

**SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI UNTUK MENEKAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG (BPB)
PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

(Skripsi)

Oleh

BAGEKINITA BR BRAHMANA



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG (BPB) PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)

Oleh

Bagekinita Br Brahmana

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan antagonis jamur *Ganoderma boninense*, pelarut fosfat, isolat terbaik, *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) dan pengaruh aplikasi bifungisida untuk menekan serangan *G. boninense* secara *in planta*. Penelitian yang dilakukan meliputi pengujian antagonis *G. boninense*, antagonis dikelompokkan berdasarkan nilai penghambatan. Pengujian selanjutnya yaitu pelarut fosfat, pengujian ini dikelompokkan berdasarkan nilai indeks pelarut fosfat. Pengujian hipovirulen dilakukan terhadap empat isolat terpilih yang dikelompokkan berdasarkan skor *Disease Severity Index* (DSI). Pengujian *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Pengujian secara *in planta* dilakukan dengan mengaplikasikan formulasi biofungisida ke tanaman sawit dan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK). Data yang diperoleh diuji Anova dan selanjutnya menggunakan uji DMRT 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa 21 isolat jamur antagonis yang diuji penghambatan dan pelarut fosfat diperoleh empat isolat terbaik yang memiliki persentase penghambatan paling tinggi yaitu PHRE RKI U2.1, PNBE RKN U2.1, WT2 dan 9 PNRE A24 (1) PCA. 21 isolat jamur yang diuji, tidak terdapat jamur yang berperan sebagai pelarut fosfat. empat isolat jamur terpilih berasal dari genus *Trichoderma* sp. (PHRE RKI U2.1, PNBE RKN U2.1 dan WT2), dan 1 isolat berasal dari genus *Penicillium* sp. Pertumbuhan koloni jamur isolat terpilih menunjukkan hasil tiga isolat (PHRE RKI U2.1, PNBE RKN U2.1 dan WT 2) dapat memenuhi cawan, sedangkan isolat 9 PNRE A 24(1) PCA tidak dapat dihitung karena koloni jamur menyebar. Isolat PHRE RKI U2.1 dan PNBE RKN U2.1 memiliki kerapatan spora yang tinggi. Semua isolat terpilih yang dapat berkecambah 100% pada 12 jam setelah inkubasi. Keempat isolat terpilih bersifat hipovirulen, empat isolat terpilih diuji kemampuannya sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF). Hasil menunjukkan bahwa tidak terdapat beda nyata antara kontrol dengan perlakuan. Pengujian pengaruh aplikasi jamur antagonis

terhadap keparahan penyakit pada daun dan keterjadian penyakit tanaman menunjukkan beda nyata antara kontrol dengan P1 (PHRE RKI U2.1) dan tidak berbeda nyata dengan P5 (heksakonasol). Dari pengujian pengaruh aplikasi jamur antagonis terhadap kemunculan badan buah *Ganoderma* menunjukkan hasil beda nyata antara kontrol dengan semua perlakuan. Pada variabel tinggi tanaman tidak terdapat beda nyata antara kontrol dengan perlakuan. Pengaruh aplikasi jamur antagonis terhadap kehijauan dan jumlah daun menunjukkan hasil beda nyata antara kontrol dengan perlakuan.

Kata kunci: *Ganoderma boninense*, hipovirulen, *in planta*, pelarut fosfat, *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF).

**SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI UNTUK MENEKAN
PERKEMBANGAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG (BPB)
PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Oleh

Bagekinita Br Brahmana

Skripsi

Sebagai salah satu syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

Judul Skripsi : **SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI
UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN
PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG
(BPB) PADA TANAMAN KELAPA SAWIT
(*Elaeis guineensis* Jacq.)**

Nama Mahasiswa : **Bagekinita Br Brahmana**

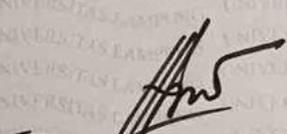
Nomor Pokok Mahasiswa : **2014191022**

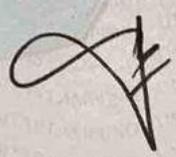
Program Studi : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**

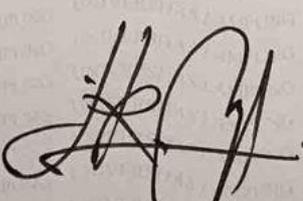
MENYETUJUI

1. **Komisi Pembimbing**


Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP 198106212005011003


Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
NIP 198108152008122001

2. **Ketua Jurusan Proteksi Tanaman**

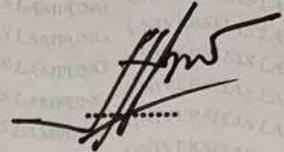

Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.
NIP 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim penguji

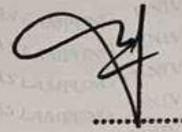
Ketua

: **Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr**



Sekretaris

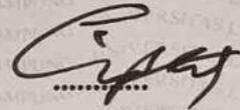
: **Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**

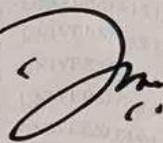


2. Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 04 Oktober 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG (BPB) PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**" merupakan hasil karya sendiri, bukan orang lain. Semua yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila kemudian hari skripsi ini terbukti merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, November 2024

Penulis,



Bagekinita Br Brahmana
NPM 2014191022

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Kabanjahe pada 20 Juli 2002 sebagai anak sematawayang dari Almh. Ibu Widia Sanna Br Ginting. Penulis menjalani Pendidikan di Taman Kanak-Kanak GBKP El-Shaddai yang diselesaikan pada tahun 2008, Sekolah Dasar Negeri 040505 Munte yang diselesaikan pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama Negeri 1 Munte 2017, dan Sekolah Menengah Atas Negeri 1 Munte yang diselesaikan pada tahun 2020.

Pada tahun 2020, Penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN) dan sebagai salah satu penerima program beasiswa KIP-Kuliah. Pada Januari 2023, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rigis Jaya, Kecamatan Air Hitam, Lampung Barat. Pada Februari 2023, penulis melaksanakan kegiatan Magang dan Studi Independent Bersertifikat (MSIB) di PT Bumitama Gunajaya Agro (BGA), Metro Pundu, Pundu, Kalimantan Tengah.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan organisasi himpunan kemahasiswaan yaitu HIMAPROTEKTA (Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman) sebagai anggota Bidang Pendidikan dan Latihan Keanggotaan dalam 2 periode (2022/2023 dan 2023/2024). Selain itu, penulis juga aktif mengikuti kegiatan POMPERTA (Persekutuan Oikumene Mahasiswa Kristen Pertanian) sebagai Bendehara Umum dan Anggota Kelompok Kecil dalam 2 periode (2021/2022 dan 2022/2023). Penulis juga pernah menjadi asisten dosen pada praktikum mata kuliah Pengendalian Hayati dan Statistika Dasar (2023) dan Mikrobiologi Umum dan Perbanyakan Massal Agensia Hayati (2024).

Dalam nama Tuhan Yesus.

Dengan segala kerendahan hati dan penuh rasa Syukur atas karunia TYME,

Kupersembahkan karya ini kepada:

Diriku

Bagekinita Br Brahmana terima kasih sudah melakukan yang terbaik hingga saat ini. Terimakasih sudah berhasil menyelesaikan hal hebat yang sudah kamu mulai.

Ibuku tercinta

Ibu Widia Sanna Br Ginting yang telah melahirkan, merawat dan memberikan kasih sayang serta telah mengajarkan banyak hal untuk bisa bertahan dan kuat menghadapi dunia. Terimakasih telah menjadi perempuan hebat yang menginspirasi. Jasa Ibu takkan pernah bisa kubalas.

Biringku tercinta

Biring hebatku yang sudah membesarkan, menjaga dan memenuhi segala kebutuhanku hingga saat ini. Terima kasih untuk doa dan kasih sayang Biring kepadaku. Akan kulukis senyuman terindah untuk Biring.

Bibik Uda dan Keluarga tercinta

Indriani br Ginting dan keluarga yang telah menyayangi, menjaga dan memberi semangat dan doa kepadaku.

Serta

Almamater tercinta, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung
Semoga karya ini bermanfaat.

