mengenai dunia botani, bahwasanya semua tumbuhan dapat diklasifikasikan sehingga memudahkan manusia untuk mengenal. Klasifikasi kelapa sawit yang diterima pada saat ini yaitu Divisi Spermatophyta, Subdivisi Angiospermae, Kelas Monocotyledonae, Ordo Palmales, Famili Palmae, Sub famili Cocoideae, Genus *Elaeis*, Spesies *Elaeis guineensis* Jacq. (Pahan, 2008).

Spesies *Elaeis guineensis* Jacq. berasal dari kata *Elaeis* Bahasa Yunani yang artinya minyak, *guineensis* berasal dari kata Guinea menurut Jacquin daerah asal kelapa sawit, dan Jacq. adalah singkatan dari Jacquin nama orang yang telah melakukan pengamatan tanaman kelapa sawit yang tumbuh di Martinique, Hindia Barat, Amerika Tengah tahun 1763 (Pahan, 2008).

2.2 Varietas Kelapa Sawit

Varietas kelapa sawit dibedakan berdasarkan tebal cangkang/tempurung dan daging buah, serta warna kulit buahnya. Berdasarkan tebal cangkang/tempurung dan daging buah, kelapa sawit dibedakan menjadi 3 yaitu dura, pisifera, dan tenera. Di Indonesia varietas yang banyak dibudidayakan yaitu tenera. Dura memiliki daging buah yang tipis sekitar 35-50 % terhadap buah, memiliki tempurung tebal yaitu 2-8 mm, tidak memiliki lingkaran sabut pada bagian luar cangkang. Dura digunakan sebagai induk betina untuk menghasilkan varietas tenera. Pisifera memiliki daging buah yang tebal dengan cangkang yang tipis dan digunakan sebagai induk jantan untuk menghasilkan varietas tenera. Tenera adalah varietas hasil persilangan dari induk betina dura dan induk jantan pisifera. Tenera memiliki daging buah yang tebal dengan cangkang yang tipis serta serabut buah yang agak tebal, sehingga banyak dikembangkan untuk produksi secara komersial di Indonesia (Sastrosayono, 2003).

Menurut Sastrosayono (2003), berdasarkan warna kulitnya, kelapa sawit dibedakan menjadi 3 yaitu *nigrescens*, *virescens*, dan *albescens*. *Nigrescens* adalah jenis kelapa sawit pada saat muda buah berwarna ungu kehitaman dan saat masak berwarna jingga kehitaman. *Virescens*, buah muda berwarna hijau dan tua

berwarna *orange*. *Albescens* pada saat buah muda berwarna keputihan dan ketika masak buahnya berwarna kekuningan dengan ujung ungu kehitaman.

2.3 Botani dan Morfologi Kelapa Sawit

2.3.1 Akar

Sistem perakaran tanaman kelapa sawit adalah serabut. Akar primer dengan diameter 6-10 mm terbentuk dari radikula yang mati dan menyebar horizontal serta menghujam dalam tanah sampai 15-20 m. Akar primer selanjutnya membentuk akar sekunder dengan diameter 2-4 mm. Akar sekunder bercabang membentuk akar tersier dengan diameter 0,7-1,2 mm dan akar tersier bercabang membentuk akar kuartar. Akar tanaman kelapa sawit memiliki fungsi untuk menyerap unsur hara, penunjang struktur batang, dan alat bantu respirasi (Pahan, 2008).

2.3.2 Batang

Kelapa sawit termasuk ke dalam jenis tanaman monokotil sehingga tidak memiliki kambium. Batang tegak lurus berbentuk silinder berdiameter 25-75 cm. Tinggi maksimum batang 15-18 m dan selalu bertambah 25-45 cm/tahun. Menurut Lubis (1992), terdapat pelepah daun yang membalut batang dengan jumlah pelepah tergantung usia tanaman kelapa sawit. Kelapa sawit dewasa memiliki 40-56 pelepah dan setiap pelepah terdiri 100-160 pasang anak daun.

2.3.3 Daun

Daun tanaman kelapa sawit berbentuk susunan majemuk, memiliki tulang daun sejajar, dan bersirip genap. Bagian dari daun kelapa sawit terdapat pangkal

pelelah daun sebagai tempat duduknya helai daun, tangkai daun, duri, anak daun dengan jumlah 250-400 helai, ujung daun, lidi, tepi daun, dan daging daun.

Pelelah daun kelapa sawit dapat tumbuh hingga mencapai 9 m. Biasanya bagian helai daun terpanjang berada di tengah-tengah pelelah daun.

2.3.4 Bunga

Tanaman kelapa sawit termasuk ke dalam tanaman berumah satu yaitu dalam satu tanaman terdapat bunga jantan dan bunga betina yang letaknya berbeda. Bunga jantan memiliki bentuk lonjong memanjang dan ujung kelopaknya agak meruncing dengan garis bunga tengah lebih kecil, sedangkan bunga betina memiliki ciri-ciri agak bulat, ujung kelopak agak rata dengan garis tengah lebih besar. Bunga banci terkadang ditemui pada kelapa sawit yaitu bunga jantan dan bunga betina ada pada satu rangkaian (Sastrosayono, 2003).

Pada kelapa sawit dewasa dalam satu tandan bunga terdapat lebih dari 200 cabang bunga (spikelet), setiap cabang mengandung 700-1.200 bunga jantan yang terdiri dari 6 helai benang sari dan 6 perhiasan bunga. Satu tandan bunga jantan menghasilkan 25-50 gram tepung sari. Bunga betina memiliki 100-200 spikelet dalam satu tandan, setiap spikelet mengandung 15-20 bunga betina yang akan diserbuki oleh tepung sari. Tandan bunga betina dibungkus oleh seludang yang akan pecah 15–30 hari sebelum anthesis (Sastrosayono, 2003).

2.3.5 Buah

Buah kelapa sawit merupakan buah keras (*drupe*) yang menempel dan banyak bergerombol pada tandan buah. Dalam satu tandan terdapat kurang lebih 1.600 buah dengan panjang 2-5 cm dan berat 15-30 gram. Buah kelapa sawit terdiri dari kulit buah (*exocarp*), sabut (*mesocarp*), cangkang biji (*endocarp*), inti (*kernel*) (Mangoensoekarjo dan Semangun, 2005).

2.4 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

2.4.1 Iklim

Tanaman kelapa sawit termasuk tanaman tropis yang tumbuh baik di daerah antara 16° LU dan 10° LS. Suhu yang baik untuk pertumbuhan dan perkembangan kelapa sawit yaitu 27-33° C dengan curah hujan rata-rata tahunan 1.250-3.000 mm dengan jumlah bulan kering kurang dari 3 bulan. Akan tetapi, curah hujan optimal untuk pertumbuhan kelapa sawit yaitu 1.750-2.500 mm. Kelembaban optimum untuk tumbuh dan berkembang antara 80-90 % dengan intensitas lama penyinaran matahari 5-7 jam/hari (Pusat Penelitian Kelapa Sawit, 2006).

2.4.2 Tanah dan topografi

Kelapa sawit mampu tumbuh pada beberapa jenis tanah seperti Podsolik, Latosol, Regosol, Andosol, Organosol, dan Aluvial. Menurut Sastrosayono (2003), produksi kelapa sawit terbaik pada lahan dengan elevasi 0-200 m di atas permukaan laut dengan kemiringan 0-12° (12%). Sifat tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit memiliki ciri-ciri tebal solum 80 cm, tekstur

ringan dengan fraksi pasir 20-60 %, debu 10-40 %, dan liat 29-50 %. pH tanah yang baik untuk pertumbuhan tanaman kelapa sawit yaitu 5-6.

2.5 Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit

Menurut Alexopolus dan Mims (1996), klasifikasi cendawan *G. boninense* termasuk ke dalam Kingdom Myceteae, Divisio Eumycophyta, Class Basidiomycetes, Ordo Aphyllophorales, Famili Ganodermataceae, Genus Ganoderma, Spesies *Ganoderma boninense*

G.boninense termasuk cendawan Basidiomycota yang berasal dari Asia Tenggara, Jepang, dan Kawasan Pasifik Australia. *G.boninense* adalah cendawan patogen yang menyebabkan penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit. Sebagian besar tanaman inang *G.boninense* merupakan tanaman palem-paleman. Siklus hidup *G.boninense* sebagian besar terjadi di dalam tanah atau pada jaringan tanaman. *G.boninense* menghasilkan spora hasil perkembangbiakan dari basidium. Proses meiosis, plasmogami, dan kariogami membentuk basidiospora yang nantinya akan membentuk tanda menjadi basidiokarp (Jing, 2007).

