

RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN *Trichoderma* spp. DAN FLUTRIAFOL DAN KETAHANANNYA TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG YANG DISEBABKAN OLEH *Ganoderma boninense*

(Skripsi)

Oleh

SUYADI



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2019**

ABSTRAK

RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN *Trichoderma* spp. DAN FLUTRIAFOL DAN KETAHANANNYA TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG YANG DISEBABKAN OLEH *Ganoderma boninense*

Oleh

SUYADI

Indonesia merupakan negara penghasil minyak kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq) terbesar di dunia. Pertumbuhan bibit kelapa sawit yang baik dan sehat menjadi salah satu ciri respons keberhasilan dalam kegiatan pembibitan kelapa sawit. Penggunaan *Trichoderma* spp. mampu meningkatkan pertumbuhan bibit dan mengendalikan penurunan produksi akibat serangan penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense*. Selain itu pengendalian dapat dilakukan dengan menggunakan fungisida berbahan aktif flutriafol. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui dosis *Trichoderma* spp. terbaik yang dapat meningkatkan pertumbuhan bibit dan mengendalikan BPB, konsentrasi flutriafol terbaik yang dapat mengendalikan BPB, serta apakah fungisida flutriafol dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp.

Penelitian telah dilaksanakan pada bulan September 2018 hingga Juni 2019 di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan Laboratorium Perkebunan Fakultas

Pertanian Universitas Lampung. Penelitian menggunakan 2 faktor perlakuan yaitu 3 taraf dosis *Trichoderma* spp. (0, 25, dan 50 g/tanaman) dan 3 taraf dosis fungisida berbahan aktif flutriafol dengan konsentrasi (0, 2, dan 4 ml/ liter) formulasi. Perlakuan diterapkan ke dalam satuan percobaan menurut Rancangan Acak Kelompok (RAK). Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett, sedangkan kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Pemisahan nilai tengah diuji dengan Uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf α 0,05.

Hasil penelitian menunjukkan aplikasi *Trichoderma* spp. dengan perlakuan dosis 50 gram/tanaman menghasilkan respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik melalui variabel diameter batang, tingkat kehijauan daun, dan bobot kering akar. Namun dosis tersebut belum efektif dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*. Pada aplikasi flutriafol belum ditemukan konsentrasi terbaik dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang (BPB). Flutriafol dalam penelitian ini ternyata dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp. dalam mengendalikan penyakit BPB.

Kata kunci: flutriafol, *Ganoderma boninense*, kelapa sawit, *Trichoderma* spp.

RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN *Trichoderma* spp. DAN FLUTRIAFOL DAN KETAHANANNYA TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG YANG DISEBABKAN OLEH *Ganoderma boninense*

Oleh

SUYADI

Skripsi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

Jurusan Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Lampung



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2019**

Judul : **RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN *Trichoderma* spp. DAN FLUTRIAFOL DAN KETAHANANNYA TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG YANG DISEBABKAN OLEH *Ganoderma boninense***

Nama Mahasiswa : Suyadi
Nomor Pokok Mahasiswa : 1514121111
Program Studi : Agroteknologi
Fakultas : Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing



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



Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.
NIP. 196102181985031002

2. Ketua Jurusan Agroteknologi



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

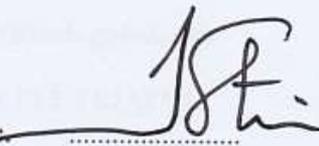
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

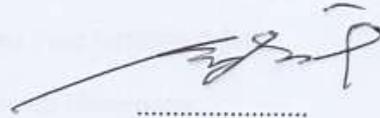
Ketua : Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.



Sekretaris : Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc.



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

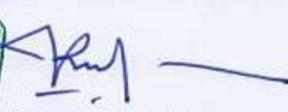


Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 06110201986031002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 11 Desember 2019

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“RESPONS PERTUMBUHAN BIBIT KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.) TERHADAP PEMBERIAN *Trichoderma* spp. DAN FLUTRIAFOL DAN KETAHANANNYA TERHADAP PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG YANG DISEBABKAN OLEH *Ganoderma boninense*”** merupakan hasil karya saya sendiri bukan orang lain. Semoga semua yang tertuang dalam skripsi ini telah sesuai dengan kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila skripsi ini dikemudian hari terbukti merupakan hasil salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi akademik sesuai dengan ketentuan yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Desember 2019

Penulis,



Suyadi
NPM 1514121111

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 14 Januari 1996 di Kabupaten Tanggamus sebagai anak ke 6 dari pasangan Bapak Yazid dan Ibu Sutri. Penulis mengawali pendidikan formal di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Srikunoro, Semaka, Tanggamus Tahun 2002-2008; Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 1 Semaka, Tanggamus Tahun 2008 – 2011; Sekolah Menengah Atas (SMA) Model Negeri 2 Pringsewu, Pringsewu Tahun 2011 – 2014; dan pada tahun 2015 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Program Studi Agroteknologi melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) Tahun 2015.

Selama menjadi mahasiswa penulis juga aktif dalam kegiatan akademik dan organisasi. Penulis pernah terdaftar sebagai Penanggung Jawab Sementara (PJS) Ketua Bidang Kaderisasi dan Organisasi Himpunan Mahasiswa Agronomi dan Hortikultura (HIMAGRHO) serta Anggota bidang Pengabdian Masyarakat di Perhimpunan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT). Selain itu selama menjadi mahasiswa, penulis pernah mengikuti kegiatan Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara (PERMATA) 2017 yang diselenggarakan oleh Kemenristek dikti di Universitas Jenderal Soedirman (UNSOED). Kegiatan sosial yang pernah diikuti yaitu sebagai pengajar anak-anak tertinggal di Sekolah Bhinneka Ceria (Bhincer) di Purwokerto Jawa Tengah. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten

praktikum mata kuliah Produksi Tanaman Pangan; Produksi Tanaman Hortiultura; Produksi Tanaman Ubi dan Kacang; Dasar-dasar Budidaya Tanaman; Produksi Tanaman Biofuel, Bio Oil, dan Minyak Atsiri; Pembibitan Kelapa Sawit; serta Produksi Tanaman Getah, Gula, dan Bahan Penyegar.

Bulan Juli – Agustus 2018, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di *Oil Palm Research Station* (OPRS) PT Tunggal Yunus Estate anak perusahaan Asian Agri di Topaz, Riau. Kemudian pada bulan Januari – Februari 2019, penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata di Desa Sumber Rejeki Kecamatan Negeri Agung Kabupaten Way Kanan.

MOTTO

“...Tuhanku, sesungguhnya Engkau telah menganugerahkan kepadaku sebagian kekuasaan dan telah mengajarkan kepadaku sebagian takwil mimpi. (Wahai Tuhan) Pencipta langit dan bumi, Engkaulah pelindungku di dunia dan di akhirat, wafatkanlah aku dalam keadaan muslim dan gabungkanlah aku dengan orang-orang yang saleh”
(Al-Qur’an Surat Yusuf Ayat 101)

“Dan katakanlah, ‘Wahai Rabb-ku, tambahkanlah kepadaku ilmu.”
(Al-Qur’an Surat Thaaha Ayat 114).

“...Niscaya Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman di antaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat...”
(Al-Qur’an Surat Al-Mujadilah Ayat 11)

Aku tidak menemukan kasih sayang yang paling tulus dari seorang wanita kecuali dari kasih sayang seorang ibu. Mencintai, menyayangi, menghormati, dan berbakti adalah satu tiket membuka pintu surga.
(Suyadi)

Dengan menyebut nama Allah Yang Maha Pengasih lagi Maha Peyayang
Bersama dengan rahmat-Nya
Kupersembahkan karya ini untuk kedua orang tuaku beserta keluarga besar yang
selalu memberikan dukungan baik materil maupun nonmateril

Berikut pula orang-orang yang menuntunku menuju jalan Allah
Serta Almamater yang kubanggakan
Semoga karya ini bermanfaat

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas rahmat dan nikmat-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Pada kesempatan ini penulis menyampaikan rasa 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 pertama saya yang telah memberi ilmu pengetahuan, saran, motivasi, semangat, dan bimbingan serta arahan dalam penelitian ini.
4. Bapak Prof. Dr. Ir. Kukuh Setiawan, M.Sc. selaku pembimbing kedua saya yang telah membimbing penulisan, saran, dan ilmu pengetahuan dalam kegiatan penyusunan skripsi ini sekaligus dosen yang menginspirasi.
5. Bapak Dr. Ir. Rusdi Evizal, M.S. selaku penguji bukan pembimbing atas kritik, saran, dan bimbingan dalam penelitian ini.
6. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc, Ph. D. selaku Ketua bidang Agoronomi.
7. Ayahanda saya Yazid dan Ibu Sutri selaku orang tua, segenap keluarga besar penulis yang telah memberikan cinta, kasih sayang, doa, serta dukungan moral maupun moril.

8. Bapak Ir. Yohanes Cahya Ginting, M.P. selaku Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan, nasehat, motivasi, dan saran kepada penulis.
9. Perusahaan FMC yang memberikan dana hibah pada penelitian ini.
10. Rekan-rekan tim penelitian Anding Oktaviani dan Masnur Permata Yansyah serta rekan-rekan satu laboratorium mbak Anggun, mbak Novri, mbak Reta, Endah, kak David Irvanto, mbak Silvi Indrasari, mas Ahmad yang telah membantu saya dalam melakukan penelitian ini.
11. Sahabat – sahabat penulis Ussudur, Heru Pranata, Bang Rizky, Bang Lian, Bang Ardi, Haitomi, Ajeng, Anding. Sahabat penulis dalam grup 5 Cm (Ibnu Widodo, Oki, Dwi Saputra, Dwi Setiawan, Dhani Pranowo, Yudha, Duta, Siska, Tyas, Tia, dan Tita) yang selalu *support* selama perkuliahan.
12. Serta seluruh orang - orang baik yang ada di dekat penulis yang tidak dapat disebutkan satu persatu. Kang Habibie, Pak Anas, Bu Allijatul, dan seluruh keluarga Edushare Nusantara, Bapak Sri Wahono Primagama Pringsewu.

Semoga Allah senantiasa membalas kebaikan mereka dengan lebih baik dan semoga skripsi ini berguna dan bermanfaat bagi kita semua. Aamiin.

Bandar Lampung, 13 Desember 2019

Penulis

Suyadi

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	viii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian	5
1.3 Landasan Teori	6
1.4 Kerangka Pemikiran.....	11
1.5 Hipotesis.....	16
II. TINJAUAN PUSTAKA	17
2.1 Informasi Umum Tanaman Kelapa Sawit	17
2.1.1 <i>Morfologi Tanaman Kelapa Sawit</i>	18
2.1.2 <i>Tipe-Tipe Kelapa Sawit</i>	20
2.1.3 <i>Ekologi Kelapa Sawit</i>	20
2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang	21
2.2.1 <i>Epidemiologi Ganoderma boninense</i>	21
2.3 <i>Trichoderma</i>	23
2.3.1 <i>Efek Benefit Adanya Trichoderma pada Tanaman</i>	25
2.3.2 <i>Mikoparasitisme Trichoderma dan Hubungannya Sebagai Pengendali Hayati</i>	26
2.4 Flutriafol	27
III. BAHAN DAN METODE	30
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	30

3.2	Alat dan Bahan Penelitian	30
3.3	Metode Penelitian	31
3.4	Pelaksanaan Penelitian	34
3.4.1	<i>Persiapan Media Tanam di Pre-Nursery dan Main Nursery</i>	34
3.4.2	<i>Penanaman di Pre Nursery</i>	34
3.4.3	<i>Peremajaan Ganoderma boninense</i>	34
3.4.4	<i>Penyiapan Balok Kayu Karet</i>	35
3.4.5	<i>Pembuatan Media Isolat Ganoderma boninense</i>	36
3.4.6	<i>Perbanyak Isolat Ganoderma pada Balok Kayu</i>	36
3.4.7	<i>Aplikasi Ganoderma pada Bibit Kelapa Sawit</i>	37
3.4.8	<i>Penanaman di Main Nursery</i>	37
3.4.9	<i>Waktu dan Aplikasi Trichoderma spp.</i>	38
3.4.10	<i>Waktu dan Aplikasi flutriafol</i>	39
3.5	Pemeliharaan	39
3.6	Pengamatan	41
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	45
4.1	Hasil Penelitian	45
4.1.1	<i>Tinggi Tanaman</i>	46
4.1.2	<i>Jumlah Daun</i>	47
4.1.3	<i>Diameter Batang</i>	47
4.1.4	<i>Tingkat Kehijauan Daun</i>	49
4.1.5	<i>Bobot Kering Akar</i>	49
4.1.6	<i>Bobot Kering Tajuk</i>	50
4.1.7	<i>Keterjadian Penyakit pada Daun</i>	50
4.1.8	<i>Keterjadian Penyakit pada Akar</i>	52
4.1.9	<i>Keparahan Penyakit pada Daun</i>	52
4.2	Pembahasan.....	53
V.	SIMPULAN DAN SARAN	60
5.1	Simpulan	60
5.2	Saran	61
	DAFTAR PUSTAKA	62
	LAMPIRAN	68