MOTTO

“Aku memulai dengan Dalam Nama Tuhan Yesus dan dengan penuh keyakinan mengakhiri dengan Puji Tuhan, Amin”

“Sekalipun ayahku dan ibuku meninggalkan aku, namun TUHAN menyambut aku”

(Mazmur 27:10)

“Apapun juga kamu perbuat, perbuatlah dengan segenap hatimu seperti untuk Tuhan bukan untuk manusia”

(Kolose 3:23)

“Terlambat bukan berarti gagal, cepat bukan berarti hebat. Percaya proses itu paling penting”

(Edwar Satria)

“Orang lain tidak akan paham *struggle* dan masa sulit kita, yang mereka tahu hanya *success stories* nya. Jadi, berjuanglah untuk semuanya. Kelak diri kita dimasa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini”

(Anonim)

SANWACANA

Puji Syukur kepada TYME yang selalu memberikan kasih karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“SKRINING JAMUR AGENSIA HAYATI UNTUK MENEKAN PERKEMBANGAN PENYAKIT BUSUK PANGKAL BATANG (BPB) PADA TANAMAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)”**. Dalam menyelesaikan skripsi ini, penulis telah diberikan banyak bimbingan, bantuan, nasihat, dan motivasi dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memfasilitasi mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Lampung untuk melaksanakan penelitian,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung yang telah memberikan saran dan dukungan,
3. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku dosen Pembimbing Pertama yang telah memberikan bimbingan, bantuan, saran, perbaikan, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,
4. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Kedua yang telah memberikan bimbingan, bantuan, saran, perbaikan, dan motivasi kepada penulis sehingga dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,
5. Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku Dosen Pembahas atas ilmu yang bermanfaat, bimbingan, saran, dan motivasi kepada penulis,
6. Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah membimbing dan memberi dukungan kepada penulis selama melaksanakan masa studi,

7. Seluruh dosen mata kuliah Proteksi Tanaman, atas semua ilmu, didikan, bimbingan yang telah diberikan kepada penulis selama melaksanakan masa studi,
8. PT Bumitama Gunajaya Agro, yang sudah membantu dan memfasilitasi selama penelitian,
8. Almh. Mamak tercinta, Ibu Widia Sanna br Ginting yang telah menjadi inspirasi dan motivasi bagi penulis untuk melaksanakan pendidikan dengan baik,
9. Biring, Bi Uda, keluarga, abang dan adik yang sudah yang telah memberi doa, semangat dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan masa studi, membantu, memberi doa, semangat dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan masa studi,
12. Michael Suranta Junior Surbakti, yang selalu memberi semangat, dukungan, dan doa kepada penulis,
13. Teman-teman seperjuangan Amanda, Eva, Aulia, Pau, Anggun, Ayu, Sherly, Ara, Angel, Ummu Afifah, Noni, Rosma dan semua teman-teman yang sudah membantu penulis dalam melasanakan penelitian, memberikan semangat dan motivasi,
14. Mba Tari dan Bang Nando yang telah membantu penulis selama penelitian,
15. Teman-teman Proteksi Tanaman Angkatan 2020, yang telah bersama dan menjadi keluarga selama melaksanakan masa studi.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi siapa saja yang membacanya. Penulis berharap, semoga TYME membalas semua kebaikan dari semua pihak yang telah membantu dalam menyelesaikan skripsi ini.

Bandar Lampung
Penulis,

2024

Bagekinita Br Brahmana

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR TABEL	xvii
DAFTAR GAMBAR	xviii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kelapa Sawit.....	5
2.1.1 Botani Kelapa Sawit	5
2.1.2 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit	6
2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB)	6
2.2.1 Gejala Penyakit.....	6
2.2.2 Penyebab Penyakit.....	7
2.2.3 Perkembangan Penyakit dan Faktor yang Mempengaruhi	8
2.2.4 Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB)	9
2.4 Jamur Antagonis	10
2.5 Jamur Pelarut Fosfat.....	11
2.6 <i>Plant Growth Promoting Fungi</i> (PGPF).....	11
III. BAHAN DAN METODE	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	12
3.2 Alat dan Bahan	12
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Rancangan Percobaan dan Analisis Data	14

3.5 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5.1 Penyiapan Media.....	14
3.5.1.1 Pembuatan media <i>Potato Dextrose Agar Asam Laktat</i> (PDA-AL).....	14
3.5.1.2 Pembuatan Media Pikovskaya	15
3.5.1.3 Pembuatan media <i>Water Agar 2 % (WA)</i>	15
3.5.2 Pembuatan Formulasi Biofungisida.....	16
3.5.3 Pengujian Penelitian	16
3.5.3.1 Uji Antagonis Isolat Jamur Antagonis terhadap <i>G. boninense</i>	16
3.5.3.2 Uji Pelarut Fosfat Jamur Antogonis	18
3.5.3.3 Karakter Makroskopis dan Mikroskopis Jamur	19
3.5.3.4 Pertumbuhan Koloni Jamur, Produksi Spora dan Viabilitas Spora Jamur	19
3.5.3.5 Uji Hipovirulen	21
3.5.3.6 Uji Kemampuan sebagai <i>Plant Growth Promoting Fungi</i> (PGPF).....	23
3.5.3.7 Uji Pengaruh Aplikasi Jamur Terpilih untuk Menekan Serangan <i>G. boninense</i> secara <i>in planta</i>	24
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil Penelitian.....	27
4.1.1 Uji Penghambatan Isolat Jamur Antagonis terhadap <i>G. boninense</i>	27
4.1.2 Uji Pelarut Fosfat Jamur Antagonis	28
4.1.3 Isolat Terpilih	28
4.1.4 Karakter Mikroskopis dan Makrokopis Jamur Isolat Terpilih.....	29
4.1.5 Pertumbuhan Koloni Jamur	31
4.1.6 Produksi Spora.....	32
4.1.7 Viabilitas Spora.....	33
4.1.8 Uji Hipovirulen.....	34
4.1.9 Uji Kemampuan sebagai <i>Plant Growth Promoting Fungi</i> (PGPF)	34
4.1.10. Pengaruh Aplikasi Jamur Antagonis terhadap Keparahan Penyakit pada Daun.....	36
4.1.11 Pengaruh Aplikasi Jamur Antagonis terhadap Keterjadian Penyakit.....	37

4.1.12 Pengaruh Aplikasi Jamur Antagonis Kemunculan Badan Buah <i>G. boninense</i>	38
4.1.13 Pengaruh aplikasi terhadap tinggi tanaman, kehijauan dan jumlah daun.....	39
4.2 Pembahasan.....	39
V. SIMPULAN DAN SARAN	42
5.1 Simpulan.....	42
5.2 Saran.....	42
DAFTAR PUSTAKA	43
LAMPIRAN	47

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kode isolat dan asal isolat koleksi Laboratorium Bioteknologi FP UNILA	13
2. Penghambatan isolat jamur antagonis yang diuji terhadap G.	27
3. Kerapatan spora empat isolat terpilih.....	32
4. Viabilitas spora empat isolat terpilih yang diinkubasi 12 jam	33
5. Hasil uji hipovirulen.....	34
6. Pengaruh aplikasi jamur antagonis terhadap keterjadian penyakit	37
7. Persentase kemunculan badan buah <i>Ganoderma</i>	39
8. Tinggi tanaman, kehijauan, dan jumlah daun tanaman kelapa sawit	39
9. Uji antagonis	48
10. Pertumbuhan koloni jamur 14 HSI	48
11. Analisis ragam pertumbuhan diameter koloni jamur 14 HSI.....	50
12. Analisis ragam produksi spora	50
13. Analisis ragam viabilitas	50
14. Uji Hipovirulen	50
15. Pengujian PGPF isolat jamur terhadap tinggi tanaman mentimun 20 HST	51
16. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap tinggi tanaman mentimun 20 HST	51
17. Pengujian PGPF isolat jamur terhadap jumlah daun tanaman mentimun	51
18. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap jumlah daun tanaman mentimun 21 HST.....	51
19. Pegujian PGPF isolat jamur terhadap bobot basah tajuk tanaman mentimun 21 HST	52

20. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap bobot basah tajuk tanaman mentimun 21 HST	52
21. Pengujian PGPF isolat jamur terhadap bobot kering tajuk tanaman mentimun 21 HST	52
22. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap bobot kering tajuk tanaman mentimun 21 HST	52
23. Pegujian PGPF isolat jamur terhadap bobot basah akar tanaman mentimun 21 HST	53
24. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap bobot basah akar tanaman mentimun 21 HST	53
25. Pegujian PGPF isolat jamur terhadap bobot kering akar tanaman mentimun 21 HST	53
26. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap bobot kering akar tanaman mentimun 21 HST	53
27. Pegujian PGPF isolat jamur terhadap panjang akar tanaman mentimun 21 HST	54
28. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap panjang akar tanaman mentimun 21 HST	54
29. Pegujian PGPF isolat jamur terhadap kehijauan daun tanaman mentimun 21 HST	54
30. Analisis ragam pengujian PGPF isolat jamur terhadap kehijauan daun tanaman mentimun 21 HST	54
31. Analisis ragam Pengaruh Aplikasi Jamur Antagonis terhadap Keparahan Penyakit	55
32. Analisis ragam Pengaruh Aplikasi Jamur Antagonis terhadap Keterjadian Penyakit	55
33. Analisis ragam kemunculan badan buah <i>Ganoderma</i>	55