Menurut semangun (2000), tanda awal adanya serangan *G.boninense* yaitu terdapat bonggol kecil, bulat, berwarna putih yang selalu berkembang cepat membentuk piringan seperti kipas tebal. Cendawan ini terlihat semakin besar karena basidiokarp tumbuh saling berdekatan dan saling menutupi. Warna permukaan atas basidiokarp beragam yaitu coklat muda hingga coklat tua bahkan pada basidiokarp yang muda permukaan atas tampak mengkilap. Warna

permukaan bawah basiokarp yaitu putih pucat dan memiliki lapisan pori untuk pembentukan basidium dan basidiospora.

Gejala penyakit busuk pangkal batang yang menyerang bibit kelapa sawit pertama kali terlihat bercak kuning atau goresan pada daun tertua diikuti dengan gejala nekrosis, ketika penyakit ini berkembang lebih banyak daun menjadi nekrotik dengan ukuran lebih kecil dari ukuran daun normal (Rini, 2001). Bibit kelapa sawit yang telah terinfeksi akan terlihat lebih pucat warnanya daripada bibit kelapa sawit yang sehat (Risanda, 2008). Gejala tersebut dapat menyebabkan kematian pada bibit karena kurangnya unsur hara yang diangkut dari akar menuju daun yang berakibat terganggunya proses fotosintesis, sintesis klorofil, dan transfer asimilat. Menurut Susanto *et al.* (2013), gejala kelapa sawit yang terserang penyakit busuk pangkal batang akan terlihat 6-12 bulan setelah infeksi. Pangkal batang kelapa sawit yang terinfeksi akan membusuk sehingga tumbang sebelum masa produktif berakhir.

Menurut Yanti dan Susanto (2004), penyakit busuk pangkal batang yang menyerang tanaman kelapa sawit dewasa akan memperlihatkan gejala daun pucat, daun tua menjadi layu dan akhirnya patah, keluar getah dari tempat yang terinfeksi. Gejala lainnya yaitu pada pangkal batang akan membusuk dan muncul badan buah sebagai tanda infeksi, serangan *G.boninense* lebih lanjut akan mengakibatkan lapuknya jaringan kayu pada batang kelapa sawit sehingga menyebabkan tanaman kelapa sawit tumbang.

Kelapa sawit yang tumbang akibat serangan *G.boninense* menyisakan cendawan tersebut pada tunggul-tunggul kelapa sawit. Tunggul tersebut memiliki potensi sebagai sumber inokulum baru untuk menyebarkan penyakit busuk pangkal batang dengan tingkat patogenitas yang tinggi kepada tanaman kelapa sawit lainnya. Akar atau batang yang sakit sangat berpotensi untuk menularkan penyakit busuk pangkal batang. Penularan ini terjadi melalui kontak langsung antara akar atau batang yang sakit dengan sumber inokulum. Tunggul yang jatuh dan membusuk akan menciptakan keadaan lingkungan yang lembab dengan banyaknya hara di daerah tersebut sehingga menarik akar-akar tanaman kelapa sawit muda untuk mendekati daerah tersebut. Dengan demikian, ketika cendawan *G.boninense* memiliki makanan yang cukup untuk menginfeksi maka tanaman yang sehat akan tertular oleh penyakit busuk pangkal batang (Semangun, 2000).

2.6 Mikoriza

Mikoriza berasal dari kata *myco* yang artinya jamur (fungi) dan *riza* yang berarti akar. Mikoriza merupakan istilah yang menggambarkan adanya interaksi antara fungi dan akar. Interaksi antara keduanya bersifat mutualisme dimana fungi dapat menyediakan nutrisi bagi tanaman inang melalui proses penyerapan oleh miselium yang menembus pori-pori tanah yang tidak bisa ditembus oleh akar tanaman, sebaliknya fungi dapat memperoleh karbohidrat hasil fotosintesis tanaman inang (Alizadeh, 2011).

Berdasarkan struktur tubuh dan cara menginfeksi pada tanaman inang, mikoriza dibagi menjadi dua yaitu ektomikoriza dan endomikoriza. Ektomikoriza mempunyai ciri dengan hifa yang berkembang diantara dinding sel jaringan

korteks akar tanaman dan tidak masuk ke dalam sel-sel tanaman, ketika salah satu dari jenis fungi ektomikoriza ini menginfeksi tanaman, tanaman inang yang terinfeksi memperlihatkan gejala akar membengkak. Hifa yang terbentuk memperluas bidang serapan akar. Sedangkan endomikoriza mempunyai ciri-ciri dengan hifa masuk ke dalam sel korteks akar tanaman, kemudian membentuk struktur oval yang disebut vesikular dan mempunyai percabangan hifa yang disebut arbuskular (Brundrett, 2004).

Salah satu jenis endomikoriza yaitu fungi mikoriza arbuskular (FMA) dimana organ arbuskular, vesikel, dan spora dapat terbentuk. Arbuskular merupakan hifa yang berkembang dan bercabang halus berbentuk seperti pohon yang masuk ke dalam sel korteks tanaman inang. Fungsi arbuskul ini sebagai tempat pertukaran hasil metabolisme antara fungi dengan tanaman inang. Hifa eksternal dapat masuk ke bagian pori-pori tanah yang kecil untuk menyerap unsur hara. Simbiosis antara FMA dengan akar tanaman inang akan terbentuk struktur arbuskul 2-3 hari setelah infeksi. Pembentukan struktur arbuskul diawali dengan penetrasi pada cabang hifa lateral pada intraseluler dan ekstraseluler ke dalam dinding sel tanaman inang. Spora terbentuk didalam sporocarp yang terdapat pada ujung hifa eksternal. Spora dapat terbentuk tunggal atau berkoloni (Brundrett, 2004).

Vesikel yang terbentuk merupakan struktur dari FMA. Vesikel berasal dari hifa yang menggelembung, memiliki bentuk yang bulat, dan berdinding tipis dengan ukuran 30-50 μm sampai 80-100 μm . Vesikel mampu menjadi cadangan makan bagi fungi ketika suplai karbohidrat dari tanaman inang berkurang, karena vesikel

didapati mengandung senyawa lipid sebagai tempat cadangan makanan.

(Brundrett, 2004).

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) memiliki manfaat bagi ekosistem dan tanaman. Manfaat FMA bagi ekosistem yaitu mampu bekerja sama dengan mikroorganisme tanah untuk mendekomposisi hara bagi pertumbuhan tanaman, dapat melindungi akar dari patogen melalui kompetisi nutrisi, dapat meningkatkan nutrisi tanaman dan proses perbaikan agregat tanah (Sieverding, 1991).

Manfaat FMA bagi tanaman dapat menyerap unsur hara baik makro ataupun mikro yang tidak dapat diserap oleh akar tanaman karena pori-pori tanah yang terlalu kecil (Goltapeh *et al.*, 2003 dikutip oleh Sri Muryati *et al.*, 2016), sehingga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. FMA menghasilkan hifa eksternal yang dapat memperpanjang rambut akar dan memperluas permukaan akar sehingga mudah menyerap unsur hara dari dalam tanah (Brundrett *et al.*, 1996). Menurut Anas (1997), FMA menghasilkan zat pengatur tumbuh seperti, sitokinin, giberelin, dan vitamin. Menurut Suharno dan Santosa (2005), FMA meningkatkan peran akar dalam penyerapan ion dengan tingkat mobilitas rendah seperti fosfat (PO_4^{3-}), amonium (NH_4^+) dan penyerapan unsur hara yang immobil seperti sulfur, tembaga, dan boron.

Menurut Sinaga *et al.* (2009), FMA dapat membentuk ketahanan tanaman terhadap penetrasi patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang. FMA dapat menginfeksi akar tanaman inang sehingga akar tersebut dapat mengeluarkan eksudat yang digunakan oleh FMA sebagai sumber makanannya. FMA dapat

menggunakan semua kelebihan eksudat yang diperoleh untuk menciptakan daerah mikorizosfir yang tidak cocok bagi pertumbuhan dan perkembangan patogen (Imas *et al.*, 1989). Eksudat yang dikeluarkan oleh akar pada bagian rizosfir dapat meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan mikroorganisme tanah lainnya yang lebih banyak, sehingga patogen tidak dapat berkompetisi dengan mikroorganisme dalam memperoleh makanan (Irawan, 2011).