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Dosis pemupukan kelapa sawit menurut PPKS.....	41
2. Skala gejala penyakit pada daun	44
3. Rekapitulasi analisis ragam data penelitian	45
4. Pengaruh kombinasi perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada tinggi tanaman bibit kelapa sawit umur 10 bulan.	47
5. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada jumlah daun bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.	48
6. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada diameter batang bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.....	48
7. Pengaruh kombinasi perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit umur 10 bulan.....	49
8. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada bobot kering akar bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.....	50
9. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada bobot kering tajuk bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.....	51
10. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada keterjadian penyakit pada daun bibit kelapa sawit umur 10 bulan.	51
11. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol terhadap keterjadian penyakit pada akar bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.....	52
12. Pengaruh perlakuan <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol terhadap keparahan penyakit pada daun bibit tanaman kelapa sawit umur 10 bulan.....	53
13. Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada tinggi bibit kelapa sawit.....	69

14.	Analisis ragam untuk tinggi bibit kelapa sawit.....	69
15.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada jumlah daun bibit kelapa sawit	70
16.	Analisis ragam untuk jumlah daun bibit kelapa sawit.....	70
17.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada diameter batang bibit kelapa sawit.	71
18.	Analisis ragam untuk diameter batang bibit kelapa sawit.	71
19.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit.....	72
20.	Analisis ragam untuk tingkat kehijauan daun bibit kelapa sawit.	72
21.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada bobot kering akar bibit kelapa sawit.....	73
22.	Analisis ragam untuk bobot kering akar bibit kelapa sawit.....	73
23.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada bobot kering tajuk bibit kelapa sawit	74
24.	Analisis ragam untuk bobot kering tajuk bibit kelapa sawit.....	74
25.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada keterjadian penyakit pada daun bibit kelapa sawit akibat infeksi <i>Ganoderma boninense</i> ...	75
26.	Analisis ragam untuk keterjadian penyakit pada daun bibit kelapa sawit.	75
27.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada keterjadian penyakit pada akar bibit kelapa sawit akibat infeksi <i>Ganoderma boninense</i>	76
28.	Analisis ragam untuk keterjadian penyakit pada akar bibit kelapa sawit.	76
29.	Data respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terhadap	

	pemberian <i>Trichoderma</i> spp. dan flutriafol pada keparahan penyakit padadaun bibit kelapa sawit akibat infeksi <i>Ganoderma boninense</i>	77
30.	Analisis ragam untuk keparahan penyakit pada daun bibit kelapa sawit	77

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Diagram alir kerangka pemikiran.....	15
2. Bibit tanaman kelapa sawit terinfeksi <i>Ganoderma boninense</i>	23
3. Penampilan koloni <i>Trichoderma</i> spp. ditanam pada PDA selama 7 hari di mana gambar (a) adalah <i>T. atroviride</i> , (b) adalah <i>T. longibrachiatum</i> , (c) adalah <i>T. virens</i> , dan (d) adalah <i>T. Harzianum</i> (Sumber: Zhang dan Wang 2012)	24
4. Aktivitas pertumbuhan <i>Trichoderma</i> spp.....	27
5. Rumus struktur flutriafol.....	28
6. Tata letak percobaan di Laboratorium Lapang Terpadu	33
7. Kegiatan inokulasi isolat <i>Ganoderma boninense</i> pada balok kayu karet.....	37
8. Kegiatan inokulasi <i>Ganoderma</i> pada akar bibit kelapa sawit	37
9. Aplikasi <i>Trichoderma</i> spp. pada akar bibit kelapa sawit	38
10. Aplikasi flutriafol pada bibit kelapa sawit	39
11. Infeksi <i>Ganoderma boninense</i> pada akar tanaman (A), badan buah <i>Ganoderma boninense</i> pada permukaan tanah (B), dan nekrosis pada daun (C).....	57

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Indonesia merupakan salah satu negara penghasil minyak kelapa sawit terbesar di dunia. Kelapa sawit menyumbangkan devisa tertinggi diantara komoditas ekspor lainnya dalam bidang pertanian selama sepuluh tahun terakhir. Perkembangan volume ekspor minyak kelapa sawit berupa *Cruide Palm Oil* (CPO) terus mengalami peningkatan pada tahun 1981- 2016 dari 196,36 ribu ton menjadi 22,76 juta ton. Perkembangan luas areal kelapa sawit di Indonesia dari kurun waktu 1980-2017 mengalami peningkatan dari 294,56 ribu hektar diprediksi menjadi 12,31 juta hektar pada tahun 2017 (Kementrian Pertanian, 2017).

Kebutuhan minyak nabati dunia terus meningkat sebagai akibat pertumbuhan penduduk dan peningkatan pendapatan domestik. Tanaman kelapa sawit menjadi salah satu tanaman penghasil minyak nabati yang paling efisien dan populer karena memiliki keunggulan dibandingkan dengan minyak nabati lainnya seperti minyak kedelai, minyak kelapa, minyak jagung dan lain-lain. Salah satu keunggulan minyak nabati kelapa sawit yaitu lebih tahan lama, tahan terhadap tekanan dan suhu yang relatif tinggi (Pahan, 2007).

Peningkatan produktivitas minyak kelapa sawit harus didukung dengan teknis budidaya yang baik, salah satunya penggunaan pupuk hayati. Menurut Kamal *et al.* (2018), pemanfaatan mikroorganisme seperti *Trichoderma* spp. sebagai pupuk komersial meningkatkan harapan pada petani. *Trichoderma* spp. dapat digunakan pada hampir semua jenis tanaman, penggunaan bersamaan dengan kompos dapat memberikan hasil yang lebih baik dan dapat meminimalkan penggunaan pupuk NPK. Hal ini juga dapat meningkatkan penyerapan mikronutrien untuk tanaman seperti Cu, Zn, Fe, Na, dan lain-lain serta membantu dalam pelarutan fosfat dalam tanah dan tersedia untuk tanaman.

Pertumbuhan bibit kelapa sawit yang baik dan sehat menjadi salah satu ciri respons keberhasilan dalam kegiatan pembibitan tanaman kelapa sawit. Harman *et al.* (2004) menyatakan bahwa *Trichoderma* spp. menghasilkan efek menguntungkan pada pertumbuhan tanaman (*plant growth promotting*) dalam meningkatkan perkembangan akar. Peningkatan perkembangan akar sering dikaitkan dengan peningkatan hasil panen dan biomassa tanaman.

Seperti tanaman tahunan pada umumnya, tanaman kelapa sawit juga mengalami serangan oleh beberapa penyakit. Satu diantaranya yang menjadi penyakit penting adalah penyakit busuk pangkal batang (BPB). Keberlangsungan nilai produksi kelapa sawit ini dapat terancam menurun oleh adanya penyakit tersebut. Penyakit ini disebabkan oleh patogen jamur *Ganoderma boninense*. Susanto (2002) menyatakan bahwa penyakit ini telah menyebabkan kematian kelapa sawit di beberapa perkebunan di Indonesia hingga 80% atau lebih dan menyebabkan penurunan produksi per satuan luas.

Pengendalian hayati menjadi salah satu alternatif pengendalian yang potensial untuk dilakukan karena lebih aman bagi kesehatan manusia dan lingkungan hidup (Sembel, 2010). Pengendalian secara hayati dapat dilakukan dengan memanfaatkan agens hayati antagonis seperti jamur *Trichoderma* spp. (Priwiratama dan Susanto, 2014). Mekanisme yang dilakukan oleh agens antagonis *Trichoderma* spp. terhadap patogen adalah melalui mikoparasit (Arwiyanto, 2003). Mikoparasit merupakan suatu sifat memarasit miselium cendawan lain dengan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel tersebut untuk mengambil zat makanan dari dalam sel sehingga cendawan akan mati.

Trichoderma spp. merupakan jamur tanah yang sering diisolasi dan berada pada ekosistem perakaran tanaman. Jamur tersebut bersifat menguntungkan, tidak virulen terhadap tanaman simbiosis, dan berfungsi sebagai parasitis antagonis terhadap fungi yang bersifat fitopatogenik, sehingga *Trichoderma* spp. dapat melindungi tanaman dari penyakit yang disebabkan jamur (Harman *et al.*, 2004).

Faktor yang mempengaruhi keberhasilan *Trichoderma* spp. dalam meningkatkan pertumbuhan dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang adalah dosis yang digunakan. Elfina (2015) melaporkan bahwa penggunaan beberapa dosis biofungisida pelet *Trichoderma harzianum* yaitu 0, 5, 10, 15, dan 20 gram per polibag efektif dalam meningkatkan tinggi bibit dan volume akar kelapa sawit. Biofungisida pelet *Trichoderma harzianum* pada dosis 10 gram/polibag memiliki kemampuan yang lebih baik dalam mengendalikan jamur *Ganoderma boninense* karena memiliki intensitas penyakit yang lebih kecil yaitu 15,63 %.

Penanganan penyakit busuk pangkal batang selain dengan menggunakan agens hayati dapat juga dilakukan dengan menggunakan fungisida sintetis. Keane (2001) dalam (Vinale *et al.*, 2008) menyatakan bahwa penggunaan fungisida golongan triazol dapat mengendalikan penyakit pembuluh kayu yang disebabkan oleh jamur *Oncobasidium theobromae* yang merupakan penyakit utama pada budidaya tanaman kakao. Menurut Aini (2014), fungisida dengan bahan aktif golongan triazol ini diantaranya adalah propikonazol, difenokonazol, dimikonazol, flusilazol, fenbukonazol, heksakonazol, mikobutanil, siprokonazol, tebukonazol, triadimefon, dan flutriafol.

Flutriafol yang memiliki nama IUPAC ([RS]-2,4'-difluoro- α -[1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl]-benzhydryl alcohol) merupakan fungisida golongan triazol yang memiliki mekanisme menghambat kerja enzim 14- α -metilase yang merupakan keluarga sitokrom P₄₅₀ yang terlibat dalam biosintesis ergosterol. Ergosterol merupakan sterol utama yang terdapat di dalam membran sel jamur yang memiliki peranan penting dalam menjaga fluiditas membran, mengatur permeabilitas membran, tingkat pertumbuhan sel, dan mempengaruhi aktivitas enzim-enzim yang berada di membran sel (Aini, 2014). Ergosterol yang terganggu dan mengalami pengurangan serta akumulasi metilase memungkinkan terjadinya perubahan dan kerusakan fungsi sel yang berhubungan dengan membran.

Keberhasilan dalam pengendalian *Ganoderma boninense* juga dipengaruhi oleh efektivitas dosis flutriafol yang digunakan. Menurut Vineela *et al.* (2017), fungisida golongan triazole seperti tebukonazol 25,9 % EL, heksakonazol 5% SC, propikonazol 25% EC, dan difekonazol 10% WP dengan dosis masing-masing

0,1 %, diujikan secara *in vitro* dalam menghambat pertumbuhan jamur penyebab penyakit busuk akar pada tanaman kacang tanah (*Sclerotium rolfsii*). Hasil yang diperoleh dari ketiga bahan tersebut mampu menghambat pertumbuhan jamur dengan sangat baik dan persentase penghambatan mencapai 100% .

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah diuraikan di atas, maka perlu dilaksanakan suatu penelitian untuk menjawab permasalahan yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Berapakah dosis *Trichoderma* spp. yang terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *G. boninense*?
2. Berapakah konsentrasi flutriafol yang terbaik untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit?
3. Apakah aplikasi flutriafol dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp.?

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakannya penelitian ini yaitu sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui dosis *Trichoderma* spp. yang terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *G. boninense*.
2. Untuk mengetahui konsentrasi flutriafol yang terbaik dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit.
3. Untuk mengetahui apakah aplikasi flutriafol dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp.

1.3 Landasan Teori

Dalam rangka menyusun penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang telah diajukan, penulis menggunakan landasan teori sebagai berikut. Bibit kelapa sawit yang diberikan *Trichoderma* spp. pertumbuhannya secara agronomi akan meningkat. Telah diketahui bahwa jamur *Trichoderma* spp. terkait erat kehidupannya dengan akar tanaman akan dapat secara langsung mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Menurut Harman *et al.* (2004), inokulasi *Trichoderma* pada tanaman jagung (*Zea mays*) mempengaruhi arsitektur akar tanaman. Efek yang dilaporkan yaitu *Trichoderma* spp. meningkatkan produksi biomassa akar dan meningkatkan pertumbuhan rambut akar.

Peningkatan pertumbuhan akar ini dapat meningkatkan produktivitas tanaman, karena adanya penambahan jumlah akar adalah dapat meningkatkan serapan unsur hara dan efisiensi penggunaan nitrogen, serta dapat melarutkan unsur hara dalam tanah.