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Metode <i>dual culture</i>	17
2. Cara pengukuran diameter pelarut fosfat	19
3. Posisi peletakan 3 tetes suspensi jamur antagonis pada media PDA-AL.	21
4. Uji pelarut fosfat jamur pada media <i>pikovskaya</i>	28
5. Tampak depan dan belakang permukaan empat isolat terpilih yang memiliki antagonisme tertinggi.....	29
6. Morfologi makroskopis dan mikroskopis jamur isolat PHRE RKI U2.1	30
7. Morfologi makroskopis dan mikroskopis jamur isolat PNBE RKN U2.1	30
8. Morfologi makroskopis dan mikroskopis jamur isolat WT 2	31
9. Morfologi makroskopis dan mikroskopis jamur isolat 9 PNRE A24 (1).	31
10. Pertumbuhan diameter koloni jamur pada cawan 14 HSI.....	32
12. Produksi spora empat isolat terpilih.....	32
13. Viabilitas spora empat isolat terpilih.....	33
14. Hasil uji hipovirulen yang dibandingkan dengan kontrol	34
15. Hasil uji PGPF terhadap pertumbuhan dan akar tanaman mentimun	35
16. Hasil uji PGPF terhadap tinggi tanaman, jumlah dan kehijauan daun...	35
17. Hasil uji PGPF terhadap panjang akar, bobot basah akar dan tajuk, serta bobot kering akar dan tajuk	36
18. Diagram keparahan penyakit.....	37
19. Skor keparahan penyakit yang digunakan.....	37
20. Keterjadian penyakit	38
21. Kemunculan badan buah <i>Ganoderma</i>	38
22. Inokulasi <i>Ganoderma</i> ke tanaman uji.	55
23. Aplikasi Biofungida.	55

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan tanaman perkebunan yang banyak dikembangkan saat ini. Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas penting sebagai salah satu sumber devisa negara tiap tahun. Menurut data Badan Pusat Statistik (BPS), nilai ekspor *crude palm oil* (CPO) mencapai US\$29,62 miliar pada tahun 2022. Nilai ini naik 3,56% dibanding tahun sebelumnya (Ditjenbun, 2021). Hingga saat ini, produksi kelapa sawit di Indonesia berfluktuasi. Ditjenbun (2021) melaporkan bahwa produktivitas perkebunan kelapa sawit mengalami penurunan dari 3.974 Kg/ha di tahun 2019 menjadi 3.888 Kg/ha di tahun 2020.

Penurunan produktivitas kelapa sawit disebabkan karena adanya serangan patogen pada tanaman kelapa sawit. Salah satu penyebabnya adalah penyakit busuk pangkal batang (BPB) atau *basal stem rot* (BSR) yang disebabkan oleh jamur *Ganoderma boninense* (Semangun, 2000). Pengendalian terhadap penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit ini masih belum memberikan hasil yang optimal. Berbagai pendekatan telah digunakan untuk mengatasi penyebaran penyakit *Ganoderma* pada kelapa sawit diantaranya menggunakan fungisida praktek konvensional seperti perbaikan sanitasi dan memusnahkan tanaman yang terinfeksi dan menggunakan bahan kimia *carboxin* dan *quintozene* (Sahebi dkk., 2015). Namun, penggunaan fungisida ini belum mampu menyembuhkan tanaman yang sakit. Menurut Semangun (2000), penggunaan fungisida sintetik secara terus-menerus juga dapat menyebabkan resistensi jamur terhadap patogen tanaman terhadap fungisida yang digunakan.

Penggunaan fungisida sintetik yang dilakukan secara terus-menerus dan dalam waktu yang lama akan menimbulkan dampak negatif bagi lingkungan dan organisme non-target. Pengendalian menggunakan fungisida sintetik akan meninggalkan residu pada tanaman maupun lingkungan (Samways, 1981). Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Suwahyono (2009), penggunaan pestisida sintetik ini secara terus-menerus telah banyak dilaporkan dapat membahayakan keselamatan hayati termasuk manusia dan keseimbangan ekosistem. Oleh karena itu, perlu dicari alternatif pengendalian yang aman dan berkelanjutan. Salah satu alternatif pengendalian yang dapat diterapkan adalah pengendalian hayati dengan memanfaatkan mikroba bermanfaat (Susanti, 2014). Mikroba bermanfaat tersebut memiliki potensi yang dapat dimanfaatkan dalam sistem PHT (Pengendalian Hama Terpadu). Skrining agen hayati terhadap diversitas mikroba lokal (*indigenous*) penting dilakukan untuk menemukan mikroba bermanfaat yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati penyakit tanaman yang ramah lingkungan (Angraini, 2017).

Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung saat ini mempunyai beberapa koleksi jamur yang dilaporkan mempunyai kemampuan sebagai antagonis patogen tanaman yaitu *Trichoderma* sp. dan *Penicillium* sp. Koleksi jamur lainnya merupakan isolat yang diisolasi dari PT Bumitama Gunajaya Agro yang belum diidentifikasi. Semua koleksi jamur tersebut masih belum diketahui kemampuannya sebagai antagonis terhadap penyakit yang disebabkan oleh *G. boninense*. Oleh karena itu, penelitian ini perlu dilakukan.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui kemampuan isolat rizosfer sawit, rizosfer nanas, dan diduga endofit sawit sebagai antagonis jamur *G. boninense* secara *in vitro*,
2. Mengetahui kemampuan isolat rizosfer sawit, rizosfer nanas, dan diduga endofit sawit sebagai pelarut fosfat,

3. Mendapatkan empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan antagonisme terbaik,
4. Mengetahui kemampuan empat isolat terpilih sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF), dan
5. Mengetahui kemampuan empat isolat terpilih untuk menekan serangan *G. boninense* secara *in planta*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur *G. boninense* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman sawit dikarenakan jamur ini dapat menyebabkan kerugian yang cukup besar. Saat ini, usaha pengendalian terus dilakukan dengan menekankan pada usaha untuk mengurangi penggunaan fungisida sintetik. Pemanfaatan jamur antagonis menjadi alternatif pengendalian yang menjanjikan (Syah dkk., 2022).

Beberapa laporan menyebutkan bahwa terdapat beberapa jamur yang berperan sebagai antagonis jamur *G. boninense*. Menurut Zafitra dkk. (2017), terdapat beberapa jamur yang dapat berperan sebagai antagonis jamur *G. boninense*, antara lain yaitu *Trichoderma* sp., *Verticilium* sp., dan *Torulomyces* sp. Dalam penelitian yang dilakukan oleh Angraini (2017), dilaporkan bahwa *Lentinus* juga merupakan spesies yang ternyata berpotensi menghasilkan berbagai macam metabolit yang dapat dimanfaatkan untuk kepentingan kesehatan dan industri termasuk juga sebagai alternatif untuk pengendalian terhadap *G. boninense*. Dalam penelitian tersebut dijelaskan bahwa *Lentinus cladopus* LC4 memiliki potensi antagonistik terhadap jamur patogen *G. boninense*.

Beberapa penelitian melaporkan bahwa *Trichoderma* sp. merupakan jamur antagonis yang dapat menekan penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma*. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Sitohang dkk. (2022), *Trichoderma* sp. berpotensi dalam menekan dan menghambat pertumbuhan *Ganoderma* sp. penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit secara *in-vitro*. Syah dkk. (2022), juga melaporkan bahwa salah satu spesies *Trichoderma* yaitu, *T. harzianum* memiliki efektivitas dalam menekan pertumbuhan jamur *G.*

boninense penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit secara *in vitro*. Namun, hingga saat ini belum banyak penelitian yang melaporkan bahwa *Trichoderma* sp. juga mampu menekan pertumbuhan *G. boninense* secara *in planta*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis dari penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Beberapa jamur antagonis memiliki kemampuan sebagai antagonis terhadap jamur *G. boninense* secara *in vitro*,
2. Beberapa jamur antagonis memiliki kemampuan sebagai pelarut fosfat,
3. Terdapat empat isolat jamur antagonis yang mempunyai kemampuan antagonisme terbaik secara *in vitro*,
4. Empat isolat jamur antagonis terpilih memiliki kemampuan sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF), dan
5. Empat isolat jamur antagonis terpilih mampu menekan serangan *G. boninense* secara *in planta*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kelapa Sawit

2.1.1 Botani Kelapa Sawit

Kelapa sawit (*palm oil*) dengan nama latin *Elaeis guineensis* Jaq. *Elaeis* berasal dari kata *Elaion* dalam bahasa Yunani yang berarti minyak, *guineensis* berasal dari kata *Guinea* yaitu Pantai Barat Afrika, dan Jacq. merupakan singkatan dari Jacquin yang merupakan seorang botanis dari Amerika (Pahan, 2008). Menurut Pahan (2012), kelapa sawit dalam sistematika (taksonomi) tumbuhan dapat diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae
Divisi : Embryophyta siphonagama
Kelas : Angiospermae
Ordo : Palmales
Famili : Areceaceae
Sub-Famili : Cocoidae
Genus : *Elaeis*
Spesies : *Elaeis guineensis* Jaq.