Menurut Marx (1973) yang dikutip oleh Djunaedy (2008), FMA mampu memberikan kekebalan bagi tanaman inang karena dapat menghasilkan senyawa antibiotik untuk melawan adanya penyakit. Akar tanaman inang yang telah terinfeksi oleh mikoriza menghasilkan bahan-bahan yang terdapat pada korteks akar untuk menghambat infeksi dan penyebaran patogen dalam akar mikoriza.

Mekanisme infeksi fungi dengan akar tanaman inang dibentuk dari beberapa tahap yaitu fase pre induksi, fase infeksi, fase pasca infeksi, fase perluasan infeksi, fase pertumbuhan hifa. Fase pre induksi diawali dengan pembentukan appressoria dari spora mikoriza yang berkecambah. Fase infeksi yaitu appressoria melakukan penetrasi terhadap akar tanaman inang, terjadinya infeksi dan pada akar tanaman inang akan ditumbuhi hifa. Selanjutnya masuk tahap pasca infeksi yaitu hifa akan tumbuh secara interselluler, arbuskul juga akan terbentuk. Arbuskul merupakan percabangan kuat dari hifa yang ada di dinding sel tanaman inang. Saat arbuskul terbentuk pada beberapa FMA seringkali terbentuk vesikel pada bagian interseluller (Talaca, 2005).

Fase perluasan infeksi antara fungi dengan akar tanaman inang terdiri dari tiga fase yaitu fase awal, fase exponential, fase pertumbuhan. Fase awal yang terbentuk saat terjadi infeksi primer, fase exponential terjadi saat pertumbuhan dan penyebaran dalam akar tanaman inang lebih cepat, dan fase pertumbuhan terjadi ketika antara akar tanaman inang dengan FMA dapat tumbuh sama. Pada fase pertumbuhan hifa FMA, akan terbentuk hifa eksternal yang akan keluar dari akar dan berkembang di dalam rizosfir tanah dan berfungsi untuk menyerap unsur hara dan sebagai alat transportasi nutrisi ke akar tanaman inang (Talaca, 2005).

FMA dapat dikelompokkan berdasarkan cara terbentuknya spora setiap genus. Spora *Glomus* merupakan spora dari family *Glomeraceae* yang memiliki permukaan dinding halus, terdiri dari satu lapisan spora yang berasal dari inti pusat hifa, *subtending* hifa atau dudukan hifa lurus berbentuk silinder, dan tidak memiliki ornamen. Proses perkembangan spora dari ujung hifa yang membesar sampai ukuran maksimum dan terbentuk spora (Invam, 2017).

Genus *Acaulospora* merupakan spora dari family *Acaulosporaceae* yang memiliki ciri-ciri berwarna kuning atau merah kekuningan, terdapat *saccule* yang bukan spora sebenarnya, bentuk spora sporiferous di sisi samping leher, dan memiliki 2-3 dinding spora. Proses perkembangan spora seolah-olah dari ujung hifa tetapi sebenarnya tidak. Ujung hifa yang membesar disebut *saccule*. *Saccule* kemudian berkembang secara blastik dari ujung hifa. Setelah *saccule* berkembang sepenuhnya, spora mulai muncul dan berkembang dari sisi hifa *subtending* yang disebut *saccule neck*. Saat spora matang, *saccule* kehilangan uooooisinya dan akhirnya terlepas (Invam, 2017).

Hasil penelitian Puspitasari *et al.* (2012), menunjukkan bahwa spora Gigaspora yang ditemukan memiliki dinding spora yang berwarna hitam. Gigaspora merupakan spora dari family Gigasporaceae yang tidak memiliki lapisan dinding. Perkecambahan spora dimulai dari spora berkembang secara blastik dari ujung hifa yang membengkak dan menjadi sel sporogen. Setelah sel sporogen mencapai ukuran penuh, spora mulai berkembang di ujungnya yang semakin lama semakin besar dan mencapai ukuran maksimal kemudian membentuk spora (Invam, 2017).

Hasil penelitian Yelianti *et al.* (2009), menunjukkan bahwa spora Entrophospora memiliki ciri-ciri warna orange dan beberapa berwarna coklat kemerahan, dan bergerombol. Proses perkembangan spora Entrophospora hampir sama dengan proses perkembangan spora Acaulospora, yaitu diantara *hyphal terminus* dengan *subtending hyphae*. Perbedaan keduanya adalah pada proses azygospora berada di tengah *hyphal terminus*, sehingga terbentuk dua lubang yang simetris pada spora yang telah matang.

2.7 Fungisida Flutriafol

Fungisida flutriafol adalah bahan aktif fungisida dari golongan triazol yang bersifat sistemik sehingga dapat memperpendek periode kerentanan daun yang masih muda untuk menekan laju infeksi patogen (Keane *et al.*, 1987).

Mekanisme kerja fungisida flutriafol mampu menghambat bagian yang spesifik yaitu biosintesis sterol. Sterol adalah salah satu komponen penting penyusun membran sel cendawan. Penelitian Yang *et al.* (2011) memperlihatkan bahwa biosintesis sterol pada dinding sel cendawan dapat dihambat oleh demethylation-

inhibitor (DMI). Kelebihan fungisida ini ketika diaplikasikan dan ditranslokasikan pada tanaman yang sakit akan menyebabkan runtuhnya dinding sel dan menghambat pertumbuhan hifa pada cendawan patogen. Kelebihan lainnya adalah efek residu dapat bertahan cukup lama pada tanaman.

Fungisida flutriafol adalah jenis fungisida sistemik, dimana fungisida sistemik memiliki kelemahan yaitu sasaran bunuh yang spesifik sehingga mengakibatkan munculnya ketahanan dari patogen. Ketahanan ini merupakan keadaan alami yang timbul sebagai reaksi perlawanan dari patogen yang terpapar senyawa kimia secara terus menerus, terutama senyawa kimia yang mempunyai sifat sasaran bunuh yang spesifik (Georgopoulos, 1982).

Fungisida flutriafol adalah fungisida sistemik yang dapat diserap dan didistribusikan ke seluruh bagian tanaman melalui jaringan. Fungisida jenis flutriafol diaplikasikan dengan cara disemprot ke bagian tanah supaya diabsorpsi oleh akar, bisa juga diinjeksi ke batang tanaman yang sakit atau melalui penetrasi daun (Triharsono, 1998 dikutip oleh Djunaedy, 2008). Pestisida sistemik dapat diserap oleh jaringan tanaman sebagai toksik sehingga ketika diaplikasikan pada tanaman yang sakit dapat dengan baik ditranslokasikan dari titik aplikasi menuju titik serangan patogen. Adanya toksik ini dapat mengganggu metabolisme tanaman inang sehingga berakibat pada melemahkan ketahanan fisik dan kimia patogen (Djunaedy, 2008).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian ini dilakukan di Rumah Kaca, Laboratorium Lapang Terpadu, dan Laboratorium Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Waktu penelitian dilaksanakan September 2018 sampai Juni 2019 di Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang akan digunakan pada penelitian adalah LAFC (*Laminar Air Flow Cabinet*), *autoclave*, mikroskop stereo, alat diseksi, *plastic wrap*, *beaker glass* berukuran 100 ml dan 250 ml, erlenmeyer berukuran 500 ml dan 250 ml, gelas ukur berukuran 1000 ml dan 50 ml, labu ukur berukuran 100 ml, cawan petri, saringan mikro berukuran 500 μm , 250 μm , 180 μm , 45 μm , hot plate, *water bath*, rak penyimpanan, *counter*, timbangan, kertas tisu, kertas label, plastik tahan panas ukuran 45 cm x 30 cm dan ukuran 1 kg, karet gelang, bak semai ukuran 43 cm x 34 cm dengan tinggi 15 cm, polybag *pre-nursery* ukuran 15 cm x 20 cm, polybag *main-nursery* 40 cm x 45 cm, ayakan 0,5 cm x 0,5 cm, *handsprayer*, sendok, gembor, ember, bak besar, gergaji, penyaring pasir, parang, kamera, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kecambah kelapa sawit varietas tenera yang diperoleh dari PPKS, balok kayu karet ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm, media pasir steril, spora campuran FMA dari Genus *Gigaspora*, *Glomus*, *Entrophospora*, dan *Acaoulospora*, isolat *Ganoderma boninense*, fungisida flutriafol, media MEA (*Malt Extract Agar*), media tanah subsoil, pupuk urea, pupuk NPK, alkohol 96% dan 70%, HCl, KOH, *Trypan blue*, spiritus, dan *aquades*.