Windham *et al.* (1986) dalam penelitiannya melaporkan mengenai kemampuan promosi pertumbuhan tanaman (*plant growth promotion fungi*) oleh *Trichoderma* spp. Hasil penelitiannya menyebutkan bahwa *Trichoderma* spp. dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman. Peningkatan yang signifikan diamati pada peubah total kemunculan bibit tembakau dan tomat pada tanah yang diberi perlakuan *Trichoderma* spp. Ukuran tanaman yang muncul pada tanah yang diinfeksi *Trichoderma* spp. lebih seragam daripada tanaman kontrol. Bobot kering akar dan tunas tomat pada tanah yang diberi perlakuan dengan *Trichoderma* spp. meningkat 213-275% dan 259-318%, masing-masing melebihi

kontrol. Bobot akar tembakau meningkat 266-291% dengan penambahan *Trichoderma koningii* T-8.

Pemberian dosis *Trichoderma* spp. yang berbeda berpengaruh terhadap respons pertumbuhan tanaman. Menurut Sopialena (2018), aplikasi *Trichoderma* sp. pada tanaman tomat dengan dosis 0 g, 25 g, 30 g, 35 g, dan 40 g biakan jamur per polibag menunjukkan bahwa dosis 40 g jamur *Trichoderma* sp. paling efektif dalam mengendalikan penyakit layu *F. oxysporum* pada tanaman tomat, yang mana dapat meningkatkan produksi tanaman tomat sebesar 293,48 g.

Penelitian yang dilakukan oleh Chamzurni *et al.* (2013) menggunakan berbagai jenis dan dosis *Trichoderma* spp. seperti *T. harzianum* 30 g tanaman⁻¹, 45 g tanaman⁻¹, dosis *T. virens* 30 g tanaman⁻¹, 45 g tanaman⁻¹, dosis *T. harzianum* 15 g + *T. virens* 15 g tanaman⁻¹, dan dosis *T. harzianum* 22,5 g + *T. virens* 22,5 g tanaman⁻¹ pada media semai benih tanaman cabai. Hasil penelitian menunjukkan bahwa dosis 45 gram kombinasi dari *T. harzianum* 22,5 g + *T. virens* 22,5 g tanaman⁻¹ adalah paling efektif mengendalikan *R. solani* dengan rata-rata benih yang tumbuh dan tinggi tanaman masing-masing yaitu 75% and 9,25 cm.

Trichoderma spp. yang diaplikasikan pada tanaman akan meningkatkan kesehatan tanaman secara keseluruhan dengan menciptakan lingkungan positif. Mekanisme yang dilakukan melalui hubungan simbiosis dengan tanaman dan melepaskan berbagai jenis metabolit sekunder, hormon pertumbuhan, endokitinase, enzim proteolitik dan menguntungkan tanaman dengan memanfaatkan interaksi tanaman – mikroba (Benitez *et al.*, 2004)

G. boninense termasuk fungi pembusuk putih yang mampu mendegradasi lignin dengan sistem enzim pengoksidasi fenol seperti lakase, tirosinase, dan polifenoloksidase. Selain enzim di atas, *Ganoderma* juga mengandung enzim seperti amilase, invertase, ekstraseluler oksidase, koagulase, protease, pektinase, dan selulase (Samingan, 2009).

Tanaman kelapa sawit yang terinfeksi oleh *G. boninense* lama kelamaan akan mengalami kematian. Jamur ini akan merusak jaringan batang tanaman kelapa sawit yang digunakan untuk proses pengangkutan air dan unsur hara. Menurut Rees *et al.* (2009), *G. boninense* akan melakukan penetrasi pada lapisan luar akar dan diikuti masuknya hifa ke korteks dalam yang mudah terdegradasi dan perkembangan longitudinal sepanjang akar. Selama kolonisasi awal sepanjang jaringan inang, *G. boninense* menghasilkan hifa yang meluas, membesar, intraseluler, terutama pada sel kortikal. Hal ini diikuti dengan kerusakan dinding sel kortikal. Dinding sel terdegradasi secara beruntun, pada area terlokalisasi yang terkait dengan hifa. Ketika semua lapisan dinding sel sudah terserang, pada akhirnya menyebabkan kerusakan lengkap dinding sel termasuk lamela tengah batang. Hal ini akan mempermudah kolonisasi pada interseluler dan intraseluler juga pada area diantara dinding sel tanaman kelapa sawit.

Bibit tanaman kelapa sawit yang diberikan *Trichoderma* spp. diharapkan mampu bertahan dari infeksi jamur *G. boninense* penyebab penyakit busuk pangkal batang. Penyebabnya adalah *Trichoderma* yang bersimbiosis dengan bibit tanaman kelapa sawit secara efektif mampu mensekresikan zat yang dapat menekan pertumbuhan *Ganoderma*. *Trichoderma* spp. mampu mensekresikan

enzim dan mendeteksi adanya kehadiran jamur lain dengan cara menangkap sinyal molekuler yang dilepaskan oleh jamur parasit dengan degradasi enzimatik. Woo *et al.* (2006) melaporkan selama proses penyerangan terhadap jamur lain, *Trichoderma* mensekresikan enzim-enzim seperti selulase, kitinase, β -1,3-glukonase, dan lain-lain. Enzim tersebut menghidrolisis dinding sel jamur parasit, kemudian enzim akan melepaskan oligomer-oligomer dari dinding sel patogen. Pernyataan serupa disampaikan oleh Benitez *et al.* (2004), bahwa degradasi dinding sel selama mikoparasitisme dimediasi oleh seperangkat enzim termasuk kitinase, β - (1,4) -, β - (1,3) - dan β - (1,6) -glukonase, dan protease.

Pendapat lain juga dinyatakan oleh Watanabe *et al.* (2007) bahwa pada saat *Trichoderma* spp. melilit jamur parasit, maka *Trichoderma* spp. akan mengeluarkan enzim. Sifat antagonistik terhadap jamur lain terjadi melalui mekanisme antibiosis, parasitisme, dan kompetisi. Selain itu, hifa *Trichoderma* spp. juga mampu menembus miselium jamur parasit dan menyerap nutrisi jamur tersebut hingga jamur menjadi mati.

Penanganan penyakit busuk pangkal batang menjadi tantangan dalam agronomis kelapa sawit. Pengendalian secara kimiawi menjadi pengendalian yang masih diyakini paling efektif saat ini, selain dengan pengendalian menggunakan agens hayati. Hashim (1990) menyatakan, dari penelitian secara *in vitro* mengenai efek fungisida sistemik baru untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang, fungisida memiliki kemampuan sangat tinggi dalam menghambat pertumbuhan patogen. Hasil menunjukkan bahwa heksakonazol, siprokonazol, dan triadimenol paling banyak menghambat *Ganoderma boninense* dengan ED₅₀ pada rentang

dosis 0,030; 0,043; dan 0,60 ppm. Dalam hal ini flutriafol, propikonazol, fusilazol, karboksini, tridemorph, dan triadimefon juga mampu menghambat dengan ED₅₀ pada rentang dosis 0,2 - 0,6 ppm. Dari pengujian tujuh fungisida tersebut, flutriafol tergolong dinyatakan efektif dalam menghambat kematian kelapa sawit secara signifikan dibandingkan tanpa adanya perlakuan.

Aplikasi fungisida golongan triazol pada tanaman melon memiliki spektrum fungsi yang luas dengan aksi sistemik, serta diyakini mempunyai daya kuratif dan preventif terhadap jamur patogen. Golongan triazol ini dapat menghambat dimetilasi selama sintesis ergosterol sehingga menghentikan perkembangan jamur (Rostiana, 2016).

Aini (2014) melakukan penelitian menggunakan flutriafol dengan konsentrasi formulasi 0,05; 0,10 ; 0,15% yang diujikan pada tanaman bibit kakao. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan flutriafol pada semua konsentrasi menghasilkan tingkat efikasi di atas 30% yang berarti efektif dalam menekan penyakit pembuluh kayu pada bibit kakao. Perlakuan flutriafol 0,05% memiliki tingkat efikasi paling tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan yang lain.

Flutriafol jika diaplikasikan dapat membunuh *Ganoderma boninense* namun juga diyakini akan berpengaruh pada *Trichoderma* spp. ketika fungisida golongan triazol ini diaplikasikan. Menurut McLean *et al.* (2001), ada inkompatibilitas antara fungisida dengan *Trichoderma* walaupun ada indikasi agens hayati *Trichoderma* spp. tersebut kompatibel dengan fungisida tertentu. Namun faktanya dalam penelitian yang dilakukan oleh Vineela *et al.* (2017) menunjukkan hasil bahwa persentase penghambatan pertumbuhan biogenesis oleh fungisida tebukonazol

yang termasuk golongan triazol sangat tinggi yaitu mencapai 100%, sehingga dapat membunuh pertumbuhan *Trichoderma* spp. Oleh karena itu aplikasi flutriafol sebaiknya tidak dapat dilakukan secara bersamaan dengan aplikasi agens hayati dari golongan jamur, tetapi jika agens hayati dan fungisida dapat diterapkan dengan menggunakan jangka waktu tertentu diharapkan efek negatif fungisida dapat diminimumkan.

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoretis terhadap perumusan masalah. Tanaman yang diaplikasikan *Trichoderma* spp. pertumbuhannya dapat meningkat karena jamur tersebut memiliki keterkaitan yang erat kehidupannya dengan akar tanaman. Peningkatan biomassa dan rambut akar tanaman yang disebabkan oleh jamur ini dapat meningkatkan luasan serapan unsur hara dan efisiensi penggunaan nitrogen. *Trichoderma* spp. secara langsung dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan tanaman (*plant growth promotion fungi*).

Aplikasi *Trichoderma* spp. pada bibit kelapa sawit dengan dosis yang terbaik dapat meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit. Dosis yang terbaik selain dapat meningkatkan pertumbuhan juga dapat meningkatkan kesehatan bibit karena melindungi tanaman dari serangan penyakit. Bibit sawit yang sehat akan menghasilkan nilai intensitas penyakit yang lebih rendah ketika bibit tersebut terinfeksi penyakit. Penambahan dosis *Trichoderma* spp. yang semakin tinggi, tidak selalu menghasilkan pertumbuhan bibit yang lebih tinggi. Penambahan dosis dapat menghasilkan tingkat pertumbuhan bibit yang lebih rendah. Hal ini

dapat terjadi karena dosis *Trichoderma* spp. yang diberikan melebihi dosis, sehingga akan menyebabkan persaingan fotosintat antar *Trichoderma* spp. itu sendiri dan dengan tanaman inang.

Pemberian *Trichoderma* spp. selain dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman juga dapat mengendalikan penyakit pada tanaman. *Trichoderma* spp. yang diaplikasikan pada tanaman bibit kelapa sawit dapat meningkatkan kesehatan bibit dengan menciptakan lingkungan yang positif. Jamur ini melakukan hubungan simbiosis dengan tanaman dan melepaskan berbagai jenis metabolit sekunder, hormon pertumbuhan tanaman, endokitinase, dan enzim proteolitik, serta memanfaatkan interaksi tanaman dengan mikroba.

Trichoderma spp. selain mampu meningkatkan pertumbuhan dan perkembangan tanaman juga dipercaya dapat mengendalikan kematian bibit akibat penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *G. boninense*. Hifa dari *Trichoderma* spp akan menginfeksi *Ganoderma* dengan mensekresikan enzim-enzim seperti selulase dan kitinase. Dinding sel jamur *Ganoderma* yang tersusun oleh selulosa dan kitin akan terdegradasi oleh enzim tersebut. Selain itu, hifa *Trichoderma* secara efektif tumbuh secara cepat dan menambah panjang hifa, sehingga akan meningkatkan luas serapan seluruh area permukaan untuk pertumbuhannya. Hifa-hifa ini akan masuk menembus ke dalam miselium (hifa yang saling menjalin) *Ganoderma*, sehingga nutrisi *Ganoderma* akan diserap oleh *Trichoderma* dan berujung pada kematian *Ganoderma* tersebut.