Tanaman kelapa sawit merupakan salah satu tanaman sebagai penghasil devisa terbesar bagi negara Indonesia. Kelapa sawit dapat menghasilkan salah satunya minyak nabati yang sangat penting. Saat ini, minyak sawit tidak hanya menghasilkan berbagai hasil industri hilir yang dibutuhkan manusia seperti minyak goreng, mentega, sabun, kosmetika, tetapi juga dapat dimanfaatkan sebagai substitusi bahan bakar minyak yang saat ini sebagian besar dipenuhi dengan minyak bumi. Kelapa sawit diyakini dapat membantu pemerintah untuk mengentaskan kemiskinan di Indonesia. Hal ini dikarenakan industri kelapa sawit merupakan sumber daya alam yang dapat diperbaharui, berupa lahan subur dan sinar matahari yang melimpah sepanjang tahun (Setyamidjaja, 2010).

2.1.2 Syarat Tumbuh Kelapa Sawit

Kelapa sawit tumbuh sangat baik di dataran rendah yang beriklim basah di daerah tropis, yaitu sepanjang garis katulistiwa antara 23,5° LU sampai 23,5° LS. Kelapa sawit memiliki syarat tumbuh yaitu curah hujan sekitar 2.000 mm/ tahun yang merata sepanjang tahun, bersuhu minimal rata-rata antara 22°-24° C dan suhu maksimum rata-rata 29° C, kelapa sawit membutuhkan intensitas cahaya matahari yang tinggi untuk melakukan fotosintesis dan tumbuh ideal di ketinggian 1-500 mdpl (Pahan, 2011).

Kelapa sawit dapat tumbuh pada beberapa jenis tanah yaitu Podzolic, Latosol, Hidromorfik kelabu, Aluvial atau Regosol dengan nilai pH optimum ialah 5,0 – 5,5, tanah gembur, subur, datar, berdrainase baik dan juga memiliki lapisan solum yang dalam tanpa lapisan padas. Topografi pada tanaman kelapa sawit sebaiknya tidak lebih dari 25°. Tanaman kelapa sawit juga tumbuh dengan baik pada tanah yang memiliki kandungan unsur hara yang tinggi, dengan C/N mendekati 10, dimana C 1% dan N 0,1% (Rudi dkk., 2013).

2.2 Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB)

2.2.1 Gejala Penyakit

Kelapa sawit yang terinfeksi oleh jamur patogen *G. boninense* menyebabkan tanaman menjadi patah dan runtuh. Pada tanaman yang terinfeksi oleh jamur ini umumnya tidak dapat diselamatkan, tidak dapat memproduksi tandan buah, dan akan mengalami kematian (Cooper *et al.*, 2011). Dijelaskan dalam Susanto (2002), serangan patogen penyakit busuk pangkal batang (BPB) di Indonesia awalnya rendah pada tanaman kelapa sawit berumur 7 tahun. Namun, selanjutnya serangan tersebut meningkat 40% ketika tanaman berumur 12 tahun. Penyakit tersebut dapat menyerang bibit-bibit kelapa sawit sejak persemaian. Hal ini diduga karena patogen penyebab penyakit tersebut semakin menyebar pada lahan yang sering diremajakan.

Purba (2020) menyatakan, bahwa gejala awal penyakit sulit diidentifikasi dikarenakan perkembangannya yang lambat. Saat tubuh buah sudah terbentuk,

maka penyakit ini sudah menyebar luas ke tanaman kelapa sawit sehingga sudah sangat sulit untuk dikendalikan. Gejala utama BPB adalah terhambatnya pertumbuhan, warna daun menjadi hijau pucat dan busuk pada batang tanaman. Gejala pohon kelapa sawit yang terserang oleh *G. boninense* dapat dilihat dari mahkota pohon. Pohon yang sakit memiliki janur (daun yang belum membuka) lebih banyak daripada biasa. Daun berwarna hijau pucat, daun-daunan tua layu, patah pada pelepah dan pelepah yang patah menggantung di sekitar pohon. Gejala khas yang dapat dilihat sebelum terbentuknya badan buah jamur adalah pembusukan pada pangkal batang. Bagian batang yang terserang akan berwarna coklat muda dengan jalur-jalur tidak teratur berwarna gelap. Di tepi daerah yang terinfeksi terdapat zona yang tidak teratur berwarna kuning. Pada sel yang berdekatan dalam garis hitam tersebut, hifa jamur *G. boninense* akan membentuk struktur tahan berupa klamidiospora. Klamidiospora merupakan struktur tahan dari patogen ini di dalam jaringan. Hal tersebutlah yang menyebabkan jamur ini dapat bertahan lama (Semangun, 2000).

2.2.2 Penyebab Penyakit

Penyakit busuk pangkal batang merupakan salah satu penyakit utama yang menyerang tanaman kelapa sawit. Penyakit ini disebabkan oleh *Ganoderma boninense*. Menurut Alexopoulos and Mims (1979), taksonomi dari *Ganoderma* adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Mycetae
Divisi	: Mastigomycotina
Class	: Basidiomycetes
Subclass	: Holobasidiomycetidae I
Ordo	: Aphyllorphales
Family	: Polyporaceae
Genus	: <i>Ganoderma</i>
Spesies	: <i>Ganoderma boninense</i> Pat.

G. boninense merupakan jamur penyebab penyakit busuk pangkal batang pada tanaman kelapa sawit. *G. boninense* merupakan jamur patogen tular tanah yang mampu menyebabkan kematian pada kelapa sawit hingga 80% di beberapa perkebunan di Indonesia. Ciri-ciri tanaman terserang *Ganoderma* umumnya

terdapat basidiokarp. Basidiokarp yang banyak ditemukan adalah *sessile*, yaitu basidiokarp tidak bertangkai, tubuh buah langsung menyatu dengan pangkal batang kelapa sawit. Secara makroskopis, organisme jamur sejati ini menghasilkan tubuh buah. Mula-mula tampak sebagai salah satu bonggol kecil berwarna putih dan berkembang menjadi berbentuk seperti kipas, tebal dan keras. Warna permukaan atas tubuh buah bervariasi. Mulai dari coklat muda sampai coklat tua, biasanya tampak mengkilat, khususnya pada waktu masih muda. Pada permukaan paling luar berwarna putih kekuningan, permukaan bawahnya berwarna putih (Payung, 2019).

2.2.3 Perkembangan Penyakit dan Faktor yang Mempengaruhi

Busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh Jamur *G. boninense* merupakan penyakit pada tanaman kelapa sawit yang paling merusak di kawasan Asia Tenggara (Idris dan Norman, 2016). Di Indonesia, penyakit BPB dapat menyebabkan penurunan produktivitas kelapa sawit yang signifikan per hektar area, terutama disebabkan oleh kematian tanaman yang dapat mencapai lebih dari 50% (Susanto, 2011). BPB menyebabkan kehilangan hasil kelapa sawit melalui pengurangan tegakan pohon yang sehat dan produktif serta penurunan ekonomisnya. BPB juga menyebabkan infeksi dan pembusukan pada sistem akar dan pangkal batang yang mengakibatkan berbagai gejala daun berupa patahnya pelepah, menguning, dan pelepah muda mengecil (PPKS, 2008). Kelapa sawit memiliki produktivitas penghasil minyak (ton/ha) yang lebih besar dibanding dengan tumbuhan lain (Sulistyo, 2010). Selain pada tanaman tua, BPB juga dapat ditemukan pada tanaman muda (Susanto dkk., 2013). Sementara itu, tanaman sawit sehat dapat tertular *G. boninense* melalui kontak akar dengan sumber inokulum (Nasution dkk., 2016). *G. boninense* memiliki karakteristik sebagai patogen tular tanah, kisaran inang luas, dan memiliki struktur tahan berupa klamidospora dan pseudosklerotia, dan saprofit (Susanto dkk., 2013) menyebabkan sulitnya pengendalian.

2.2.4 Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB)

Untuk mengendalikan dan menekan penyebaran penyakit yang disebabkan oleh *Ganoderma* ini dapat dengan penggunaan fungisida serta memusnahkan dengan membakar tanaman sakit agar tidak menyebar ketanaman kelapa sawit lainnya. Namun sebagian fungisida tidak efektif mengendalikan penyakit busuk akar ini (Idris dan Arifurrahman, 2008). Dengan menerapkan budidaya konvensional serta sanitasi hanya bisa menunda penyebaran penyakit (Breton *et al.*, 2006), dan penerapan ini tidak layak dari segi ekonomis. Pendekatan yang cocok dan aman bagi pengguna tapi sedikit menimbulkan ancaman terhadap organisme non-target adalah dengan kontrol biologis melalui penggunaan tanaman resisten. Meskipun teknik ini sangat sulit, mahal, dan memakan waktu, tetapi diyakini efektif bila diterapkan di lapangan (Damon, 2000).