3.3 Metode

Penelitian ini dilaksanakan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan perlakuan yang disusun secara faktorial (3x3). Faktor pertama adalah perlakuan dosis FMA yang terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa FMA (m_0), diberi FMA dosis 1000 spora/tanaman (m_1), dan diberi FMA dosis 1500 spora/tanaman (m_2). Faktor kedua adalah perlakuan dosis fungisida fluriafol yang terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa fungisida (f_0), diberi dosis 2 ml/l (f_1), diberi dosis 4 ml/l (f_2) yang diaplikasikan 20 ml/l setiap bibit (Tabel 1). Setiap perlakuan diulang 6 kali dan masing-masing ulangan terdiri dari satu bibit kelapa sawit. Setelah didapatkan data penelitian, maka data yang diperoleh akan diuji dengan Uji Bartlett untuk kehomogenan ragam antarperlakuan dan kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Data yang telah homogen selanjutnya dianalisis dengan sidik ragam dan pemisah nilai tengah dilakukan dengan uji BNT pada taraf nyata 5%.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan pada penelitian

Dosis FMA \ Dosis Flutriafol	0 spora/tanaman(m_0)	1000 spora/tanaman(m_1)	1500 spora/tanaman(m_2)
0 ml/l (f_0)	m_0f_0	m_1f_0	m_2f_0
2 ml/l (f_1)	m_0f_1	m_1f_1	m_2f_1
4 ml/l (f_2)	m_0f_2	m_1f_2	m_2f_2

Keterangan : m_0 = tanpa spora FMA f_0 = tanpa dosis flutriafol
 m_1 = 1000 spora/tanaman f_1 = 2 ml/l
 m_2 = 1500 spora/tanaman f_2 = 4 ml/l

3.4 Pelaksanaan

3.4.1 Media tanam untuk penyemaian

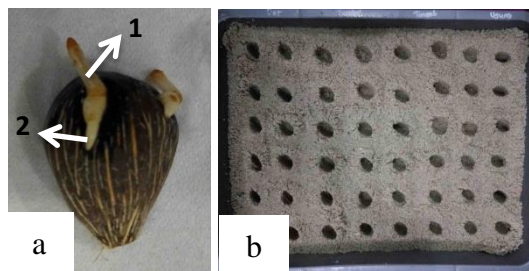
Penyiapan media tanam dilaksanakan satu minggu sebelum digunakan. Media tanam yang digunakan adalah pasir sungai. Pasir sungai yang telah diayak dimasukkan ke dalam plastik tahan panas kemudian disterilisasi dalam *autoclave* selama 60 menit pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm. Pasir yang telah steril, kemudian dicuci bersih sampai warna air menjadi bening. Selanjutnya, media pasir dimasukkan ke dalam bak semai ukuran 43 cm x 34 cm dan tinggi 15 cm.

3.4.2 Penyemaian benih kelapa sawit pada media pasir steril

Benih disemai dengan jarak tanam 5 cm x 5 cm dengan cara membenamkan benih yaitu plumula menghadap tegak ke atas dan radikula menghadap ke bawah.

Benih yang telah disemai dipelihara di rumah kaca selama satu bulan.

Penyiraman dilakukan pagi dan sore hari selama 30 hari (Gambar 2).



Gambar 2. Penyemaian kecambah kelapa sawit: kecambah kelapa sawit ditanam dengan plumula (1) menghadap tegak ke atas dan radikula (2) menghadap ke bawah (a), jarak tanam semai (b).

3.4.3 Persiapan inokulum fungi mikoriza arbuskular

Fungi mikoriza arbuskular didapat dari koleksi Laboratorium Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Spora yang dipakai adalah spora campuran dari Genus *Gigaspora*, *Glomus*, *Entrophospora*, dan *Acaulospora*. Inokulum FMA diaplikasikan dengan inokulasi ganda yaitu saat *transplanting* dari semai ke *pre-nursery* dan *transplanting* dari *pre-nursery* ke *main-nursery*. Dosis 1000 spora/tanaman diaplikasikan sebanyak 2 kali yaitu saat *transplanting* dari semai ke *pre-nursery* 500 spora/tanaman dan saat *transplanting* dari *pre-nursery* ke *main-nursery* 500 spora/tanaman. Dosis 1500 spora/tanaman juga diaplikasikan sebanyak 2 kali yaitu saat *transplanting* dari semai ke *pre-nursery* 750 spora/tanaman dan saat *transplanting* dari *pre-nursery* ke *main-nursery* 750 spora/tanaman.

3.4.4 Media tanam pada *pre-nursery* dan *main-nursery*

Tanah subsoil bahan media *pre-nursery* dan *main-nursery* diayak dengan ayakan berukuran 0,5 cm x 0,5 cm. Kemudian dimasukkan ke dalam polybag *pre-nursery* ukuran 15 cm x 20 cm dan polybag *main-nursery* ukuran 40 cm x 45

cm dengan dicampur *Rockpospat* 50 gr/polybag *main-nursery*. Media tanam dalam polybag disiram setiap pagi dan sore hari selama satu minggu sebelum digunakan.

3.4.5 *Transplanting* dari semai ke *pre-nursery*

Transplanting ke *pre-nursery* dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Polybag berisi media tanam dibuat lubang tanam sesuai panjang akar bibit kelapa sawit. Selanjutnya, dimasukkan sisa tanah sampai batas atas polybag (Gambar 3).



Gambar 3. *Transplanting* dari semai ke *pre-nursery*: pembuatan lubang tanam (a), aplikasi spora FMA (b), proses penanaman bibit (c).

Bibit kelapa sawit dipelihara selama tiga bulan di dalam polybag. Pemeliharaan bibit meliputi penyiraman yang dilakukan dua kali sehari yaitu pagi dan sore hari selama tiga bulan, pengendalian gulma secara manual, dan pemupukan. Pupuk yang digunakan yaitu pupuk urea 2 g/l yang diencerkan dan diaplikasikan sebanyak 10 ml/tanaman pada bagian permukaan tanah setiap satu minggu sekali pada umur tanaman 4-12 minggu.

3.4.6 Penyiapan isolat *Ganoderma boninense*

Isolat *Ganoderma boninense* yang dipakai diperoleh dari Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung (Gambar 4). Isolat *G. boninense* diremajakan dan diperbanyak pada media MEA (*Malt Extract Agar*).



Gambar 4. Isolat *Ganoderma boninense*

3.4.6.1 Penyiapan media isolat *Ganoderma boninense*

Media yang digunakan yaitu media MEA (*Malt Extract Agar*). Sebanyak 25 gram MEA dimasukkan ke dalam gelas beaker, ditambah *aquades* yang telah di *autoclave* sampai volume 500 ml. Larutan media distirer dan diletakkan di atas *hot plate* selama 10 menit sampai larutan homogen. Larutan media kemudian dituang ke dalam erlenmeyer 500 ml, lalu ditutup dengan plastik tahan panas dan diikat karet gelang. Erlenmeyer dimasukkan dalam plastik tahan panas, kemudian disterilisasi dalam *autoclave* pada tekanan 1 atm dengan suhu 121⁰ C selama 15 menit.

3.4.6.2 Peremajaan *Ganoderma boninense*

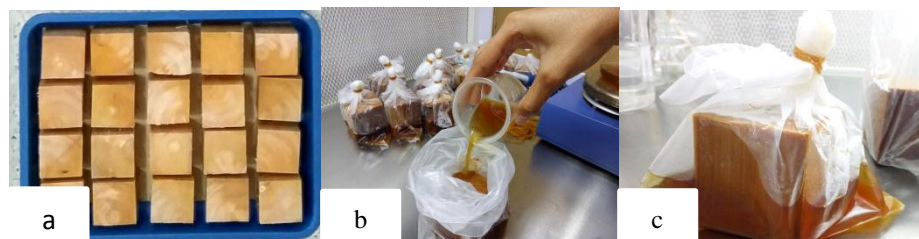
Isolat *Ganoderma boninense* diremajakan pada media MEA (*Malt Extract Agar*).