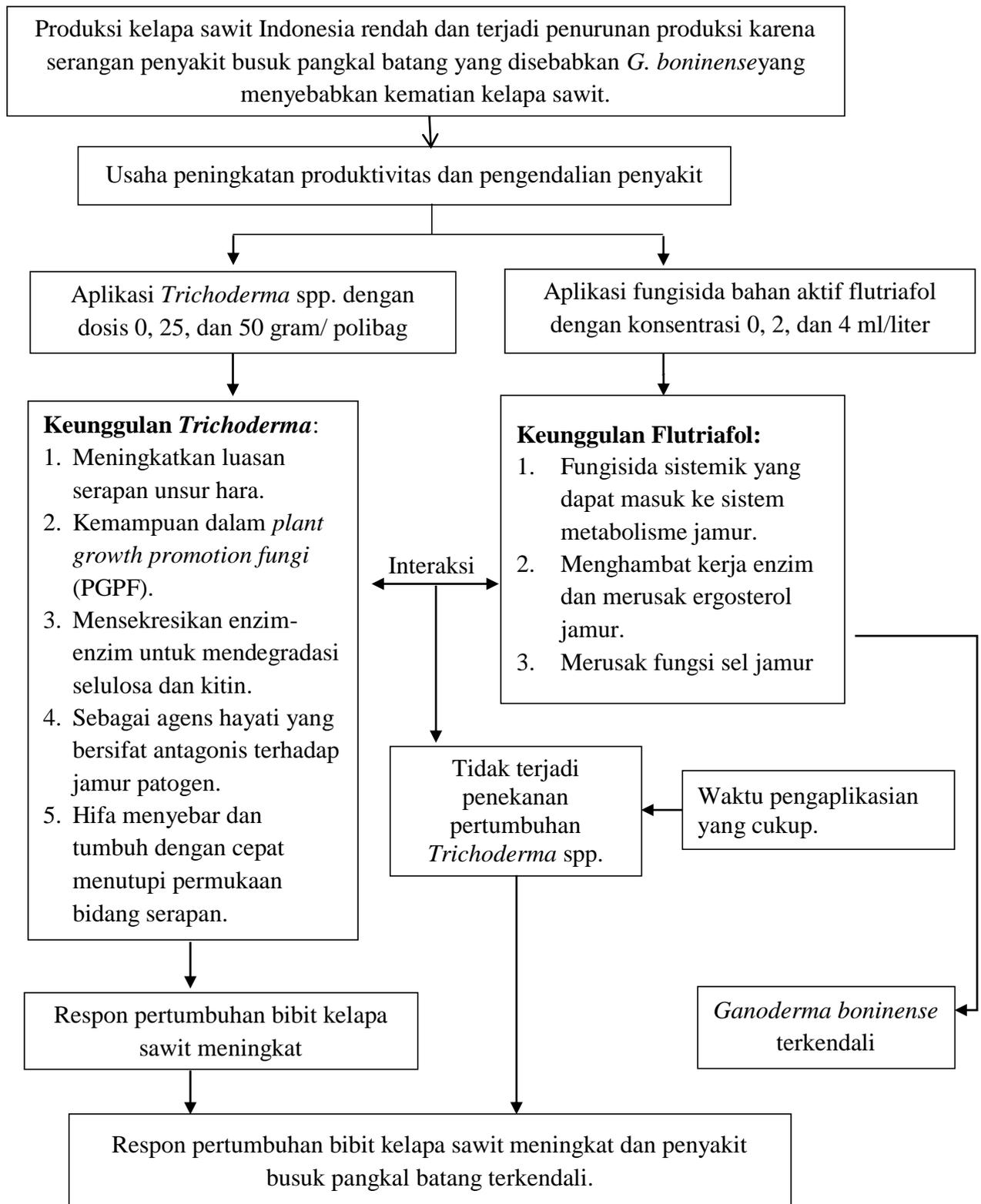
Selain menggunakan *Trichoderma*, pengendalian *Ganoderma* dapat dilakukan dengan penggunaan fungisida sintesis dengan bahan aktif flutriafol dari golongan

triazol. Pengendalian menggunakan bahan kimia pada umumnya dinilai mampu mengendalikan pertumbuhan penyakit busuk pangkal batang. Fungisida flutriafol bersifat sistemik, sehingga apabila fungisida disemprotkan ke bagian organ bibit tanaman kelapa sawit, bahan aktif fungisida akan masuk ke dalam sistem metabolisme kelapa sawit lalu terakumulasi ke semua jaringan yang terinfeksi *Ganoderma* dan merusak ergosterol jamur serta menyebabkan terganggunya fluiditas membran sehingga menyebabkan kematian jamur.

Fungisida flutriafol dalam menghambat dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang harus diikuti dengan penggunaan konsentrasi fungisida yang tepat. Konsentrasi yang tepat dapat merusak fungsi sel, menghambat kerja enzim-enzim yang terdapat pada jamur *Ganoderma*. Konsentrasi yang tinggi selain dapat menghambat pertumbuhan jamur *G. boninense* juga dapat menghambat pertumbuhan jamur *Trichoderma* spp. Akibatnya, walaupun daya kuratif dan preventif dari flutriafol bekerja dengan baik dalam mengendalikan *G. boninense* namun dapat mempengaruhi *Trichoderma* spp dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Interaksi antara *Trichoderma* spp. dan flutriafol dimungkinkan dapat terjadi, walaupun secara umum fungisida ini membunuh semua jamur serta didukung sifatnya yang sistemik. Penggunaan flutriafol dengan kombinasi *Trichoderma* yang diaplikasikan secara bersamaan dapat menyebabkan kematian *Trichoderma*. Perlu jarak waktu yang cukup dari pengaplikasian flutriafol terhadap bibit yang diinokulasikan *Trichoderma*. Pemberian jarak waktu yang cukup pada pengaplikasian flutriafol memberikan kesempatan *Trichoderma* spp. untuk

tumbuh dan berkembang lebih banyak, sehingga memungkinkan tidak akan terjadinya penekanan pertumbuhan *Trichoderma*. Bibit yang sehat akan menghasilkan pertumbuhan kelapa sawit yang lebih baik dan diharapkan dapat lebih tahan terhadap terhadap penyakit busuk pangkal batang. Skema diagram alur kerangka pemikiran ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram alir kerangka pemikiran

1.5 Hipotesis

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

1. Terdapat dosis *Trichoderma* spp. yang terbaik untuk meningkatkan pertumbuhan bibit kelapa sawit dan mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh jamur *G. boninense*.
2. Terdapat konsentrasi fungisida flutriafol yang terbaik untuk mengendalikan penyakit busuk pangkal batang pada bibit kelapa sawit.
3. Flutriafol dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp. dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang bibit kelapa sawit.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Informasi Umum Tanaman Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman monokotil yang masuk ke dalam famili *Arecaceae*. Nama genus “*Elaeis*” berasal dari bahasa Yunani ‘*elaion*’ yang berarti minyak, sebagai penciri tanaman penghasil minyak. Kata ‘*guineensis*’ menunjukkan suatu tempat pada teluk Guinea di Afrika Barat, yang dipercaya sebagai awal mula tanaman ini berasal. Nama binomial *Elaeis guineensis* Jacq. diberikan oleh Jacquin pada tahun 1763 berdasarkan kajian saat tanaman tersebut diintroduksi ke *West Indian island of Martinique* dari Afrika Barat (Hapsoro dan Yusnita, 2016).

Klasifikasi tanaman kelapa sawit menurut Pahan (2007) adalah sebagai berikut:

Divisi : *Embryophyta Siphonagama*
Kelas : *Angiospermae*
Ordo : *Monocotyledonae*
Famili : *Arecaceae*
Subfamili : *Cocoidea*
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jacq.

2.1.1 Morfologi Tanaman Kelapa Sawit

Tanaman kelapa sawit memiliki organ-organ vegetatif berupa akar, batang, dan daun serta organ reproduktif berupa bunga dan buah. Menurut Pahan (2015), morfologi tanaman kelapa sawit terdiri dari daun, batang, akar, bunga, dan buah.

1. Daun

Daun tanaman kelapa sawit merupakan daun majemuk yang menyerupai tanaman kelapa. Panjang pelepah daun sekitar 6,5 – 9 m (tergantung varietas). Setiap pelepah mempunyai jumlah anak daun berkisar 250-400 helai. Produksi pelepah daunnya selama satu tahun dapat mencapai 20-30 pelepah. Daun kelapa sawit memiliki filotaksis (susunan daun) yang merupakan kelipatan angka delapan (1, 9,17,25,33, 41 dan seterusnya). Daun termuda yang sudah mengembang sempurna dianggap sebagai daun nomor satu.

2. Batang

Batang silinder kelapa sawit berbentuk silinder dan berdiameter 20-75 cm. Batang akan bertambah tinggi sekitar 45-60 cm per tahun (tergantung varietas tanaman). Pertumbuhan tinggi tanaman per tahun akan sangat berpengaruh terhadap umur tanaman. Semakin rendah pertambahan tinggi maka usia ekonomis tanaman akan lebih lama. Batang diselimuti oleh pangkal pelepah daun tua hingga usia 11-15 tahun. Dalam fungsinya, batang memiliki peran sebagai pendukung daun, bunga, dan buah. Selain itu sebagai sistem pembuluh yang mengangkut hara mineral dan air dari akar ke atas serta fotosintat daun ke bawah.

3. Akar

Akar tanaman sangat penting dalam menunjang struktur batang, menyerap air dan nutrisi dari dalam tanah, serta sebagai alat respirasi. Secara umum, sistem perakaran kelapa sawit lebih banyak berada di dekat perakaran tanah. Akar kelapa sawit merupakan akar serabut yang terdiri dari akar primer, sekunder, tersier, dan kuartener. Akar primer umumnya memiliki diameter 6-10 mm, yang keluar dari pangkal batang dan penyebarannya secara horizontal dan menghujam ke dalam tanah dengan beragam sudut. Akar sekunder berdiameter 2-4 mm, akar tersier 0,7- 1,2 mm, akar kuartener berdiameter 0,1 – 0,3 mm, panjangnya 1-4 mm dan tidak berlignin.

4. Bunga

Bunga jantan dan betina kelapa sawit terpisah dalam satu pohon sehingga tanaman ini disebut *monoecious*. Umumnya tanaman ini melakukan penyerbukan secara silang. Bunga muncul dari setiap ketiak daun, dan setiap ketiak daun hanya mampu menghasilkan satu infloresen yang umumnya gugur pada fase-fase awal perkembangannya, sehingga kadang terlihat tanaman di beberapa ketiak daun tidak menghasilkan infloresen.

5. Buah

Buah pada kelapa sawit (brondolan) terorganisasi di dalam tandan. Terdapat sekitar 1600 brondolan dalam satu tandan. Tanaman muda akan menghasilkan 20-22 tandan per tahun. Jumlah tandan buah pada tanaman tua sekitar 12-14 tandan per tahun. Berat tandan ini mampu mencapai 25-35 kg.

2.1.2 Tipe-Tipe Kelapa Sawit

Kelapa sawit terdiri dari beberapa tipe berdasarkan ketebalan tempurungnya antara lain Dura, Pisifera, dan Tenera. Dura memiliki ciri-ciri ketebalan tempurung (2-8 mm), tidak adanya lingkaran serabut pada bagian luar tempurung, daging buah relatif tipis yaitu 35-50% terhadap biji, kernel besar dengan kandungan minyak yang rendah, dan digunakan sebagai pohon induk betina. Pisifera memiliki ciri-ciri ketebalan tempurung sangat tipis, daging buahnya tebal dibandingkan Dura, daging bijinya sangat tipis, dan digunakan sebagai pohon induk jantan. Sedangkan Tenera memiliki ciri-ciri tempurung tipis (0,5-4 mm), terdapat lingkaran serabut di sekeliling tempurung, daging buahnya sangat tebal (60-96% dari buah), dan merupakan hasil persilangan antara Dura dan Pisifera (D x P) (Fauzi *et al.*, 2012).

2.1.3 Ekologi Kelapa Sawit

Kelapa sawit membutuhkan ekologi yang tepat untuk pertumbuhan dan perkembangannya. Daerah pengembangan kelapa sawit yang tepat berada pada 15° LU- 15° LS. Ketinggian tempat (*altitude*) perkebunan kelapa sawit berkisar 0-500 m dari permukaan laut. Kelapa sawit menghendaki curah hujan sebesar 2000-2500 mm/ tahun dengan periode bulan kering <75 mm/ bulan tidak lebih dari 2 bulan. Kelapa sawit memerlukan suhu optimum 29-30°C, kelembaban optimum yaitu 80-90% , dan intensitas penyinaran 5-7 jam/hari. Kelapa sawit mampu tumbuh pada beberapa jenis tanah seperti tanah podzolik, latosol, hidromorfik kelabu, regosol, dan aluvial. Kelapa sawit menghendaki tanah yang

gembur, subur, datar, berdrainase baik, dan lapisan solum tanah tanpa lapisan padas. Nilai pH optimum tanaman kelapa sawit adalah 5,0-5,5. Kelerengan untuk areal pertanaman kelapa sawit sebaiknya <25% (Pahan, 2015).

2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang

Penyakit busuk pangkal batang (BPB) merupakan salah satu penyakit penting pada perkebunan kelapa sawit yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense*. Penyakit ini makin lama makin meningkat akibat adanya usaha besar-besaran untuk memperluas kebun kelapa sawit di Indonesia. Selain itu persentase tanaman mati dari generasi ke generasi tanam berikutnya semakin meningkat. Penyakit ini tidak hanya menyerang kebun yang tua namun juga ditemukan di kebun yang masih muda (Semangun, 2000).