Secara kultur teknis dan mekanis, untuk mengurangi serangan *Ganoderma*, pangkal batang kelapa sawit perlu ditimbun dengan tanah. Hal ini dilakukan dengan tujuan untuk menghindari infestasi basidiospora ke batang kelapa sawit. Pembuatan parit di sekeliling tanaman sakit dimaksudkan untuk mengurangi kontak akar tanaman sakit dan sehat. Pembumbunan tanah pada pangkal batang dapat memperpanjang umur produksi selama 2 tahun (Hashim, 1997). Pengurangan sumber inokulum di kebun dilaksanakan dengan pengumpulan dan pembakaran tubuh buah (Basidiokarp) Sebelum penanaman tanaman baru, tunggul-tunggul atau sisa tanaman dibongkar secara mekanis ataupun secara kimiawi (Chung *et al.*, 1991 dalam Senewe dkk., 2023).

Selain itu, pengendalian kimiawi juga telah banyak dilakukan di perkebunan kelapa sawit, baik dengan metode absorpsi akar maupun penyiraman dalam tanah. Berdasarkan percobaan pada tingkat laboratorium, banyak ditemukan fungisida yang efektif menekan *G. boninense*, tetapi apabila diaplikasikan di lapangan mengalami kegagalan. Fungisida Triazole yaitu triadimenol, triadimefon, tridemorph efektif menghambat pertumbuhan miselium *G. boninense* dengan konsentrasi berturut-turut 5, 10 dan 25 mL. *Ganoderma* dapat juga dikendalikan dengan fumigan Dazomet (Darus and Seman, 1991). Pemberian 500 g Dazomet per tanaman kelapa sawit dapat menahan pembentukan tubuh buah *Ganoderma*

selama 3 bulan. Penelitian terakhir menunjukkan bahwa fungisida berbahan aktif carboxin ataupun quintozene lebih efektif daripada Dazomet (George *et al.*, 1996). Tunggul-tunggul dapat diberi racun agar cepat membusuk

Pengendalian yang dilakukan terhadap patogen tanaman dapat secara biologis termasuk untuk mengendalikan penyakit BPB pada kelapa sawit. Pengendalian dengan menggunakan agens hayati merupakan pengendalian yang murah, ramah lingkungan dan tanpa menimbulkan residu (Lehar, 2012). Metode alternatif yang sangat potensial dilakukan adalah pengendalian secara hayati menggunakan jamur yang bersifat antagonis terhadap patogen yaitu dengan menggunakan jamur antagonis *Trichoderma* spp. (Latifah dkk., 2011).

Pengendalian penyakit BPB dengan menggunakan tanaman tahan merupakan pengendalian yang lebih efektif dan efisien. Tetapi sampai saat ini belum ada usaha yang serius untuk melakukan pemuliaan tanaman kelapa sawit yang tahan terhadap *G. boninense*. Ada indikasi bahwa bahan tanaman dura dari Afrika menunjukkan gejala penyakit yang lebih lambat daripada tanaman tenera di Sumatera. *Elaeis melanococca* lebih toleran daripada *E. guineensis*. Gagasan yang banyak dikemukakan adalah membuat hibrid antara *E. oleifera* dengan *E. guineensis* yang diharapkan akan lebih tahan atau toleran.

2.4 Jamur Antagonis

Jamur antagonis merupakan salah satu angensi hayati yang dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan penyakit BPB pada kelapa sawit. *Trichoderma* sp. merupakan salah satu jamur yang berperan sebagai antagonis terhadap *G. boninense*. Pemberian *Trichoderma* spp. dapat menguntungkan bagi tanaman karena saat kondisi tertentu *Trichoderma* spp. dapat mengkolonisasi dan menembus sistem perakaran yang menimbulkan mekanisme pertahanan tanaman tertentu yang menginduksi resistensi sistemik (ISR) dalam keseluruhan tanaman, dengan demikian dapat memperkuat sistem pertahanan tanaman melawan serangan patogen (Lehar, 2012). Purwantisari dkk. (2015), melaporkan bahwa jamur antagonis *Trichoderma* spp. telah dibuktikan mempunyai kemampuan

dalam menginduksi ketahanan sistemik tanaman dalam melawan kehadiran jamur penyebab penyakit tanaman (Purwantisari dkk., 2015). Mekanisme kerja jamur antagonis ini meliputi hiperparasitisme (mikoparasit), antibiosis dan kompetisi. *Trichoderma* sp. bertindak sebagai mikoparasit bagi jamur lain dengan tumbuh mengelilingi miselium patogen. Interaksi awal dari jamur ini adalah hifanya membelok ke arah jamur yang akan diserangnya (Fitriani dkk., 2017).

2.5 Jamur Pelarut Fosfat

Jamur pelarut fosfat merupakan kelompok jamur yang mempunyai kemampuan untuk melarutkan fosfat-anorganik tak larut dengan mensekresikan asam-asam organik. Fosfat merupakan salah satu unsur makro esensial, tidak hanya bagi kehidupan tumbuhan tetapi juga bagi mikroba tanah. Fosfat didalam tanah secara alami terdapat dalam bentuk organik dan anorganik. Kedua macam bentuk tersebut merupakan bentuk fosfat yang tidak larut atau sedikit larut, sehingga ketersediannya bagi mikroba tanah sangat rendah (Santosa, 2001).

2.6 *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF)

Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) merupakan kemampuan yang dimiliki oleh jamur untuk merangsang perkecambahan dan pertumbuhan tanaman, memproduksi hormon, menekan pertumbuhan patogen dengan mekanisme antagonis yang dimilikinya serta menginduksi resistensi ketahanan tanaman. PGPF merupakan jamur yang memiliki filamen non-patogen yang bersimbiosis secara mutualisme bagi tanaman. Genus jamur yang banyak dilaporkan berperan sebagai PGPF beberapa genus adalah dari genus *Trichoderma*, *Penicilium*, *Aspergillus*, *Talaromyces*, dan *Mortierella* (Murali *et al.*, 2012). Menurut Murali *et al.* (2012), beberapa mikroorganisme yang berasosiasi dengan perakaran tanaman dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman disebut sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan mulai dari September 2023 sampai Juni 2024. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Lahan Pertanaman Bataranila.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah cawan petri, tabung erlenmeyer, gelas ukur, pembakar bunsen, jarum ose, bor gabus, *micropipet*, *microwave*, timbangan elektrik, pinset, nampan plastik, penggaris, *aluminium foil*, plastic wrap, plastik tahan panas, karet gelang, *Laminar Air Flow* (LAF), autoklaf, mikroskop, dan alat tulis.

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat jamur *Ganoderma boninense* dan jamur yang memiliki kemampuan sebagai antagonis patogen tanaman yang diisolasi dari berbagai habitat (rincian asal isolat dapat dilihat pada Tabel 1) koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, media *potato dextrose agar* (PDA), media *pikovskya*, alkohol 70%, spiritus, aquades, asam laktat, balok kayu karet, *polybag*, plastik klip, tepung kaolin, tepung pasir zeolit, pupuk NPK 3%, dan bibit sawit.

Tabel 1. Kode isolat dan asal isolat koleksi Laboratorium Bioteknologi FP UNILA

No	Kode isolat jamur antagonis	Asal	Keterangan
1.	PNBE Rkn U1.1		
2.	PNBE Rkn U1.2		
3.	PNBE Rkn U2.1		
4.	PNBE Rkn U2.2		Hasil isolasi pada penelitian
5.	PNBE GM U1.3	Diduga endofit tanaman	sebelumnya, belum
6.	PNBE PP U1.1	kelapa sawit PT	diketahui kemampuan
7.	PHRE RKI U1.1	Bumitama Gunajaya	antagonismenya
8.	PHRE RKI U2.1	Agro (BGA)	terhadap <i>G. boninense</i>
9.	PHRE RKN U2.1		Diisolasi pada tahun
10.	PHRE RKN U2.2		2023
11.	PHRE PP U2.3		
12.	PHRE GM U2.2		
13.	PHRE GM U2.3		
14.	SCME H11 GA (1)		Hasil skrining dari penelitian sebelumnya
15.	SCME H11 GA YPA	Rizosfer tanaman kelapa	untuk mengendalikan
16.	SCME (1) YPA	sawit PT Bumitama	<i>G. boninense</i> secara <i>in vitro</i>
17.	9 PNRE A24 (1) PCA	Gunajaya Agro (BGA)	Diisolasi pada tahun 2020
18.	WT 1	Rizosfer tanaman nanas	Hasil skrining dari penelitian sebelumnya
19.	WT 2	PT <i>Great Giant Pinapple</i>	untuk mengendalikan
20.	WT 3	(GGP)	<i>G. boninense</i> secara <i>in vitro</i>
21.	WT 4		Diisolasi pada tahun 2015

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini terdiri dari 5 tahap pengujian, yaitu (1) pengujian antagonis jamur terhadap *G. boninense*, (2) pengujian kemampuan melarutkan fosfat pada media *pikovskaya*, (3) pengujian hipovirulen, (4) Pengujian kemampuan sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) terhadap beberapa isolat terpilih yang mempunyai kemampuan antagonis terhadap *G. boninense* menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator, dan (5) pengujian kemampuan penghambatan isolat jamur terpilih terhadap *G. boninense* secara *in planta*. Selain pengujian, dilakukan juga pengamatan terhadap (1) bentuk makroskopis dan mikroskopis jamur, (2) pertumbuhan koloni jamur, kerapatan dan viabilitas spora. Seluruh data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf nyata 5%.