Peremajaan *G. boninense* dilakukan di LAFC (*Laminar Air Flow Cabinet*).

Sebanyak 1 bor gabus isolat *G. boninense* umur 3 hari dimasukkan ke dalam cawan petri berisi media MEA. Inokulum diamati selama 5-7 hari untuk melihat pertumbuhannya.

3.4.6.3 Penyiapan balok kayu

Kayu yang dipakai yaitu kayu karet (*Hevea brasiliensis*) yang diperoleh dari Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Balok kayu dipotong ukuran dadu 5 cm x 5 cm x 5 cm. Balok kayu dibersihkan dan direndam dengan *clorox* 5% selama 24 jam. Setelah perendaman, balok kayu dicuci dengan air dan dikeringkan dengan cara dijemur di bawah sinar matahari dan dioven dengan suhu 80⁰C selama 3 hari supaya media dapat meresap pada balok kayu. Balok yang telah kering dimasukkan ke dalam plastik tahan panas untuk disterilisasi dalam *autoclave* selama 60 menit pada tekanan 1 atm dengan suhu 121⁰C. Balok kayu yang sudah steril satu per satu dipindahkan ke dalam plastik tahan panas ukuran 1 kg. Selanjutnya, dimasukkan media MEA ke dalam plastik sebanyak 35 ml per plastik yang berisi balok kayu. Plastik diikat dengan karet gelang untuk disterilkan dalam *autoclave* selama 30 menit (Gambar 5).



Gambar 5. Penyiapan media balok kayu: balok kayu yang telah kering (a), larutan media dituang dalam plastik berisi balok kayu (b), balok kayu berisi media MEA (c).

3.4.6.4 Perbanyak isolat *Ganoderma boninense* pada media balok kayu

Isolat *G. boninense* berumur satu minggu pada cawan petri diiris menggunakan *scapel* dengan ukuran 1 cm x 1 cm di LAFC (*Laminar Air Flow Cabinet*). Plastik balok kayu dibuka, dan satu balok kayu mendapat lima potongan isolat *G. boninense* yang diletakkan pada masing-masing sisi balok kayu kecuali bagian bawah balok kayu. Plastik berisi balok yang sudah diinokulasi diikat kembali dan disimpan di rak pada suhu 21⁰C selama 47 hari (Gambar 6).



Gambar 6. Inokulasi isolat *G. boninense*.

3.4.6.5 Aplikasi *Ganoderma boninense* pada bibit kelapa sawit

Aplikasi inokulum *G. boninense* pada bibit kelapa sawit dilakukan ketika isolat sudah berumur 47 hari (Gambar 7). Isolat *G. boninense* diaplikasikan pada bibit

kelapa sawit yang sudah berumur tiga bulan yaitu pada saat *transplanting* dari *pre-nursery* ke *main-nursery*.



Gambar 7. Inokulum *G.boninense* yang sudah berumur 47 hari.

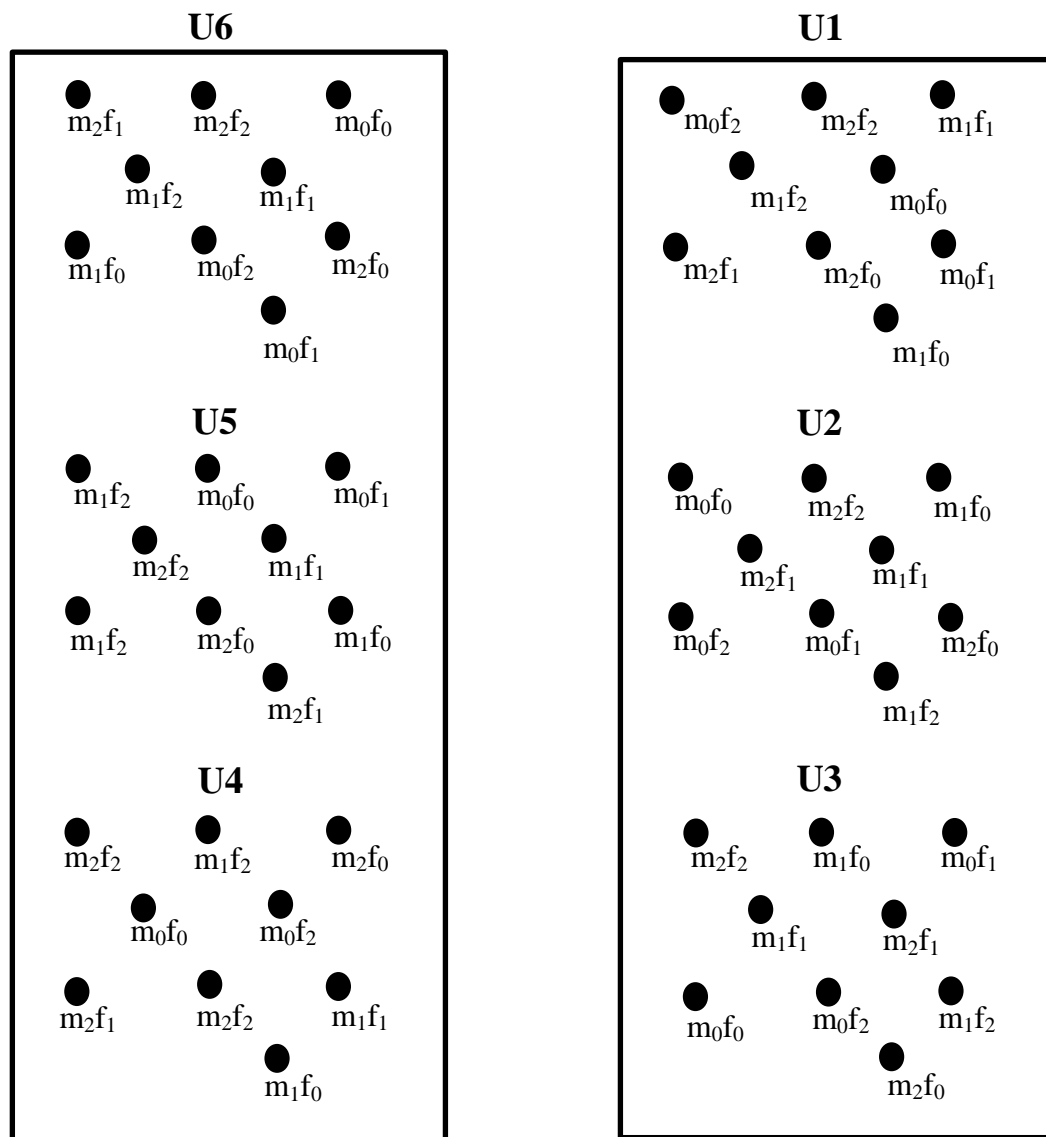
3.4.7 *Transplanting* bibit dari *pre-nursery* ke *main-nursery* dan aplikasi FMA

Bibit kelapa sawit yang telah berumur tiga bulan dipindah tanam dari *pre-nursery* ke *main-nursery*. Pada polybag *main-nursery* dibuat lubang tanam, kemudian bibit *pre-nursery* dibuang polybagnya dan dipindahkan ke dalam bak berisi air secara hati-hati untuk membebaskan akar dari partikel tanah yang menempel. Akar primer kemudian diikatkan pada balok kayu yang sudah ditumbuhi isolat *G.boninense*. Bibit yang telah diinokulasi *G.boninense* selanjutnya ditanam pada polybag *main-nursery* bersamaan dengan aplikasi FMA untuk kedua kalinya (Gambar 8). Selanjutnya, bibit disusun berdasarkan tata letak percobaan yang dibuat dengan menggunakan jarak tanam segitiga sama sisi dengan jarak tanam 60 cm (Gambar 9).



Gambar 8. *Transplanting* bibit dari *pre-nursery* ke *main-nursery* dan aplikasi FMA: lubang tanam (a), polybag *pre-nursery* dibongkar dan dibersihkan akar dari tanah (b), akar direndam (c), aplikasi *G.boninense* (d), aplikasi FMA (e), penanaman (f).

JALAN



Gambar 9. Tata letak percobaan penelitian.

3.4.8 Pemeliharaan tanaman

Pemeliharaan bibit kelapa sawit meliputi penyiraman, penyiangan gulma, pengendalian hama dan penyakit, serta pemupukan. Penyiraman dilakukan dua kali sehari setiap pagi dan sore, pengendalian hama dilakukan secara manual.