Penyakit BPB yang terjadi pada perkebunan kelapa sawit di Asia Tenggara telah dilaporkan di Malaysia, Thailand, dan Indonesia. BPB juga ditemukan di beberapa negara di Afrika seperti Angola, Kamerun, Nigeria, Zambia, San Tome, Tanzania, Principe, dan Republik Kongo. Di Amerika, penyakit ini ditemukan di Honduras, sedangkan di Oseania ditemukan di Papua New Guinea (Ariffin *et al.*, 2000).

2.2.1 Epidemiologi *Ganoderma boninense*

Infeksi *Ganoderma* pada tanaman kelapa sawit terjadi sebagai hasil kontak antara akar tanaman yang sehat dengan jaringan akar tanaman yang berpenyakit yang terdapat di dalam tanah (Turner, 1965). Infeksi oleh *Ganoderma* juga dipercaya terjadi melalui jaringan akar yang terluka dan mati. Jamur kemudian tumbuh di

sepanjang akar terinfeksi dan akhirnya mencapai batang kelapa sawit. Investigasi histopatologis akar secara alami yang terkena infeksi *Ganoderma* mengungkapkan bahwa jamur juga menyerang pembuluh angkut (Arifin *et al.*, 1991).

Infeksi awal *Ganoderma* di akar terbatas pada jaringan bagian dalam ke endodermis. Infeksi jamur tidak terbatas pada jaringan tertentu pada stadium lanjut patogenesis. Hifa jamur dapat dengan jelas dideteksi pada xilem, floem, empulur, dan parenkim. Infeksi batang tersebut pada akhirnya menyebabkan terbentuknya garis hitam dalam jaringan yang terinfeksi. Garis-garis tersebut dapat diamati dengan menggunakan mata telanjang. Pemeriksaan secara mikroskopis dengan menggunakan teknik pewarnaan yang sesuai, diamati bahwa hifa *Ganoderma* berubah menjadi dinding tebal dan bengkak yang tertanam di dalam garis hitam (Flood *et al.*, 2000).

Tanaman kelapa sawit muda akan menunjukkan gejala eksternal penyakit BPB seperti salah satu sisi daun menguning, terdapat bintik-bintik pada daun yang paling bawah, dan diikuti oleh adanya nekrosis (Singh, 1991). Daun muda yang baru terbuka lebih pendek dari biasanya dan terjadi klorosis dan sebagai tambahan ujungnya mungkin nekrosis. Seiring perkembangan penyakit, tanaman sawit muda dapat terlihat pucat secara keseluruhan, dengan pertumbuhan terhambat dan daun tombak tetap tidak terbuka. Pohon kelapa sawit muda yang terinfeksi biasanya mati dalam 6-24 bulan setelah kemunculan gejala pertama kali, tetapi tanaman kelapa sawit dewasa dapat memakan waktu hingga 2-3 tahun untuk mati (Flood *et al.*, 2000).

Jaringan pangkal batang yang terinfeksi menunjukkan karakteristik pembusukan kering. Pada penampang batang yang terserang, luka tampak sebagai area berwarna coklat terang pada jaringan yang membusuk, ditandai oleh zonasi tidak beraturan yang lebih gelap dengan tepi luar dari zona kuning yang tidak beraturan. Zona yellow ditemukan antara tepi luka dan jaringan sehat (Flood *et al.*, 2000). Bibit tanaman kelapa sawit yang terinfeksi oleh *Ganoderma* ditunjukkan pada Gambar 2.

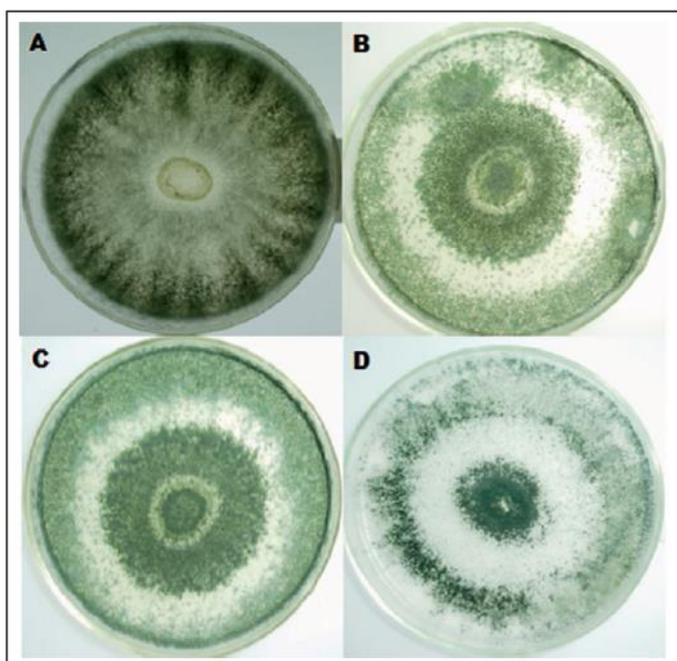


Gambar 2. Bibit tanaman kelapa sawit terinfeksi *Ganoderma boninense*

2.3 *Trichoderma*

Spesies jamur yang digolongkan ke dalam genus *Trichoderma* (telemorph *Hypocrea*, Hypocreales, Ascomycota) yang pertama kali dikenalkan oleh Persoon pada tahun 1794. *Trichoderma* spp. adalah jamur yang hidup bebas yang umum di ekosistem tanah, akar dan daun di seluruh dunia dan sangat interaktif. Mereka hidup di hampir semua jenis tanah dan habitat alami lainnya, terutama yang

mengandung bahan organik tinggi. Jamur ini adalah penjajah sekunder dan sering diisolasi dari bahan organik yang terdekomposisi dengan baik. Spesies *Trichoderma* juga telah diisolasi dari kulit kayu yang membusuk dan dari sklerotia dan tubuh buah jamur lainnya (Shiddiquee, 2017). Gambar 3 menunjukkan penampilan *Trichoderma* spp.



Gambar 3. Penampilan koloni *Trichoderma* spp. ditanam pada PDA selama 7 hari di mana gambar (a) adalah *T. atroviride*, (b) adalah *T. longibrachiatum*, (c) adalah *T. virens*, dan (d) adalah *T. harzianum* (Sumber: Zhang dan Wang 2012).

Trichoderma spp. mempunyai pengaruh besar dalam bidang pertanian. Walaupun interaksi mereka dengan tanaman tidak bersimbiosis erat seperti rhizobia dan mikoriza, namun peningkatan hasil dan kontrol terhadap patogen tular tanah sangat istimewa. Berdasarkan pendugaan konservasi, sekitar 60 dari semua yang terdaftar sebagai biofungisida dari seluruh dunia berbahan dasar *Trichoderma* (Verma *et al.*, 2007).

2.3.1 Efek Benefit Adanya *Trichoderma* pada Tanaman

Trichoderma spp. telah dipelajari secara luas untuk kapasitasnya dalam memproduksi antibiotik, parasit terhadap jamur lain dan bersaing dengan mikroorganisme tanaman yang merusak (Harman *et al.*, 2004). Hingga saat ini, sifat-sifat ini dianggap sebagai dasar untuk bagaimana *Trichoderma* memberikan efek menguntungkan pada pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Harman, 2011).

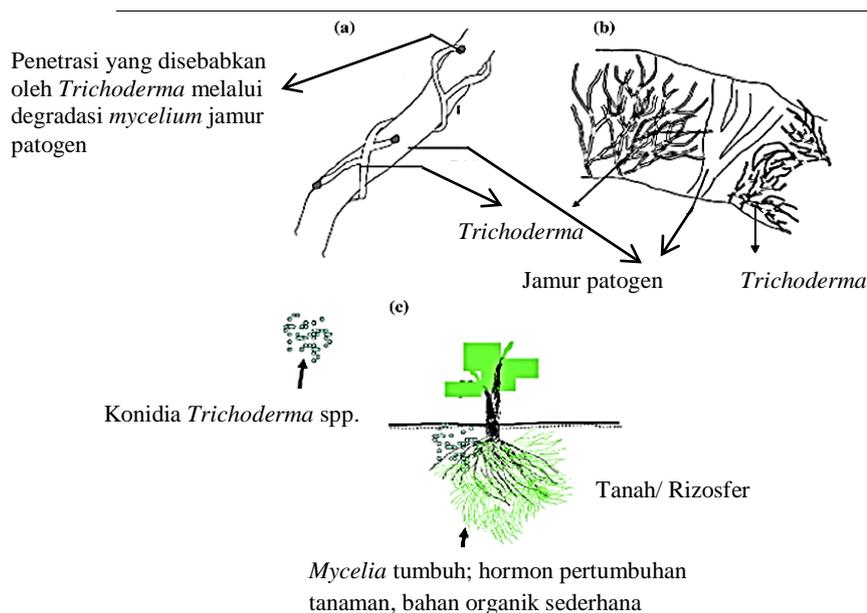
Dalam sebuah studi yang membandingkan efek *T. harzianum* Rifai 1295-22 (juga dikenal sebagai 'T22') dan formulasi komersial jamur ektomikoriza dalam pembentukan dan pertumbuhan *crack willow* (*Salix fragilis*), diperoleh bahwa setelah 5 minggu pertumbuhan di tanah, pohon muda yang tumbuh dengan *T. harzianum* T22 menghasilkan tunas dan akar yang 40% lebih panjang dari kontrol dan tunas yang 20% lebih panjang daripada tunas pohon muda yang tumbuh dengan ektomikoriza. Selain itu, anakan *T. harzianum* T22 menghasilkan lebih dari dua kali lipat biomassa kering dibandingkan dengan kontrol dan lebih dari 50% biomassa tambahan daripada anakan yang diberi perlakuan ektomikoriza. Hasil ini menyoroti potensi *Trichoderma* untuk pembentukan dan pertumbuhan awal pohon di hutan tanaman (Adams *et al.*, 2007).

2.3.2 Mikoparasitisme Trichoderma dan Hubungannya sebagai Pengendali Hayati

Kemampuan *Trichoderma* dalam memarasiti dan membunuh jamur lain telah menjadi pendorong utama dalam kesuksesan komersial jamur tersebut menjadi biofungisida (Mukherjee *et al.*, 2013). Mikoparasit merupakan proses yang sangat kompleks yang melibatkan sukuen peristiwa, termasuk pengenalan, serangan, dan penetrasi selanjutnya serta pembunuhan tanaman inang. Beberapa *Trichoderma* spp. telah dikenal karena kemampuan mikoparasit nekrotifiknya (Druzhinina *et al.*, 2011).

Trichoderma spp. dapat melakukan biokontrol langsung dengan memparasitasi berbagai jamur, mendeteksi jamur lain, dan tumbuh ke arah mereka.

Penginderaan jauh sebagian karena ekspresi berurutan dari enzim pendegradasi dinding sel, sebagian besar adalah kitinase, glukukanase, dan protease. Pola induksi berbeda dari satu strain *Trichoderma* ke yang lain. Hal ini diyakini bahwa jamur mengeluarkan eksokitinase secara konstitutif pada tingkat rendah. Ketika kitinase mendegradasi dinding sel jamur parasit, maka enzim tersebut melepaskan oligomer yang menginduksi eksokitinase dan serangan dimulai (Harman *et al.*, 2004). Gambar 4 mendeskripsikan aktivitas pertumbuhan *Trichoderma*.



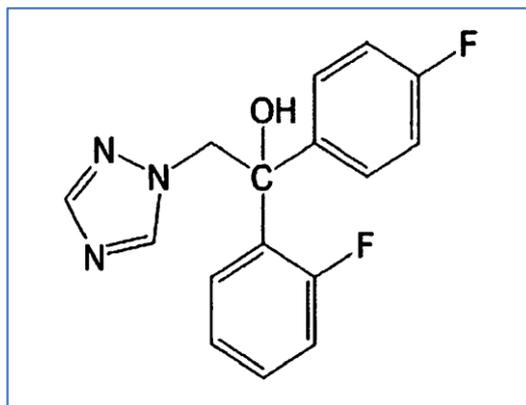
Gambar 4. Aktivitas pertumbuhan *Trichoderma* spp. secara tidak langsung: (a) mikoparasitisme, (b) Persaingan secara langsung; (c) Pertumbuhan miselia di sekitar rizosfer tanaman dan produksi metabolit. Sumber: (Verma *et al.*, 2007)

2.4 Flutriafol

Flutriafol, [(R, S) -2,4-difluoro- α - (1H-1,2,4-triazol-1-ylmethyl) benzhydryl alkohol merupakan fungisida triazole *chiral broad spectrum* yang digunakan sebagai fungisida sistemik daun atau fungisida perawatan benih untuk mengendalikan banyak penyakit tanaman dengan menghambat enzim *C-14- α -demethylase* yang terlibat dalam biosintesis sterol jamur (Zhang *et al.*, 2014).