3.4 Rancangan Percobaan dan Analisis Data

Perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 3 kali ulangan. Setiap satuan percobaan terdiri dari 10 tanaman. Sehingga jumlah tanaman yang digunakan dalam penelitian ini adalah 180 tanaman (6 perlakuan x 3 ulangan x 10 tanaman). Perlakuan yang digunakan adalah empat isolat jamur antagonis terpilih, 1 fungisida heksakonasol dan 1 tanpa perlakuan (kontrol). Seluruh data yang didapatkan kemudian dianalisis menggunakan sidik ragam dan apabila terdapat beda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) dengan taraf nyata 5%.

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.5.1 Penyiapan Media

3.5.1.1 Pembuatan media *Potato Dextrose Agar Asam Laktat* (PDA-AL)

Media PDA-AL dibuat dengan menggunakan bahan-bahan yang terdiri dari 200 g kentang, 20 g agar batang, 20 g *dextrose*, dan 1000 mL akuades. Kentang yang sudah dikupas dan dicuci kemudian dipotong dadu (1 x 1 cm), dimasukkan ke

dalam gelas *beaker* 1000 mL yang berisi 1000 mL akuades dan dipanaskan menggunakan *microwave* selama 12 menit. Ekstrak kentang kemudian dimasukkan ke dalam erlenmeyer 1000 mL yang telah berisi *dextrose* dan agar batang. Tabung erlenmeyer ditutup dengan *aluminium foil* dan diikat dengan karet gelang dan tabung erlenmeyer dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Media kemudian disterilkan menggunakan autoklaf selama 20 menit pada tekanan 1 atm dan suhu 121 °C. Sebelum media PDA-AL dituang ke dalam cawan petri, sebanyak 1,4 mL asam laktat ditambahkan ke dalam 1000 mL media dan dihomogenkan dengan cara digoyang secara perlahan dan dituang ke cawan petri secara aseptik di *Laminar Air Flow* (LAF).

3.5.1.2 Pembuatan Media *Pikovskaya*

Media *Pikovskaya* dibuat dengan mencampurkan bubuk media *Pikovskaya* dengan akuades (Pratamaningtyas, 2011). Bubuk *Pikovskaya* yang sudah ditimbang sebanyak 31,3 g dan 2 g agar batang dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer 1000 mL dan kemudian ditambahkan akuades sebanyak 1000 mL. Tabung erlenmeyer ditutup dengan *aluminium foil* dan diikat dengan karet gelang. Setelah itu, tabung erlenmeyer yang berisi media dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 20 menit. Setelah itu, media dikeluarkan dari dalam autoklaf, ditunggu sampai agak dingin dan dituangkan ke dalam cawan petri secara aseptik di *Laminar Air Flow* (LAF).

3.5.1.3 Pembuatan media *Water Agar 2 % (WA)*

Media *Water Agar* (WA) dibuat dengan mencampurkan agar batang dengan akuades. Agar batang ditimbang sebanyak 20 g dimasukkan ke dalam tabung erlenmeyer 1000 mL dan ditambahkan akuades sebanyak 1000 mL. Tabung erlenmeyer kemudian ditutup dengan *aluminium foil* dan diikat dengan karet gelang. Setelah itu, tabung erlenmeyer yang berisi media dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan

tekanan 1atm selama 20 menit. Media kemudian di tuang ke cawan petri secara aseptik di *Laminar Air Flow* (LAF).

3.5.2 Pembuatan Formulasi Biofungisida

Pembuatan formulasi biofungisida dilakukan terhadap empat isolat terpilih yang memiliki kemampuan antagonis tinggi. Biofungisida dibuat dengan cara menginokulasikan isolat pada media beras yang dimasak setengah matang. Sebanyak 10-15 bor gabus jamur antagonis diambil dan diinokulasikan ke 100 g beras dan diinkubasi selama 7-14 hari. Setelah jamur tumbuh, selanjutnya hasil inkubasi diblender hingga halus dan dicampur dengan tepung pasir zeolit dan kaolin dengan perbandingan 1:1:3. Sebanyak 75 g formulasi yang sudah dicampur ditambahkan dengan NPK 3%.

3.5.3 Pengujian Penelitian

3.5.3.1 Uji Antagonis Isolat Jamur Antagonis terhadap *G. boninense*

1. Penyiapan isolat *G. boninense*

Isolat *G. boninense* yang digunakan adalah isolat koleksi Laboratorium Bioteknologi FP UNILA. Isolat tersebut terlebih dahulu dilakukan peremajaan sebelum diuji antagonis. Isolat diremajakan pada media PDA-AL dan diinkubasi selama 14 hari di suhu ruang. Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu bor gabus *G. boninense* (bor gabus ukuran 0,5 cm) menggunakan jarum ose, lalu dipindahkan ke media baru. Setelah biakan berumur 14 hari, maka sudah siap dilakukan uji antagonis.

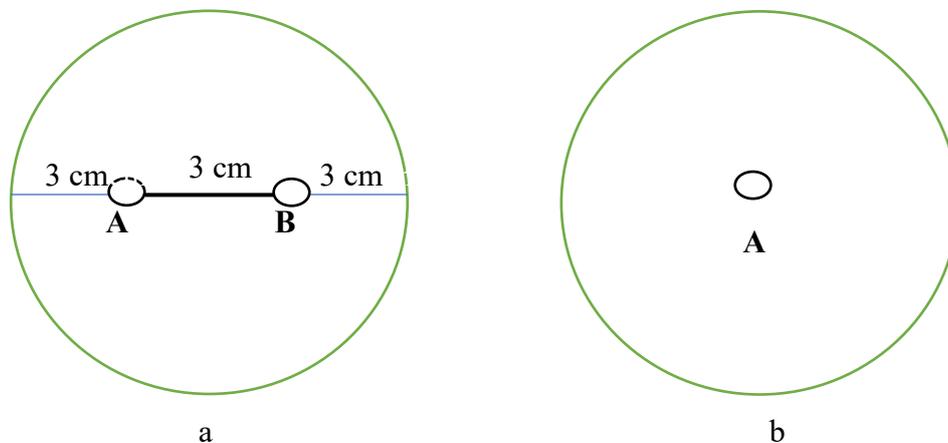
2. Penyiapan isolat jamur antagonis

Isolat jamur antagonis yang digunakan adalah Laboratorium Bioteknologi FP UNILA. Isolat tersebut terlebih dahulu dilakukan peremajaan. Peremajaan dilakukan ketika isolat *G. boninense* berumur 7 hari. Peremajaan jamur antagonis ini dilakukan pada media PDA-AL dengan mengambil satu bor gabus jamur

antagonis (bor gabus ukuran 0,5 cm) menggunakan jarum ose, lalu dipindahkan ke media baru. Isolat diinkubasi disuhu ruang selama 7 hari.

3. Pengujian antagonis

Isolat jamur antagonis yang telah dimurnikan dan berumur 7 hari diuji daya antagonisnya terhadap jamur *G. boninense* yang berumur 14 hari pada media PDA-AL dalam cawan petri berdiameter 9 cm dengan menggunakan metode biakan ganda (*dual culture*) (Mahadnanapuk dkk., 2007). Satu potongan bor gabus (diameter 0,5 cm) inokulum jamur *G. boninense* diletakkan pada sebuah titik dengan jarak 2,5 cm dari tepi cawan petri, sedangkan dari tepi yang lain dengan jarak yang sama diletakkan satu potongan bor gabus jamur antagonis. Sebagai pembanding (kontrol) biakan murni jamur *G. boninense* diletakkan pada bagian tengah cawan petri tanpa inokulum jamur antagonis. Cara peletakan inokulum pada cawan petri dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Metode *dual culture*: (a) Kultur ganda antagonis *G. boninense*, (b) Kontrol.