Pengendalian penyakit yang muncul bukan disebabkan oleh *G. boninense* dilakukan dengan cara *wipping* pada permukaan daun. Pemupukan pada *main-nursery* menggunakan pupuk NPK (15:15:6:4) sesuai rekomendasi PPKS dilakukan dengan cara ditugal dan diaplikasikan setiap dua minggu sekali (Tabel 2). Pemupukan di *main-nursery* dilakukan setelah dua minggu aplikasi *G.boninense* dan aplikasi FMA.

Tabel 2. Dosis pemupukan bibit kelapa sawit

Umur (minggu)	Jenis dan dosis pupuk (gr/bibit)	
	Urea	NPKMg 15:15:6:4
Pembibitan awal (<i>pre-nursery</i>)		
4-12	2 gr/l air/100 bibit	2,5
Pembibitan utama (<i>main-nursery</i>)		
14-15	-	2,5
16-17	-	-
18-20	-	3,75
22-24	-	5
26	-	5
28	-	5

3.4.9 Aplikasi fungisida flutriafol

Fungisida flutriafol diaplikasikan satu kali pada saat satu bulan setelah inokulasi balok *G.boninense* pada akar bibit kelapa sawit. Aplikasi fungisida flutriafol dilakukan di sekeliling tanah dalam polybag dengan cara disemprot dengan dosis 2 ml/l dan 4 ml/l dengan aplikasi volume semprot 20 ml/tanaman menggunakan *handsprayer*.

3.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan saat bibit berumur 6, 7, dan 8 bulan setelah semai. Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dan hipotesis dilakukan pengamatan terhadap variabel-variabel sebagai berikut:

1. Tinggi tanaman. Pengamatan dilakukan dengan mengukur tinggi tanaman dari pangkal batang hingga ujung daun tertinggi. Pengukuran menggunakan meteran dalam satuan cm.
2. Jumlah daun. Pengamatan dilakukan dengan cara menghitung semua daun yang telah terbuka sempurna pada tanaman.
3. Diameter batang. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter bagian batang terlebar dengan menggunakan jangka sorong.

Pengamatan selanjutnya setelah bibit berumur 8 bulan dilakukan pengamatan terhadap variabel-variabel sebagai berikut:

4. Bobot basah tajuk dan akar. Pengamatan dilakukan dengan cara tajuk tanaman dan akar dipisahkan, kemudian tajuk dan akar dibersihkan dan ditimbang.
5. Bobot kering tajuk dan akar. Pengamatan dilakukan dengan cara tajuk tanaman dan akar dipisahkan, kemudian tajuk dan akar dibersihkan lalu dikeringkan dalam oven pada suhu 80°C sampai bobot konstan, kemudian ditimbang.
6. Persen infeksi akar
Perhitungan persen infeksi akar oleh FMA dilakukan setelah panen.
Perhitungan diawali dengan mengambil akar sekunder dan tersier secara

acak sebanyak 2 gram setiap perlakuan. Selanjutnya, akar dicuci bersih dan setelah bersih dimasukkan ke dalam botol film lalu diberi larutan KOH 10% sampai seluruh bagian akar terendam. Botol film yang berisi akar dikukus dalam *water bath* dengan suhu 70⁰ C selama 30 menit. Selanjutnya, larutan KOH di dalam botol film dibuang. Setelah larutan KOH dibuang, dimasukkan larutan H₂O₂ 3,5% lalu dikukus dalam *water bath* kembali dengan suhu 70⁰ C selama 10 menit, setelah itu akar dicuci kembali dengan air bersih. Akar yang telah bersih dimasukkan ke dalam botol film kembali lalu direndam dalam larutan HCl 1 %. Botol film yang berisi akar dikukus lagi dalam *water bath* pada suhu 70⁰ C selama 1 menit. Larutan HCL dalam botol film dibuang dan ditambahkan larutan *trypan blue* 0,05% (0,5 g *trypan blue* + 450 ml *glycerol* + 500 ml aquades + 50 ml HCl 1%). Selanjutnya, dikukus kembali dalam *water bath* pada suhu 70⁰ C selama 10 menit. Setelah akar diwarnai, lalu dipotong 2 cm, kemudian diletakkan di atas kaca preparat diamati di bawah mikroskop majemuk dengan perbesaran 100 kali. Akar yang terinfeksi ditandai dengan adanya minimal satu dari struktur internal FMA, yaitu hifa, arbuskular, vesikular, dan spora. Rumus yang digunakan untuk menghitung persen infeksi akar adalah sebagai berikut:

$$\text{infeksi akar (\%)} = \frac{\sum \text{pengamatan yang terinfeksi FMA}}{\text{total pengamatan}} \times 100\%$$

Pengamatan gejala penyakit dan efikasi flutriafol sejak 3 bulan setelah aplikasi *G. boninense*. Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dan hipotesis dilakukan pengamatan terhadap variabel sebagai berikut:

7. Skoring gejala penyakit

Tingkat keparahan penyakit dapat diukur dengan dengan skor atau skala penyakit. Semakin berat suatu penyakit maka semakin tinggi skor yang diberikan dan sebaliknya (Rini, 2001) (Tabel 3 dan 4).

Tabel 3. Skoring gejala penyakit pada daun

Skor	Berdasarkan tingkat keparahan pada daun	Tingkat serangan
0	0 % tidak terdapat gejala	Tanaman sehat
1	<25% gejala klorosis/nekrosis pada daun	Ringan
2	25-50% gejala klorosis/nekrosis pada daun	Agak parah
3	50-75% gejala klorosis/nekrosis pada daun	Parah
4	>75% gejala klorosis/nekrosis pada daun, matinya tanaman	Sangat parah

Tabel 4. Skoring gejala penyakit pada akar

Skor	Berdasarkan tingkat keparahan pada akar	Tingkat serangan
0	0 % tidak terdapat gejala	Tanaman sehat
1	1-20% akar busuk	Ringan
2	21-40% akar busuk	Agak parah
3	41-60% akar busuk	Parah
4	61-80% akar busuk	Sangat parah

Setelah skor semua tanaman sampel diketahui, intensitas penyakit dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan: KP = keparahan penyakit (%)
n = jumlah daun/akar sakit pertanaman
N = jumlah seluruh daun/akar yang diamati

8. Analisis keefektifan flutriafol

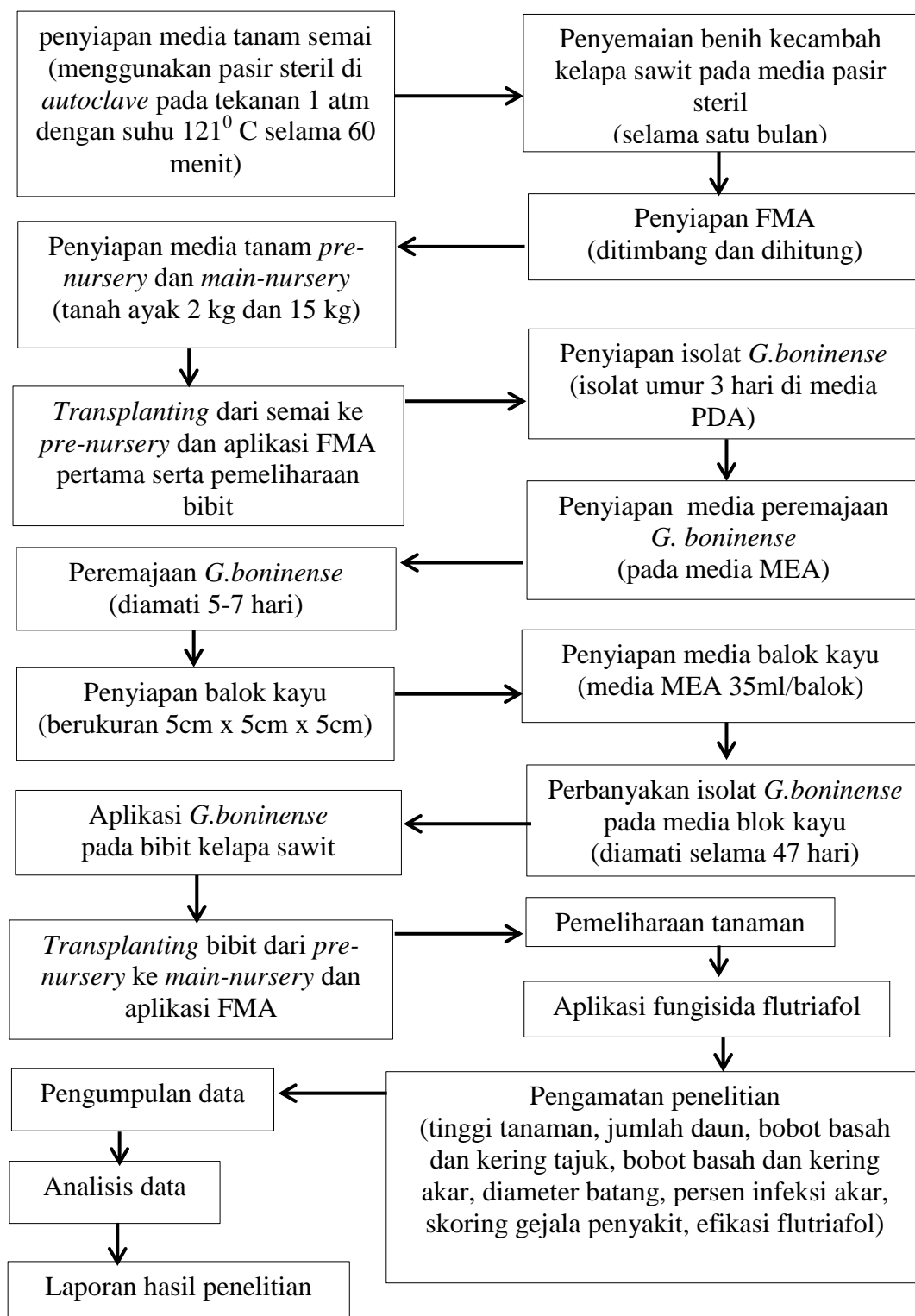
Flutriafol yang diuji dikategorikan efektif bila tingkat efikasi lebih besar atau sama dengan 30% dengan syarat tingkat kerusakan tanaman pada petak perlakuan yang diuji lebih rendah daripada kontrol (Aini, 2014).