Menurut Triharso (1998) dikutip oleh Djunaedy (2008), fungisida sistemik merupakan suatu senyawa kimia apabila diaplikasikan terhadap tanaman, sebagian senyawa tersebut akan ditranslokasikan ke bagian lain. Aplikasi suatu fungisida dapat dilakukan melalui tanah untuk diabsorpsi oleh akar, melalui penetrasi daun, dan injeksi melalui batang. Zhang *et al.* (2014) juga menyatakan bahwa flutriafol

sangat persisten di tanah, menghadirkan potensi mobilitas yang tinggi, dan dapat menjadi kontaminan bagi air tanah. Rumus struktur flutriafol ditunjukkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Rumus struktur flutriafol.

Pengelompokan pestisida dapat dilakukan berdasarkan tingkat bahayanya atau tingkat daya racunnya. Daya racun pestisida biasanya diukur berdasarkan nilai dosis letal (*Lethal Dose* = LD) maupun konsentrasi letal (*Lethal Concentration* = LC), yaitu menggunakan nilai LD₅₀ maupun LC₅₀. Nilai LD₅₀ maupun LC₅₀ adalah jumlah bahan aktif pestisida (dinyatakan dalam mg bahan aktif pestisida per kg berat badan hewan uji atau ppm/*part per million*) yang mematikan 50% dari hewan uji yang digunakan untuk percobaan. Berdasarkan definisi tersebut dapat disimpulkan bahwa pestisida dengan nilai LD₅₀ maupun LC₅₀ makin rendah maka pestisida tersebut makin beracun (WHO, 2009).

Flutriafol mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen. Penelitian yang dilakukan oleh Simanjuntak *et al.* (2017) menyatakan bahwa dari pengujian 39 fungisida yang diujikan terhadap isolat cendawan yang terbawa benih kelapa sawit, terdapat 13 fungisida yang efektif terhadap *Aspergillus* sp., *Penicillium* sp.,

dan juga terhadap *Mucor* sp. Hasil pengujian flutriafol menunjukkan bahwa fungisida tersebut mampu menghambat laju pertumbuhan dari ketiga jamur.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan Laboratorium Perkebunan Fakultas Pertanian Universitas Lampung. LTPD sebagai tempat pembibitan *pre nursery* dan *main nursery*. Sedangkan Laboratorium Perkebunan digunakan untuk inokulasi dan inkubasi *Ganoderma boninense*. Waktu penelitian berlangsung dari bulan September 2018 hingga Juni 2019.

3.2 Alat dan Bahan Penelitian

Alat yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari alat-alat di Laboratorium dan di Lapangan. Peralatan di Laboratorium yaitu *Laminar Air Flow Cabinet* (LAFC), *autoclave*, bunsen, pinset lurus, plastik wrapping, pisau *scapel*, plastik tahan panas ukuran 45 cm x 30 cm dan ukuran volume 1 kg, rak inokulasi, oven, gelas ukur berukuran 50 ml dan 1000 ml, gelas beaker ukuran 100 ml dan 250 ml, neraca, erlenmeyer ukuran 250 ml dan 500 ml, labu ukur berukuran 100 ml, cawan petri, *spatula*, *water bath*, *hot plate*, kertas tisu, kertas label. Sedangkan peralatan di lapangan meliputi polybag *pre-nursery* ukuran 15 cm x 20 cm, dan polybag *main-nursery* ukuran 40 cm x 45 cm, pengayak tanah dengan jaring-jaring ukuran 0,5 cm x 0,5 cm, gembor, alat tulis, cangkul, parang,

paranet hitam, kamera, SPAD (*Soil Plant Analysis Development*) dan bor tanah.

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih kelapa sawit berkecambah (*germinated seed*). Bibit kelapa sawit yang digunakan merupakan tipe tenera yang berasal dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit (PPKS) dengan nomor sertifikat B32/KB.010/E.8/PPKS/08/2018 sebanyak 100 benih, dengan nomor penyerbukan Du 196, jantan : Du/C-118-60, betina: Bo 997. Bahan aktif fungisida hayati yang dipakai adalah *Trichoderma* spp. 10^5 spora/g, dari merk Greemi-G yang telah disegel oleh direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, dengan nomor segel : 935/OL/PSP/9/2017. balok kayu karet dengan ukuran 5 cm x5 cm x5 cm, fungisida bahan aktif flutriafol, media MEA (*Malt Extract Agar*), *lactic acid*, tanah top soil, pupuk urea, pupuk NPK, alkohol 70% dan 96%, spritus, dan air aquades.

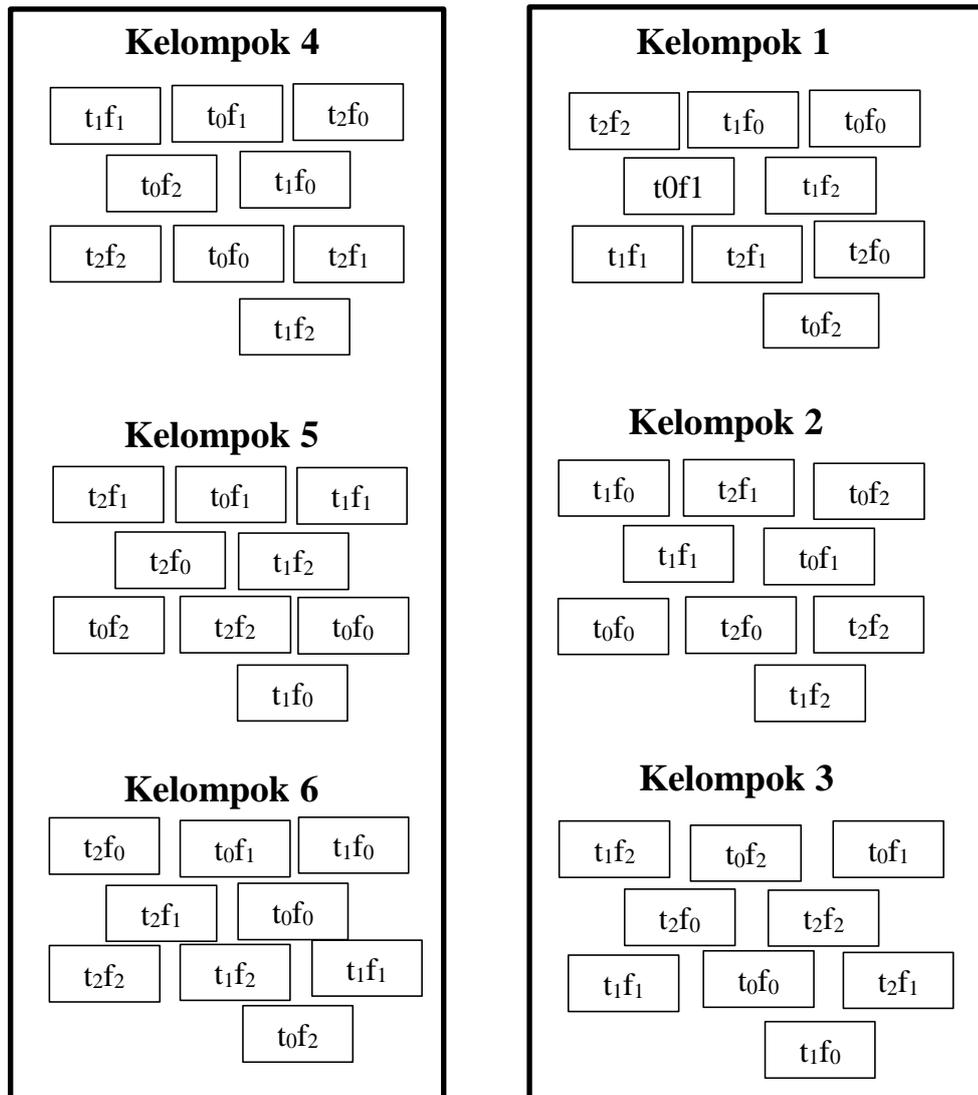
3.3 Metode Penelitian

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (pengelompokan didasarkan pada tinggi bibit yang digunakan). Rancangan perlakuan menggunakan rancangan faktorial (3x3) dengan faktor pertama adalah perlakuan *Trichoderma* spp. yang terdiri dari 3 taraf yaitu tanpa *Trichoderma* (t_0), diberi *Trichoderma* 25 g/tanaman (t_1), dan diberi *Trichoderma* dosis 50 g/tanaman (t_2). Faktor kedua adalah 3 taraf dosis fungisida berbahan aktif flutriafol dengan konsentrasi yaitu 0 ml/ liter (f_0); 2 ml/liter (f_1); dan 4 ml/ liter (f_2) formulasi. Sasaran penyemprotan yang dilakukan merujuk pada penelitian yang dilakukan oleh Aini (2014), yaitu larutan flutriafol disemprotkan pada seluruh bagian

tanaman dengan volume semprot 5 ml/bibit tanaman. Namun dalam penelitian ini volume semprot dimodifikasi sebanyak 20 ml/bibit tanaman dan disemprotkan pada tanah di dalam polybag.

Pada percobaan ini digunakan 6 ulangan kecuali pada variabel keterjadian penyakit pada akar dan keparahan penyakit pada daun menggunakan 3 ulangan. Setiap ulangan terdiri dari satu bibit kelapa sawit. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan menggunakan uji Bartlett, kemenambahan data diuji dengan menggunakan uji Tukey. Jika data tersebut homogen dan kemenambahan tidak nyata, selanjutnya data dianalisis dengan sidik ragam (anava). Pemisahan nilai tengah diuji dengan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) dengan taraf nyata 5% (0,05). Tata letak percobaan yang dilakukan dapat dilihat pada Gambar 6.

JALAN UTAMA



Keterangan :

Trichoderma spp. (t) :

t₀= 0 gram

t₁= 25 gram

t₂= 50 gram

Dosis flutriafol (f):

f₀ = 0 ml/liter

f₁= 2 ml/liter

f₂= 4 ml/liter

Gambar 6. Tata letak percobaan di Laboratorium Lapang Terpadu

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Media Tanam di Pre-Nursery dan Main Nursery

Media tanam yang digunakan pada percobaan ini adalah tanah lapisan atas (*top soil*). Tanah diayak terlebih dahulu dengan ayakan dengan kerapatan 0,5 cm x 0,5 cm. Selanjutnya polybag untuk *pre nursery* diisi dengan menggunakan tanah hingga mencapai permukaan polybag berukuran 15 cm x 20 cm. Polybag yang sudah terisi disiram air agar tanahnya lebih sedikit memadat, selanjutnya dilakukan konsolidasi dengan penambahan tanah kembali ke dalam polibag. Media tanah untuk *main nursery* dimasukkan ke dalam polybag berukuran 40 cm x 45 cm. Sebelum dimasukkan, 50 gram *Rock Phosphate* (RP)/polybag dicampurkan secara homogen dengan media tanah.

3.4.2 Penanaman di Pre Nursery

Benih kelapa sawit yang telah berkecambah ditanam di dalam polybag dengan satu benih per polybag. Naungan diberikan dengan menggunakan paranet hitam agar bibit tidak stres. Setelah bibit berusia 4 minggu, bibit diberi pupuk Urea dengan dosis 2 gram/ liter/ 100 bibit. Pupuk NPK diberikan satu kali selama di tahap ini sebanyak 2,5 gram/tanaman pada umur 12 minggu.

3.4.3 Peremajaan Ganoderma boninense

Isolat *Ganoderma* yang digunakan berasal dari Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Peremajaan bertujuan agar kesediaan isolat *Ganoderma* mencukupi saat dinokulasikan ke balok. *Ganoderma boninense*

diremajakan terlebih dahulu dari isolat yang tersedia sebelumnya menggunakan cawan petridis yang berisi media *Malt Extract Agar* (MEA). *Ganoderma* ditumbuhkan selama 7 hari, setelah menutup seluruh bagian permukaan media maka *Ganoderma* diremajakan kembali kebeberapa cawan petridis dalam waktu yang sama seperti peremajaan awal.

3.4.4 Penyiapan Balok Kayu Karet

Balok kayu karet disiapkan sebagai inang tumbuh jamur (inokulum) *G. boninense*. Kayu yang digunakan adalah kayu karet (*Hevea brasiliensis*) yang berasal dari Laboratorium LTPD. Kayu tersebut dipotong-potong berbentuk balok dengan ukuran 5 cm x 5 cm x 5 cm. Balok kayu disterilisasi dengan pencucian terlebih dahulu menggunakan air mengalir untuk menghilangkan kotoran bekas pemotongan. Selanjutnya balok kayu direndam dengan menggunakan larutan *chlorox* 5% selama 24 jam kemudian cuci kembali dengan menggunakan air mengalir dan dibilas hingga benar-benar bersih. Balok kemudian dikeringanginkan dan selanjutnya di oven dengan suhu 80°C selama 3 hari untuk menghilangkan kadar air yang tinggi di dalam balok. Selanjutnya balok dibungkus dengan plastik tahan panas berukuran 45 cm x 30 cm dan di-*autoclave* selama 1 jam dengan suhu 121°C pada tekanan 1 atm. Balok kayu selanjutnya dibungkus ke dalam plastik tahan panas yang lebih kecil berukuran daya tampung 1 kg dengan satu balok kayu per satu plastik. Pemindahan dilakukan di dalam LAFC agar tidak terjadi kontaminasi oleh udara luar. Metode penggunaan balok kayu karet sebagai inokulum *Ganoderma* juga digunakan oleh Simanjuntak *et al.* (2013).