Pengamatan dilakukan selama 21 hari, dimulai dari hari pertama sampai dengan 21 HSI. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter jamur *G. boninense* pada cawan petri tanpa jamur antagonis atau kontrol (D1) dan diameter jamur *G. boninense* pada cawan dengan jamur antagonis (D2). Setiap isolat yang diuji dilakukan pengulangan sebanyak 3 kali. Persentase penghambatan jamur

antagonis terhadap *G. boninense* dihitung dengan menggunakan rumus Soenartiningsih dkk. (2014):

$$P = \frac{D1-D2}{D1} \times 100\%$$

Keterangan:

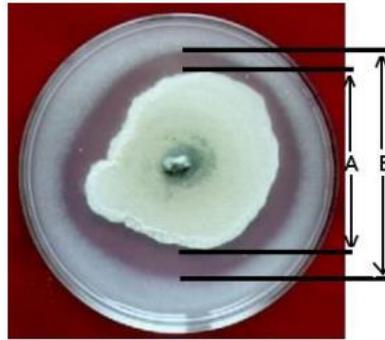
- P = Persentase penghambatan koloni (%),
 D1 = Diameter koloni *G. boninense* pada kontrol (cm),
 D2 = Diameter koloni *G. boninense* dengan jamur antagonis (jamur *G. boninense* (cm)).

3.5.3.2 Uji Pelarut Fosfat Jamur Antagonis

Uji kemampuan jamur antagonis sebagai pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan media *Pikovskaya* terhadap seluruh isolat. Satu potongan bor gabus jamur antagonis diambil menggunakan jarum ose dan diletakkan di tengah cawan petri yang berisi media *Pikovskaya*. Pengamatan dilakukan terhadap diameter koloni jamur dan diameter zona bening yang terbentuk dengan menggunakan penggaris (Gambar 2) selama 7 hari, kemudian dihitung rerata menggunakan milimeter blok (Afrianti, 2017). Setiap isolat yang diuji diulang sebanyak 3 kali. Indeks pelarut fosfat dihitung menggunakan rumus menurut Premono (1994):

$$\text{Indeks Pelarut Fosfat} = \frac{dk+dzb}{dk}$$

- Keterangan: dk = diameter koloni jamur
 dzb = diameter zona bening



Gambar 2. Cara pengukuran diameter pelarut fosfat: (a) Diameter koloni jamur, (b) Diameter zona bening.

3.5.3.3 Karakter Makroskopis dan Mikroskopis Jamur

Pengamatan secara makroskopis dilakukan pada empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan penghambatan tertinggi terhadap jamur *G. boninense*. Pengamatan dilakukan dengan mengamati warna dan bentuk serta tekstur koloni sedangkan pada pengamatan mikroskopis dilakukan dengan mengamati struktur vegetatif (hifa) dan struktur generatif (spora) dan ciri hifa. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan menggunakan mikroskop majemuk dengan perbesaran total 400X, di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.5.3.4 Pertumbuhan Koloni Jamur, Produksi Spora dan Viabilitas Spora Jamur

Pengujian dilakukan pada empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan penghambatan tertinggi terhadap jamur *G. boninense*.

1. Produksi spora

Kemampuan isolat jamur antagonis untuk memproduksi spora diamati dengan cara menambahkan 10 mL air steril pada cawan petri yang berisi biakan murni jamur yang berumur 15 hari. Spora jamur dipanen dengan cara menggerus secara hati-hati permukaan koloni jamur dengan drigalski agar miselia dan media tidak terikut. Setelah semua spora jamur terlepas, suspensi spora dimasukkan ke dalam

tabung reaksi dan dihomogenkan menggunakan *rotamixer*. Setelah suspensi homogen, dilakukan pengenceran dengan cara mengambil sebanyak 1 mL suspensi jamur lalu ditambahkan ke tabung reaksi yang berisi 9 mL air steril. Setelah itu diambil 1 mL dan diteteskan pada *haemocytometer* dan ditutup dengan kaca obyek hingga suspensi mengalir ke bawah kaca obyek dan mengisi ruang hitung. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah spora dalam lima sampel kotak sedang di bawah mikroskop dengan perbesaran total 400X dan dihitung rata-ratanya. Setelah diketahui banyaknya spora pada kotak sedang di *haemocytometer*, selanjutnya dihitung jumlah spora dengan rumus menurut Syahnen dkk. (2014):

$$S = R \times K \times F$$

Keterangan:

S = Jumlah spora/mL,

R = Jumlah rata-rata spora pada 5 kotak sedang *haemocytometer*,

K = Konstanta koefisien alat ($2,5 \times 10^5$),

F = Faktor pengenceran yang digunakan.

2. Pertumbuhan koloni jamur

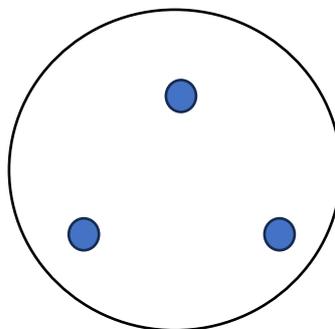
Kemampuan tumbuh jamur antagonis dihitung berdasarkan perkembangan koloni diameter jamur. Koloni diameter jamur didapatkan dari rerata pengukuran 2 kali diameter koloni jamur [(diameter koloni terpanjang + diameter koloni terpendek)/2]. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 14 hari.

3. Viabilitas spora

Uji viabilitas spora dilakukan dengan mengambil suspensi jamur antagonis (suspensi yang sama yang digunakan untuk pengukuran kerapatan spora). Suspensi tersebut diteteskan menggunakan mikropipet sebanyak 1 mL pada media PDA-AL di 3 titik (Gambar 3) dan diinkubasi selama 12 jam. Selanjutnya, suspensi diamati dibawah mikroskop majemuk dengan perbesaran 400X. Pengamatan dilakukan terhadap jumlah spora yang berkecambah dan tidak

berkecambah. Persentase daya kecambah jamur dapat dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{\text{Jumlah spora yang berkecambah}}{\text{Jumlah spora yang diamati}} \times 100\%$$



Gambar 3. Posisi peletakan 3 tetes suspensi jamur antagonis pada media PDA-AL.

3.5.3.5 Uji Hipovirulen

Uji hipovirulen dilakukan pada empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan penghambatan tertinggi terhadap jamur *G. boninense*. Pengujian hipovirulensi dilakukan dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai indikator karena tanaman mentimun dapat memberikan respon yang cepat terhadap serangan patogen. Pengujian ini menggunakan metode yang dikemukakan oleh Ichielevich-Auster *et al.* (1985) dalam Worosuryani (2006). Langkah pertama yang dilakukan adalah benih mentimun direndam dengan air hangat ($\pm 45^{\circ}\text{C}$) selama 30 menit. Perendaman tersebut bertujuan untuk mempercepat proses perkecambahan benih. Selanjutnya, benih mentimun didesinfektan dengan cara direndam dengan alkohol 70% selama 1 menit, dan direndam dalam larutan *sodium hypochlorite* 2% selama 30 detik.

Setelah direndam, benih dicuci dengan air steril sebanyak 3 kali untuk membersihkan sisa larutan desinfektan. Selanjutnya, benih dikecambahkan dalam cawan petri yang telah dialasi dengan kertas merang yang telah dilembabkan dengan air steril lalu diinkubasikan selama 2 hari pada suhu kamar. Setelah 2 hari,

empat bibit yang tumbuh dalam cawan dipindahkan pada cawan berisi media *water agar* (WA) 2% dan kembali diinkubasikan pada suhu kamar selama 1 hari.

Isolat jamur antagonis yang diuji adalah biakan yang berumur 3 hari. Biakan tersebut diambil menggunakan bor gabus berdiameter ± 5 mm dan diletakkan di tengah-tengah hipokotil bibit mentimun yang berumur tiga hari. Setiap isolat yang diuji diulang sebanyak tiga kali. Isolat dikategorikan sebagai hipovirulen jika nilai DSI-nya kurang dari 2. Pengamatan dilakukan 14 hari setelah inokulasi dengan mengamati gejala yang muncul untuk menentukan Indeks Keparahan Penyakit (*Disease Severity Index*/DSI) mengikuti determinasi skor individual dari Ichielevich-Auster *et al.* (1985) dalam Worosuryani (2006). Rumus *Disease Severity Index* (DSI) adalah sebagai berikut:

$$DSI = \frac{\sum N}{Z}$$

Keterangan:

DSI = *Disease Severity Index* (Indeks Keparahan Penyakit),
 N = Skor keparahan penyakit pada masing-masing individu,
 Z = Jumlah individu yang digunakan.

Skor keparahan penyakit:

0 = sehat, tidak ada gejala pada hipokotil,

1 = satu atau dua bercak coklat muda $< 0,25$ cm,

2 = bercak coklat muda $< 0,5$ cm dan area kebasahan $< 10\%$ pada hipokotil,

3 = bercak coklat muda sampai tua $> 1,0$ cm dan kemudian bergabung dengan bercak lainnya dan daerah kebasahan $10\% < x < 100\%$ pada hipokotil (daun belum layu dan hipokotil masih putih),

4 = hipokotil bercak hitam, daun layu dan bibit mati.