Efektifitas flutriafol dapat diuji dengan rumus sebagai berikut:

$$TE = \frac{ISk - ISp}{ISk} \times 100\%$$

Keterangan: TE = Tingkat efikasi
ISk = Intensitas penyakit pada kontrol
ISp = Intensitas penyakit pada perlakuan

Skema alur penelitian dapat ditulis sebagai berikut:



Gambar 10. Skema alur kerja penelitian pengaruh aplikasi fungi mikoriza arbuskular dan fungisida flutriafol pada pertumbuhan dan ketahanan bibit kelapa sawit terhadap penyakit busuk pangkal batang

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil pengamatan yang telah dilakukan dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA dengan perlakuan dosis 1000 spora/tanaman menghasilkan tingkat pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik dibandingkan dengan dosis 1500 spora/tanaman. Aplikasi FMA belum efektif dalam menghambat perkembangan penyakit busuk pangkal batang akibat serangan Cendawan *Ganoderma boninense*.
2. Dosis fungisida flutriafol 4 ml/l efektif dalam menekan perkembangan Cendawan *Ganoderma boninense*, hal tersebut ditandai dengan hasil efikasi yang mencapai 38,46 % dan menghasilkan tingkat serangan penyakit lebih rendah dibandingkan perlakuan dosis 2 ml/l.
3. Penggunaan fungisida flutriafol yang merupakan fungisida sistemik dapat menghambat FMA dalam mengendalikan Cendawan *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk pangkal batang.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang diperoleh, maka penulis menyarankan untuk tidak menggunakan dosis FMA yang terlalu tinggi untuk meningkatkan

pertumbuhan tanaman, serta menghindari penggunaan fungisida sistemik terhadap tanaman yang diaplikasikan oleh FMA.

DAFTAR PUSTAKA

- Aini, F.N. 2014. Pengendalian penyakit pembuluh kayu (*Vascular Streak Dieback*) pada tanaman kakao menggunakan fungisida flutriafol. *Pelita Perkebunan*. 30(3): 229-239.
- Alexopoulos, C.J., and Mims, C.W. 1989. *Subdivision Introductory Mycology*. 3rd. Ed. John Wiley and Sons. New York. pp. 534-572.
- Alizadeh, O. 2011. *Mycorrhizal Symbiosis*. *Advanced Studies in Biology*. 3(6): 273–281.
- Anas, I. 1997. *Bioteknologi Tanah*. Laboratorium Biologi Tanah. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian. IPB Bogor.
- Bhandari, A.S. 2014. AM Fungi a Natural Bio-Protectant Against Soil Pathogens. *Biological Controls for Preventing Food Deterioration: Strategies for Pre-and Postharvest Management*. pp. 140-161.
- Bowen, G.D. 1980. Mycorrhizal Roles in Tropical Plants and Ecosystems. In: *Tropical Mycorrhiza Research*. Ed. Mikola P. Oxford University Press. New York. pp: 166-185.
- Brundrett, M. C., Bougher, N., Dell, B., Gove, T dan Malajczuk, N. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Australia Center for International Agricultural Research (ACIAR). Camberra. 374 hlm.
- Brundrett, M.C. 2004. Diversity and classification of mycorrhizal associations. *Biological Reviews*. 79: 473-495.
- Chiocchio, V., Venedikian, N., Martinez, E.A., Menendez, A., Ocampo, A.J., Alicia, G. 2000. Effect of the fungicide benomyl on spore germination and hyphal length of the arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus mosseae*. *Internatl Microbiol*. 3: 173-175.
- Djunaedy, A. 2008. Aplikasi fungisida sistemik dan pemanfaatan mikoriza dan rangka pengendalian patogen tular tanah pada tanaman kedelai (*Glycine max L.*). *Embryo*. 5(2): 149-157.

- Direktorat Jendral Perkebunan. <http://www.kemenperin.go.id/artikel/1075/Indonesia-Produsen-Kelapa-Sawit-Terbesar>. Diakses 21 Desember 2018. 21:34 WIB.
- Fakuara, Y. 1998. *Mikoriza, Kegunaan dalam Praktek*. Pusat Antar Fakultas Institut Pertanian Bogor. 123 hlm.
- Georgopoulos, S.G. 1982. Detection and Measurement of Fungicide resistance. In: J. Dekker & S.G. Georgopoulos (eds.), *Fungicide Resistance in Crop Protection*. Center for Agricultural Publishing and Documentation, Wageningen. pp. 24-31.
- Ginting, I. F., Yusnaini, S., Dermiyati., dan Rini, M.V. 2018. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskular dan penambahan bahan organik pada tanah pasca penambangan galian C terhadap pertumbuhan dan serapan hara P tanaman jagung (*Zea mays* L.). *J. Agrotek Tropika*. 6(2): 110-118.
- Goltapeh, E.M., Danesh, Y.Z., Prasad, R., dan Varma, A. 2008. Mycorrhizal fungi: what we know and what should we know ? In: Varma A (editor). *Mycorrhiza: 3rd edn. Springer, Heidelberg*. pp. 3-28.
- Hadisudarno, P. 1990. Prospek pemanfaatan mikoriza vesicular arbuskular sebagai salah satu pilihan untuk pengolahan tanah bermasalah hara fospor. *Makalah Seminar Nasional Pengolahan Tanah Bermasalah*. UNS Surakarta.
- Imas, T. Hadioetomo, R.S. Gunawan, A.W. dan Setiadi, Y. 1989. *Mikrobiologi Tanah II*. Depdikbud Ditjen Dikti. Pusat Antar Universitas Bioteknologi. IPB Bogor.
- Irawan, D. 2011. Pengaruh Lima Jenis Fungi Mikoriza Arbuskular pada Waktu Terjadinya Simbiosis dan Pertumbuhan Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis gineensis* Jacq.). (Skripsi). Universitas Lampung. Bandar Lampung. 66 hlm.
- Invam. 2017. *Species Descriptions from Reference Cultures*. <http://fungi.invam.wvu.edu/the-fungi/species-descriptions.html>. Diakses 18 Februari 2019.
- Joseph-Horne, T., Holloman, D., Loeffler, R.S.T., dan Kelly, S.L. 1995. Altered P450 Activity Associated with Direct Selection For Fungal Azole Resistance. *FEBS Letters*. 374: 174-178.
- Keane, P.J., dan Prior, C. 1987. Biology of Vascular Streak Dieback of Cocoa. *Workshop on Assesment of Plant Protection Risks For Cocoa*. Lembang.