3.4.5 Pembuatan Media Isolat *Ganoderma boninense*

Balok kayu yang sudah steril perlu dilapisi bidang permukaannya dengan menggunakan media MEA agar jamur *Ganoderma* yang diinokulasikan ke balok kayu dapat cepat tumbuh dengan baik. Media dibuat dengan menggunakan 12,5 gram MEA/ 250 ml air. Larutan MEA sebanyak 35 ml dimasukkan kedalam plastik tahan panas ukuran 1 kg yang berisi balok kayu. Selanjutnya plastik diikat dengan menggunakan karet dan di-*autoclave* kembali selama 30 menit dengan suhu 121°C pada tekanan 1 atm.

3.4.6 Perbanyak Isolat *Ganoderma* pada Balok Kayu

Isolat *Ganoderma* yang sudah tumbuh selanjutnya diinokulasikan ke balok kayu yang sudah dilapisi MEA dan sudah dingin. Inokulasi dilakukan di dalam LAF dalam keadaan steril. Isolat *Ganoderma* dalam cawan petri dipotong dengan ukuran 1 cm x 1 cm menggunakan pisau *scapel*. Selanjutnya satu potongan jamur ditempelkan pada setiap sisi balok kecuali pada bagian bawah balok kayu. Plastik kemudian diikat rapat menggunakan karet. Balok kayu yang sudah diinokulasi jamur selanjutnya diinkubasikan ke dalam rak inkubasi selama \pm 30 hari, hingga jamur benar-benar menutupi semua permukaan balok. Sebelum dimasukkan ke rak inkubasi plastik bagian luar disemprot dengan alkohol 96% untuk membunuh mikroorganisme. Kegiatan inokulasi isolat *Ganoderma* pada balok kayu karet dapat dilihat pada Gambar 7.



Gambar 7. Kegiatan inokulasi isolat *Ganoderma* pada balok kayu karet

3.4.7 Aplikasi *Ganoderma* pada Bibit Kelapa Sawit

Ganoderma diaplikasikan pada saat tanaman kelapa sawit dipindah tanam (*transplanting*) ke *main nursery* atau saat tanaman kelapa sawit berusia 4 bulan. Balok kayu yang ditumbuhi *Ganoderma* diletakan di tengah perakaran yang tumbuh kemudian diikat dengan karet. Inokulasi di lakukan di Laboratorium LTPD dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Kegiatan inokulasi *Ganoderma* pada akar bibit kelapa sawit

3.4.8 Penanaman di Main Nursery

Penanaman di main nursery dilakukan saat tanaman berusia 4 bulan. Penanaman dilakukan dengan cara melubangi tanah pada polybag *main nursery* terlebih

dahulu, kemudian polibag *pre nursery* dipisahkan dengan menggunakan pisau. Tanah dihilangkan dari akar tanaman dengan cara direndam ke dalam air hingga cukup bersih dari tanah. Sebelum ditanam, akar bibit kelapa sawit diikatkan ke balok kayu yang sudah ditumbuhi *Ganoderma* dengan menggunakan karet. Akar bibit bersama balok kayu dimasukkan ke dalam polybag *main nursery* dan ditanam ke dalam polibag.

3.4.9 Waktu dan Aplikasi *Trichoderma* spp.

Formulasi agens hayati Greemi-G dengan bahan aktif *Trichoderma* spp. dilakukan secara bersamaan saat penanaman di polibag *main nursery*. Aplikasi dilakukan secara bersamaan setelah pengikatan *Ganoderma* ke akar saat penanaman untuk menghindari stres bibit. Selain itu dimaksudkan agar *Trichoderma* dapat tumbuh bersamaan dengan tumbuhnya *Ganoderma*. Aplikasi *Trichoderma* spp. dilakukan dengan cara menaburkan agens hayati ini ke permukaan perakaran (Gambar 9).



Gambar 9. Aplikasi *Trichoderma* spp. pada akar bibit kelapa sawit

3.4.10 Waktu dan Aplikasi flutriafol

Fungisida berbahan aktif flutriafol ini diberikan pada saat bibit tanaman berusia 1 bulan di polibag *main nursery*. Konsentrasi flutriafol yang digunakan yaitu 0 ml/liter, 2ml/liter, dan 4 ml/liter. Bahan yang sudah terlarut disemprotkan ke tanah dekat perakaran yaitu 10 cm dari batang. Volume semprot yang diberikan yaitu 20 ml/ bibit tanaman (Gambar 10).



Gambar 10. Aplikasi flutriafol pada bibit kelapa sawit

3.5 Pemeliharaan

Pemeliharaan yang dilakukan selama penelitian adalah sebagai berikut:

1. Penyiraman

Penyiraman dilakukan setiap pagi dan sore hari secara rutin. Penyiraman dilakukan dengan menggunakan air bersih hingga tanah dalam polibag menjadi lembab.

2. *Penyiangan Gulma*

Penyiangan gulma dilakukan pada area dalam dan di luar polybag. penyiangan dalam polybag dilakukan dengan cara manual yaitu mencabut gulma. Sedangkan di luar polybag dilakukan dengan cara mekanis yaitu pemberian plastik untuk menekan pertumbuhan gulma.

3. *Perbaikan aerasi media tanam*

Perbaikan aerasi dilakukan dengan cara menggemburkan kembali tanah di polybag yang memadat. Penggemburan dilakukan pada bagian atas dengan kedalaman 1,5 - 2 cm dan dilaksanakan secara tentatif.

4. *Pengendalian Hama dan Penyakit*

Pengendalian dilakukan terhadap keberadaan hama dan penyakit. Serangan yang muncul yaitu disebabkan oleh belalang dan kumbang badak. Pengendalian hama dilakukan dengan cara manual yaitu menangkap setiap hama yang ada dan memusnahkannya. Selain manual pengendalian hama dilakukan dengan menggunakan insektisida. Selama penelitian berlangsung tidak ditemukan adanya gejala penyakit kecuali dari selain *Ganoderma boninense*.

5. *Pemupukan*

Pemupukan dilakukan dengan setengah dosis standar petunjuk yang disarankan oleh PPKS. Jenis pupuk dan dosis disesuaikan dengan usia pertumbuhan bibit tanaman. Pemupukan dimulai ketika tanaman berusia 4 minggu menggunakan pupuk urea 2g/l /100 bibit tanaman dan diberikan NPK satu kali pada tahap *pre*

nursery. Saat tanaman berusia 16 minggu pemupukan dilakukan dengan menggunakan NPK Mutiara (16:16:16). Kegiatan pemupukan ditunjukkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Standar dosis pemupukan kelapa sawit menurut PPKS

Umur (Minggu)	Jenis dan dosis pupuk (g/bibit)	
	Urea	NPK (16:16:16)
	Pembibitan Awal	
4-12	2g/l air/ 100 bibit	2,5 g/ bibit tanaman (1 kali)
	Pembibitan Utama	
14-15	-	2,5
16-17	-	2,5
18-20	-	2,5
22-24	-	5
26	-	5
28	-	5
30	-	7,5
32	-	7,5

3.6 Pengamatan

Pengamatan terhadap bibit dilakukan untuk menguji ketepatan dari kerangka pemikiran dan hipotesis. Pengamatan dilakukan terhadap variabel-variabel sebagai berikut:

1. Tinggi tanaman (cm)

Tinggi tanaman diukur saat bibit berusia sepuluh bulan terhitung sejak penanaman di pembibitan awal. Pengukuran dimulai dari permukaan tanah sampai daun terpanjang dengan menggunakan mistar dalam satuan cm.

2. Jumlah daun (helai)

Penghitungan jumlah daun dimulai saat usia bibit sepuluh bulan terhitung sejak penanaman di pembibitan awal. Jumlah daun dihitung terhadap daun yang sudah membuka secara sempurna.

3. Diameter batang (mm)

Diameter batang dihitung saat usia bibit sepuluh bulan terhitung sejak penanaman di pembibitan awal. Diameter dihitung dengan menggunakan jangka sorong pada bagian batang tanaman secara konsisten.

4. Bobot kering tajuk (gram)

Seluruh tajuk pada bibit yang telah dipotong kemudian dioven untuk dikeringkan. Pengeringan dilakukan hingga tajuk mencapai bobot yang konstan pada suhu 80°C. Setelah kering tajuk ditimbang dengan menggunakan neraca digital dalam satuan gram.

5. Bobot kering akar (gram)

Seluruh akar yang sudah dipotong kemudian dikeringkan menggunakan oven. Pengeringan dilakukan pada suhu 80°C sampai kadar air pada akar konstan. Selanjutnya akar ditimbang dengan menggunakan neraca digital dalam satuan gram.

6. Tingkat kehijauan daun (unit)

Kehijauan daun diukur dengan menggunakan klorofilmeter SPAD (*Soil Plant Analysis Development*). Sampel daun yang digunakan adalah daun ke-3 yang diambil pada empat titik pada setiap sampel daun yaitu dua titik dibagian atas dan dua titik di bagian bawah, sehingga nilai tingkat kehijauan adalah rerata dari akumulasi empat titik tersebut.

7. Keterjadian penyakit pada akar dan daun (%)

Keterjadian penyakit dilakukan untuk mengetahui presentasi jumlah bagian organ tanaman yang terserang patogen dari total bagian organ tanaman yang diamati. Keterjadian penyakit dapat diamati dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{KiP} = \frac{n}{N} \times 100\%$$

KiP = Keterjadian penyakit (%)

n = Jumlah daun sakit yang diamati

N = Jumlah seluruh daun yang diamati.

8. Skoring keparahan penyakit pada daun (%)

Keparahan penyakit dilakukan pada daun untuk mengetahui tingkat keparahan. Ginting (2013) menyatakan keparahan penyakit dapat diketahui dengan menggunakan alat bantu berupa pemberian skor atau skala penyakit. Pemberian skor dilakukan sesuai tingkat keparahannya. Kejadian penyakit yang berat maka

skor tinggi, namun apabila kejadian penyakitnya ringan maka skor rendah.

Menurut Rini (2001) keparahan penyakit pada daun dapat dinilai dengan metode skor dengan skala 0 sampai 5 (Tabel 2).

Tabel 2. Skala gejala penyakit pada daun

Skala	Keterangan
0	Tidak terdapat gejala (tanaman sehat)
1	<25% daun menguning atau kecoklatan
2	25% - 50% daun menguning dan kecoklatan
3	50% - 75% daun menguning atau kecoklatan
4	>75% daun menguning atau kecoklatan
5	Tanaman mati

Setelah skor semua bibit tanaman sampel diketahui, keparahan penyakit pada daun dapat dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$\text{KeP (\%)} = \frac{\sum(n \times v)}{N \times V} \times 100$$

KeP = Keparahan penyakit (%)

n = Jumlah daun sakit dengan skor tertentu

v = Skor untuk tanaman sakit

N = Jumlah seluruh daun yang diamati

V = Skor atau skala tertinggi yang digunakan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dan pembahasan, dapat diambil kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi *Trichoderma* spp. dengan perlakuan dosis 50 gram/tanaman menghasilkan respons pertumbuhan bibit kelapa sawit terbaik melalui variabel diameter batang, tingkat kehijauan daun, dan bobot kering akar. Namun dosis tersebut belum efektif dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Ganoderma boninense*.
2. Belum terdapat konsentrasi flutriafol terbaik dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang.
3. Aplikasi flutriafol dapat menekan pertumbuhan *Trichoderma* spp. dalam mengendalikan busuk pangkal batang yang dibuktikan melalui peubah tinggi tanaman.

5.2 Saran

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, penulis menyarankan agar sebaiknya menggunakan dosis *Trichoderma* spp. yang lebih tinggi dan diikuti dengan ketersediaan bahan organik yang cukup, serta menghindari penggunaan konsentrasi fungisida flutriafol secara berlebihan terhadap tanaman yang diaplikasikan *Trichoderma* spp. Selain itu perlu dilakukan penelitian lebih lanjut mengenai konsentrasi flutriafol yang tepat dalam mengendalikan penyakit busuk pangkal batang.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, P., De-Leij, F.A.A.M. dan Lynch, J.M. 2007. *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22 mediates growth promotion of crack willow (*Salix fragilis*) saplings in both clean and metal-contaminated soil. *Microbial Ecology*. 54: 306-313.
- Aini, F.N. 2014. Pengendalian penyakit pembuluh kayu (*Vascular Streak Dieback*) pada tanaman kakao menggunakan fungisida flutriafol. *Pelita Perkebunan*. 30(3): 229-239.
- Ariffin, D., Idris, A.S. dan Halim, A.H. 1991. Histopathological studies on colonization of oil palm root by *Ganoderma boninense*. *Elaeis* 3 (1) : 289–293.
- Arifin, D., Iddris, A.S., dan Singh, G. 2000. *Status Ganoderma in Oil Palm* Edited by Flood J, Bridge PD, Holderness M in book *Ganoderma Diseases of Perennial Crops*. CABI Publishing. Walingford, UK. 275 hlm.
- Arwiyanto, T. 2003. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 3 (1): 54-60.
- Benitez, T., Rincon, A.M., Limon, M.C. dan Codon, A.C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*. 7: 249 - 260.
- Chamzurni, T., Oktariana, H., dan Hanum, K. 2013. Keefektifan *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma virens* untuk mengendalikan *Rizoctonia solani* kuhn pada bibit cabai (*Capsicum annum*. L) *Jurnal Agrista*. 17 (1): 13-17.
- Corley, R.H.V. dan Tinker, P.B. 2016. *The Oil Palm (Fifth Edition)*. Oxford: Wiley Blackwell. 1-149 hlm.

- Djunaedy, A., 2008. Aplikasi fungsida sistemik dan pemanfaatan mikoriza dan rangka pengendalian patogen tular tanah pada tanaman kedelai (*Glycine max* L.). *Embryo*. Vol 5 (2): 149-157.
- Druzhinina, I.S., Seidl-Seiboth, V., Herrera-Estrella, A., Horwitz, B.A., Kenerley, C.M., Monte, E., Mukherjee, P.K., Zeilinger, S., Grigoriev, I.V. dan Kubicek, C.P. 2011. *Trichoderma* the genomics of opportunistic success. *Nature Reviews in Microbiology*. 9: 749-759.
- Elfina, Y., Ali, M., dan Delfina. 2015. Penggunaan biofungisida pelet *Trichoderma harzianum* pada pembibitan awal kelapa sawit. *J. Agrotek. Tropika* 4 (1): 30-37.
- Fauzi, Y., Widyastuti, Y.E., Satyawibawa, I., dan Paeru, R.H. 2012. *Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 236 hlm.
- Flood, J., Hasan, Y., Turner, P.D., dan O'Grady, E.B. 2000. The spread of *ganoderma* from infective sources in the filed and its implications for management of the disease in oil palm. in: flood j, bridge pd, holderness M (Eds) *Ganoderma Diseases of Perennial Crops*. CABI Publishing. Walingford, UK. 101-112 hlm.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. 203 hlm.
- Ginting, C dan Maryono, T. 2011. The efficacy of *Trichoderma harzianum* with various organic matter in controlling foot rot of black pepper. *J.HPT Tropika*. Vol 11 No 2: 147-156.
- Hapsoro, D dan Yusnita. 2016. *Kultur Jaringan untuk Perbanyakan Klonal Kelapa Sawit (Elaeis guineensis Jacq.)*. CV Anugrah Utama Raharja (AURA). Bandar Lampung.
- Harman, G.E. 2011. Multifunctional fungal plant symbionts: new tools to enhance plant growth and productivity. *New Phytologist*. 189: 647-649.
- Harman, G.E., Howell, C.R., Viterbo, A., Chet, I. dan Lorito, M. 2004. *Trichoderma* species: Opportunistic, Avirulent plant symbionts. *Nature Reviews Microbiology*. 2: 43-56.
- Hashim, K.B. 1990. Basal Stem Rot of Oil Palm: Incidence, Etiology, and Control. (Thesis). Faculty of Agriculture, University Pertanian Malaysia.
- Kamal, R.K., Athisayam, V., Gusain, Y.S., dan Kumar, V. 2018. *Trichoderma*: a Most common biofertilizer with multiple roles in agriculture. *Biomedical Journal of Scientific and Technical Research*. 4 (5): 4136-4137.

- Keane, P.J. 2001. Biology dan control of vascular streak dieback of cocoa. *Warta Pusat Penelitian Kopi dan Kakao Indonesia*. 17: 78-90.
- Kementrian Pertanian. 2017. *Outlook 2017 Komoditas Pertanian Sub Sektor Perkebunan Kelapa Sawit*. Pusat Data dan Informasi Pertanian Kementrian Pertanian. Jakarta. 82 hlm.
- Kok, S.M., Goh, Y.K., Tung, H.J., Goh, K.J., Wong, W.C., dan 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*. Vol 9(1): 33-42.
- Liaghat, S., Ehsani, R., Mansor, S., Shafri, H.Z.M., Meon, S., Sankaran, S., dan Azam, S.H.M.N. 2014. Early detecting of basal stem rot disease (*Ganoderma*) in oil palms based on hyperspectral reflectance data using pattern recognition algorithms. *International Journal of Remote Sensing*. 35: 10, 3427-3439.
- McLean, K.L., Hunt, J., dan Stewart, A. 2001. Compatibility of the biocontrol agent *Trichoderma harzianum* C52 with selected fungicides. *New Zealand Plant Protection*. 54: 84-88
- Minchin, R., Hill, R., Condron, L., Ridgway, H., Baldauf, S., dan Jones, E. 2006. Effect of *Trichoderma* Bio-inoculants on Ectomycorrhizal Colonisation of *Pinus radiata* Seedlings. *8th International Mycological Congress, Cairns, QLD, Australia, Aug 21–25, 2006*. 204 hlm.
- Mukherjee, P.K., Horwitz, B.A., Singh, U.S., Mukherjee, M., dan Schmoll, M. 2013. *Trichoderma Biology and Application*. CAB International British Library, London, UK. 327 hlm.
- Nur Ain Izzati M.Z., dan Abdullah, F. 2008. Disease suppression *Ganoderma* infected oil palm seedlings treated with *Trichoderma harzianum*. *Plant Protect Science*. 44: 101-107.
- Pahan, I. 2007. *Panduan Lengkap Kelapa Sawit Manajemen Agribisnis dari Hulu Hingga Hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta. 412 hlm.
- Pahan, I. 2015. *Panduan Teknis Budidaya Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya. Jakarta. 116 hlm.
- Prawiratama, H dan Susanto, A. 2014. Utilization of fungi for the biological control of insect pests and *Ganoderma* disease in the Indonesian oil palm industry. *Journal of Agricultural Science and Technology*. 4: 103 -111.

- Prawiratama, H., Prasetyo, A.E., dan Susanto, A. 2014. Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit secara Kultur Teknis. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 10 (1): 1-7.
- Prior, C. (1987). Chemical control of vascular-streak dieback disease of cocoa in Papua New Guinea. *Plant Pathology*. 36 (3): 355–360.
- Rees, R.W., Flood, J., Hasan, Y., Potter, U., dan Cooper, R. M. 2009. Basal stem rot of oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.); mode of root infection and lower stem invasion by *Ganoderma boninense*. *Plant Pathology*. 58: 982-989.
- Riwandi., Prasetyo., Hasanudin., dan Cahyadinata, I. 2017. *Teknologi Tepat Guna Pupuk Organik Lokal dari Limbah Karet: Teori dan Aplikasi*. Yayasan Sahabat Alam Rafflesia. Bengkulu. 58 hlm.
- Rini, M.V. 2001. Effect of Arbuscular Michorriza on Oil Palm Seedlings Growth and Development of Basal Stem Rot Disease Caused by *Ganoderma boninense*. (Thesis). Faculty of Agriculture Universiti Putra Malaysia.
- Rostiana, S. 2016. Asesmen Paparan Residu Fungisida Difekonazol pada Buah Melon (*Cucumis melo* L.) Terhadap Keamanan Konsumen di Bawah Pengaruh Kondisi Tropis Daerah Istimewa Yogyakarta. (Skripsi). Fakultas Farmasi Universitas Sanata Darma Yogyakarta.
- Rudresh, D. L., Shivaprakash, M.K. dan Prasad, R.D. 2005. Tricalcium phosphate solubilizing abilities of *Trichoderma* spp. in relation to P uptake and growth and yield parameters of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Canadian Journal of Microbiology*. 51: 217–222.
- Samingan. 2009. Suksesi Fungi dan Dekomposisi Serasah Daun *Acacia mangium* Willd. dalam Kaitan dengan Keberadaan *Ganoderma* dan *Trichoderma* di Lantai Hutan Akasia. (Disertasi). Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Sembel, D.T. 2010. *Pengendalian Hayati Hama-hama Serangga Tropis dan Gulma*. Penerbit Andi. Yogyakarta

- Shiddiquee, S. 2017. *Practical Handbook of the Biology and Molecular Diversity of Trichoderma Species From Tropical Region*. Springer International Publishing AG. Kota Kinabalu, Malaysia.
- Shivana, M.B., Meera, M.S. dan Hyakumachi, M. 1996. Role of root colonization ability of plant growth promoting fungi in the suppression of take-all and common root rot of wheat. *Crop Protection*. 15: 497-504.
- Simanjuntak, D., Fahridayanti., dan Susanto, A. 2013. Efikasi mikoriza dan *Trichoderma* sebagai pengendali penyakit busuk pangkal batang (*Ganoderma*) dan sebagai pemacu pertumbuhan di pembibitan kelapa sawit. *Widyariset*. 16 (2): 233–242.
- Simanjuntak, D., Faizah, R., Prasetyo, A.E., dan Susanto, A. 2017. Keefektifan fungisida terhadap isolat cendawan terbawa benih kelapa sawit. *J. Pen. Kelapa Sawit*. 25(1): 47-58.
- Sopialena. 2018. Pengaruh pemberian *Trichoderma* sp. pada tanaman tomat terhadap faktor-faktor produksi. *Jurnal AGRIFOR*. 17 (2): 345-354.
- Susanto, A. 2002. Kajian Pengendalian Hayati *Ganoderma boninense* pat, Penyebab Penyakit Busuk Pangkal Batang Kelapa Sawit. (Disertasi). Fakultas Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Turner, P.D. 1965. The oil palm and *Ganoderma* IV. Avoiding disease in new plantings. *The Planter*. 41: 331–333.
- Vargas, W. A., Mandawe, J. C., dan Kenerley, C. M. 2009. Plant-derived sucrose is a key element in the symbiotic association between *Trichoderma virens* and maize plants. *Plant Physiology*. 151(2): 792–08.
- Verma, M., Brar, S., Tyagi, R., Surampalli, R., dan Valero, J. 2007. Antagonistic fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of biological control. *Biochemical Engineering Journal*. 37: 1–20.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Woo, S.L., dan Lorito, M. 2008. *Trichoderma* – plant – pathogen interactions. *Soil Biology and Biochemistry*. 40 (2008): 1-10.
- Vineela, D.R.S., Beura, S.K., Dhal, A., Swain, S.K., dan Sethi, D. 2017. Efficacy of chemicals, bio-agents and their compatibility in management of stem disease of groundnut. *International Journal of Chemical Studies*. 5 (5): 443-446.

- Viridiana, I., Rahmaningsih, M., Forster, B.P., Schmoll, M., dan Flood, J. 2019. *Trichoderma: Ganoderma Disease Control in Oil Palm A Manual*. CABI Publishing. Walingford, UK. 105 hlm
- Watanabe, S., Kumakura, K., Izawa, N., Nagayama, K., Mitachi, T., Kanamori, M., Teraoka, T., dan Arie, T. 2007. Emode of action of *Trichoderma asperellum* SKT-1, a biocontrol agent against *Gibberella fujikuroi*. *Journal of Pesticides Science*. 32 (3): 222-228.
- Whindam, M.T., Elad, Y., dan Baker, R. 1985. Mechanism for increased plant growth induced *Trichoderma* spp. *Phytopathology*. 76: 518-521.
- Woo, S.L., Scala, F., Ruocco, M., dan Lorito, M. 2006. The Moleculer biology of the interaction between *Trichoderma* spp., phytopathogenic fungi, and plants. *Phytopathology*. 96 (2): 181-185.
- World Health Organization. 2009. The WHO recommended classification of pesticides by hazard and guidelines to classification. *International Programme on Chemicals Safety*. 78 hlm.
- Worosuryani, C., Priyatmojo A., dan Wibowo, A. 2006. Uji kemampuan jamur tanah yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting Fungi*). *AGROSAINS*. 19 (2). 179-191.
- Yedidia, I., Benhamou, N., dan Chet, I. 1999. Induction of defence responses in cucumber plants (*Cucumis sativus* L.) by the biocontrol agent *Trichoderma harzianum*. *Applied Environmental Microbiology*. 65: 1061-1070.
- Yedidia, I., Srivastava, A.K., Kapulnik, Y., dan Chet, I. 2001. Effect of *Trichoderma harzianum* on micro element concentration and increased growth of cucumber plants. *Plant Soil*. 235: 235-242.
- Zhang, Q., Tian, M., Wang, M., Shi, H., dan Wang, M. 2014. Simultaneous enantio selective determination of triazole fungicide flutriafol in vegetables, fruits, wheat, soil, and water by reversed phase high-performance liquid chromatography. *J. Agric. Food Chem.* 62: 2809–2815.
- Zhang, R dan Wang, D . 2012. *Trichoderma* spp. from rhizosphere soil and their antagonism against *Fusarium sambucinum*. *Afr . J Biotechnol*. 11: 4180–4186