- Keane, P.J. 2001. Biology and control of vascular streak dieback of cocoa. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. 17: 78-90.
- Lubis, A. U. 1992. *Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.) di Indonesia*. Edisi 1. Pusat Penelitian Perkebunan Marihat. Pematang Siantar. 435 hlm.
- Kok, S.M., Goh, Y.K., Tung, H.J., Goh, K.J., Wong, W.C., and Goh, Y.K. 2013. In vitro growth of *Ganoderma boninense* isolates on novel palm extract medium and virulence on oil palm (*Elaeis guineensis*) seedlings. *Malaysian Journal of Microbiology*. 9(1): 33-42.
- Mangoensoekarjo, S. dan Semangun, H. 2005. *Manajemen Agrobisnis Kelapa Sawit*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. 605 hlm.
- Manjunath, A., and Bagyaraj, D. J. 1984. Effect of fungicides on mycorrhizal colonization and growth of onion. *Plant and Soil*. 78: 147-150.
- Marx, D.H. 1973. *Mycorrhiza and Freeder Root Deseases*. Academic Press. NewYork. pp: 107-150.
- Muryati, S. 2016. Keanekaragaman fungi mikoriza arbuskula (FMA) pada rhizosfer *Desmodium* spp. Asal PT Cibaliung Sumberdaya, Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7(3): 188-197.
- Mosse, B. 1981. Vesicular arbuscular mycorrhizal research for tropical agriculture. Res, Bull.
- Pahan, I. 2008. *Kelapa Sawit: Manajemen dari Hulu hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta. 412 hlm.
- Pahan, I. 2012. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 424 hlm.
- Pang, P.C., dan Paul, E.A. 1980. Effect of FMA on C dan N distribution in nodulated Fababeans. *Journal Soil*. 60: 241-249.
- PPKS. Standar Dosis Pemupukan Bibit Kelapa Sawit. *Brosur Pusat Penelitian Kelapa Sawit*. Medan.
- Prasasti, O. H., Purwani, K. I., dan Nurhatika, S. 2013. Pengaruh mikoriza *Glomus fasciculatum* terhadap pertumbuhan vegetatif tanaman kacang tanah yang terinfeksi patogen *Sclerotium rolfsii*. *Jurnal Sains dan Seni Pomits*. (2)2: 74-78.
- Prayudyaningsih, R. 2012. Mikoriza dalam pengelolaan hama-penyakit terpadu di persemaian. *Info Teknis EBONI*. (9)1: 55-75.

- Priadi, A. 2009. *Biology 3 for Senior High School Year XXI*. Yudhistira. pp. 6-9.
- Purnamasari, M.I., Prihatna, C., Gunawan, A.W., dan Suwanto, A. 2012. Isolasi dan identifikasi secara molekuler *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan penyakit busuk pangkal batang di kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8(1): 9-15.
- Pusat Penelitian Kelapa Sawit. 2006. *Budidaya Kelapa Sawit*. PPKS. Medan. 153 hal.
- . 2013. *Budidaya Kelapa Sawit*. PPKS. Medan. 153 hlm.
- Puspitasari, D., Purwani, K.I., dan Muhibuddin, A. 2012. Eksplorasi vesicular arbuskular mycorrhiza (VAM) indigenous pada lahan jagung di Desa Torjun, Sampang Madura. *Jurnal Sains dan Seni ITS*. 1: 2301-928.
- Ramli, N. R., Mohamed, M. S., Seman, I. A., Zairun, M. A., Mohamad, N. 2016. The potential of endophytic bacteria as a biological control agent for *Ganoderma* disease in oil palm. *Sains Malaysiana*. 45(3): 401-409.
- Rahayu, S. 1997. Pengaruh Penggunaan Fungisida terhadap Perkecambah Benih dan Spora CMA serta Keberadaan Mikoriza Arbuskular pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). (Tesis). Biologi Universitas Indonesia. Jakarta.
- Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., and Alexander, I.J. 1992. *Mycorrhizas in ecosystems*. Cab International Wallingford. England.
- Risanda, D. 2008. Pengembangan Teknik Inokulasi Buatan *Ganoderma boninense* Pat. pada Bibit Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.). (Skripsi). Fakultas Pertanian, IPB. Bogor.
- Rhodes, L. H. and Genderman, J.W. 1975. Phosphorus uptake zones of mycorrhizal and non-mycorrhizal onions. *New Phytol*. 75: 555-561.
- Rini, M.V. 2001. Effect of Arbuscular Mycorrhiza on Oil Palm Seedling Growth and Development of Basal Stem Root Disease caused by *Ganoderma boninense*. (Disertasi). Universiti Putra Malaysia. Malaysia. pp. 189.
- Same, M. 2011. Serapan fosfat dan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tanah Ultisol akibat cendawan mikoriza abuskula. *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 11(2): 69-76.
- Sanderson, F.R. 2005. An insight into spore dispersal of *Ganoderma boninense* on oil palm. *Mycopathologia*. 159: 139-141.

- Santoso T. 1995. Patogen untuk pengendalian serangga hama. *Makalah Pelatihan Pemanfaatan dan Pengelolaan Agensia Hayati*. Kerjasama Direktorat Bina Perlindungan Tanaman dengan Fakultas Pertanian IPB.
- Sastrosayono, S. 2003. *Budidaya Kelapa Sawit*. Agromedia Pustaka. Jakarta.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Setyamidjaja, D. 2006. *Kelapa Sawit Teknik Budidaya, Panen, dan Pengelolaan*. Kanisius. Yogyakarta. 127 hlm.
- Shanghai Molutus Chemical Co. <http://indonesian.insecticidepesticide.com/sale-9033959-agricultural-insecticide-and-fungicide-flutriafol-95-tc-cas-76674-21-0.html>. Diakses 6 Januari 2019. 21:36 WIB.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem*. Eschburn (GE): Technilacal Cooperation. Federal Republic of Germany.
- Sieverding, E. 2001. *Plant Protection Practices with Pesticides in Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystem*. pp. 165-183.
- Smith, S.E., dan Read, D. J. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. London. 800 hlm.
- Sinaga, M.S., Wiyono, S., Husni, A., dan Kosmiatin, M. 2009. Pemanfaatan batang bawah jeruk mutan dan mikoriza arbuskular untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang *Phytophthora* pada tanaman jeruk. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29(4): 45-47.
- Solihah, S.M., Dwiputranto, U., dan Purnomowati. 2013. Inokulasi mikoriza vesikula arbuskula (MVA) campuran sebagai pengendali penyakit layu fusarium pada tanaman semangka (*Citrullus vulgaris* schard). *Agritech*. 15(1): 1-11.
- Suharno dan Santosa. 2005. Pertumbuhan tanaman kedelai (*Glycine max* L. Merr) yang diinokulasi jamur mikoriza, legin dan penambahan seresah daun matoa (*Pometia pinnata* Forst) pada tanah berkapur. *Sains dan Sibernatika*. 18 (3): 367-378.
- Susanto, A. et al. 2013. *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk batang atas kelapa sawit. *Jurnal fitopatologi indonesia*. 9(4): 123-126.

- Talanca, A.H., dan Adnan, A.M. 2005. Mikoriza dan Manfaatnya pada Tanaman. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel. 311-315.
- Triharsono. 1998. *Dasar-dasar perlindungan Tanaman*. Gadjah Mada University Press. 362 hlm.
- Widiastuti, H. 2004. Biologi Interaksi Cendawan Mikoriza Arbuskula Kelapa Sawit pada Tanah Asam Sebagai Dasar Pengembangan Teknologi Aplikasi Dini. (Disertasi). Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Widiastuti, H., Sukarno, N., Darusman, L.K., Goenadi, D.H., Smith, S., dan Guhardja, E. 2005. Penggunaan spora cendawan mikoriza arbuskular sebagai inokulum untuk meningkatkan pertumbuhan dan serapan hara bibit kelapa sawit. *Menara Perkebunan*. 73(1): 26-34.
- Yang, C., Hamel, C., Vujanovic, V., and Gan, Y. 2011. *Fungicide: Modes of action and possible impact on nontarget microorganism*. Intern Scholarly Netw Ecol.
- Yelianti, U., Kasli, Kasim, M., dan Husin, E.F. 2009. Biodiversity of arbuscular mychorrizal fungi (AMF) on potatos rhizosphere and it potential as biofertilizer. *SAINTEK*. 12(1): 59-64.