Percobaan dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Setiap isolat yang diuji diulang sebanyak tiga kali. Tidak digunakan analisis statistik dalam tahapan ini. Data yang didapatkan adalah isolat yang mempunyai sifat hipovirulen ($DSI < 2$) dan virulen ($DSI > 2$).

Isolat yang tidak menunjukkan gejala penyakit atau gejala yang ditimbulkan akibat isolat hanya sedikit ($DSI < 2,0$) dikategorikan sebagai isolat yang hipovirulen (Cadoso & Echandi, 1987 dalam Worosuryani, 2006).

3.5.3.6 Uji Kemampuan sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF)

Isolat jamur yang bersifat hipovirulen dan memenuhi kategori yang telah ditentukan yaitu memiliki daya hambat antagonis $>50\%$ uji PGPF. Uji PGPF dilakukan dengan menggunakan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator. Pelaksanaan pengujian dilakukan dengan mencampurkan biofungisida yang sudah dibuat ke dalam media tanam. Media tanam yang digunakan merupakan campuran kompos dan pasir sebanyak 500 g dengan perbandingan 1:1, lalu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas dan disterilkan dengan menggunakan autoklaf. Setelah steril, biofungisida diinokulasi ke dalam media tanam sebanyak 10 g dan diinkubasi selama 2 hari.

Pada hari yang sama, benih mentimun disemai dengan menggunakan kertas merang. Benih yang akan digunakan untuk uji PGPF, disterilkan terlebih dahulu dengan alkohol 70% dan *sodium hypochlorite* 2%. Kemudian dicuci menggunakan air steril sebanyak 3 kali. Setelah itu, benih disemai dalam cawan petri yang telah dilapisi kertas merang lembab dan diinkubasi selama 2 hari. Setelah 2 hari, kecambah mentimun dipindah tanam ke dalam *polybag* sebanyak 2 benih/*polybag* dan ditumbuhkan selama 21 hari.

Pengamatan dilakukan selama 21 hari. Variabel yang diamati adalah tinggi tanaman dan jumlah daun yang diamati setiap 2 hari sekali. Pada hari terakhir pengamatan, dilakukan pengamatan terhadap kehijauan daun, Panjang akar, bobot basah akar dan tajuk tanaman. Akar serta tajuk tanaman di oven selama 3 hari pada suhu 80 °C. Lalu, dihitung bobot kering dari akar dan tajuk tanaman mentimun (Worosuryani, 2006).

3.5.3.7 Uji Pengaruh Aplikasi Jamur Terpilih untuk Menekan Serangan *G. boninense* secara *in planta*

Uji secara *in planta* dilakukan pada empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan penghambatan tertinggi terhadap jamur *G. boninense*.

1. Penyiapan media tanam dan tanaman uji

Media tanam yang digunakan adalah campuran pasir dan tanah dengan perbandingan 1:1. Media tanaman tersebut kemudian dimasukkan ke dalam *polybag* dengan diameter 10 cm. Tanaman uji merupakan bibit kelapa sawit berumur 3 bulan.

2. Penyiapan isolat *G. boninense*

Isolat *G. boninense* yang digunakan adalah isolat koleksi Laboratorium Bioteknologi FP UNILA. Isolat tersebut terlebih dahulu dilakukan peremajaan sebelum diuji *in planta*. Isolat diremajakan pada media PDA-AL dan diinkubasi selama 14 hari di suhu ruang. Peremajaan dilakukan dengan mengambil satu bor gabus *G. boninense* menggunakan jarum ose, lalu dipindahkan ke media baru dan diinkubasi selama 7 hari.

3. Penyiapan balok kayu karet

Isolat *Ganoderma* ditumbuhkan pada balok kayu karet kering berukuran 6 x 6 x 6 cm kering. dicuci bersih dengan air kran dan dikering-anginkan, kemudian di oven 2-3 hari. Selanjutnya, setiap balok kayu dimasukkan ke dalam plastik tahan panas ukuran 11,7 cm x 25,5 cm, diikat dengan karet gelang, kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf selama 30 menit pada suhu 121°C pada tekanan 1 atm. Setelah selesai, balok-balok kayu dalam plastik didiamkan dahulu sampai mencapai suhu ruang.

4. Inokulasi *G. boninense* pada balok kayu karet

Sebanyak 5 bor gabus (diameter 0,5 cm) biakan murni jamur *Ganoderma* 7 hari dan diinokulasikan ke balok kayu karet yang telah steril. Setiap balok kayu menerima 5 potongan isolat *Ganoderma* (1 potong di setiap sisi balok kayu, kecuali sisi yang di dasar). Setelah diinokulasi, balok kayu disimpan dalam suhu ruang selama 1 bulan (4 minggu).

5. Inokulasi *G. boninense* ke tanaman uji

Tanaman kelapa sawit berumur 3 bulan dilakukan inokulasi *G. boninense* dengan cara mengikatkan balok kayu yang telah diinokulasikan biakan murni *G. boninense* (umur 4 minggu) pada perakaran kelapa sawit berumur 3 bulan.

6. Aplikasi biofungisida

Aplikasi isolat jamur terpilih dilakukan dalam bentuk formulasi biofungisida sesuai dengan metode pembuatan biofungisida Suharjo (komunikasi pribadi). Aplikasi dilakukan sebulan sekali pada 2 hari setelah inokulasi jamur *Ganoderma*. Langkah aplikasi dilakukan dengan cara menabur biofungisida mengelilingi sumber inokulum *Ganoderma* (balok kayu karet) sebanyak 75 g/tanaman.

7. Variabel pengamatan

Beberapa variabel yang diamati dalam pengujian ini antara lain kemunculan gejala serangan pada daun (keparahan penyakit), keterjadian penyakit, kemunculan badan buah jamur *Ganoderma*, jumlah dan kehijauan daun.

Keparahan penyakit pada daun dilakukan dengan metode skoring selama 120 HSA dan dilakukan 11 kali pengamatan terhadap tanaman kelapa sawit setelah aplikasi perlakuan. Pengamatan gejala serangan pada daun dilakukan dengan metode skoring mengikuti skala yang dilakukan oleh Matruti dkk. (2018):

0 = Tidak ada daun yang menunjukkan gejala nekrotik,

1 = 1-25% daun menunjukkan gejala nekrotik,

- 2 = 26-50% daun menunjukkan gejala nekrotik,
 3 = 51-75% daun menunjukkan gejala nekrotik,
 4 = 75-100% daun menunjukkan gejala nekrotik.

Persentase Keparahan Penyakit (KP) pada daun dihitung menggunakan rumus:

$$KP = \frac{\sum n \times v}{N \times Z}$$

Keterangan:

n = Jumlah tanaman dengan skor tertentu,

v = Nilai skor tiap kategori serangan,

N = Jumlah tanaman yang diamati,

Z = skor tertinggi.

Keterjadian penyakit diamati dengan melihat tanaman yang terinfeksi serangan patogen di lapang, kemudian tanaman dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Sekasari dkk., 2013):

$$\text{Keterjadian Penyakit} = \frac{\text{Jumlah Tanaman Terinfeksi}}{\text{Jumlah Tanaman yang Diamati}} \times 100\%$$

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Kesimpulan yang diperoleh dari penelitian ini ialah:

1. Semua isolat (21 isolat) yang diuji memiliki kemampuan sebagai antagonis terhadap jamur *G. boninense* secara *in vitro*,
2. Semua isolat (21 isolat) yang diuji tidak mempunyai kemampuan sebagai pelarut fosfat,
3. Didapatkan empat isolat terpilih yang mempunyai kemampuan antagonisme terbaik, yaitu PHRE RKI U2.1, PNBE RKN U2.1, WT 2, dan 9 PNRE A (24) 1 PCA,
4. Dari empat isolat jamur terpilih yang diuji PGPF, tidak terdapat beda nyata antara perlakuan jamur antagonis dengan kontrol, dan
5. Dari pengujian secara *in planta* antara 5 perlakuan biofungisida dan kontrol terdapat perlakuan yang mampu menekan serangan *G. boninense* yaitu P1 (PHRE RKI U2.1).

5.2 Saran

Penulis memberikan saran sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian pengujian antagonisme jamur agensia hayati terpilih terhadap beberapa jenis tanaman lainnya secara *in planta*,
2. Perlu dilakukan penelitian lebih lanjut tentang formulasi dan masa simpan agensia hayati dalam aplikasi lapang.

DAFTAR PUSTAKA

- Afrianti, N. 2017. Uji kemampuan beberapa isolat jamur rizosfer tanaman nanas sebagai antagonis jamur *Phytophthora* sp. dan pelarut fosfat. *Skripsi*. Fakultas Pertanian UNILA. Lampung. 37 hlm.
- Alexopoulos, C. J. and Mims, C.W. 1979. *Introductory mycology*. Third edition. Jhon Wiley and Sons. New York. 631 hlm.
- Amaria, W., Taufiq, E., dan Harni, R. 2013. Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih (*Rigidoporus lignosus*) pada tanaman karet. *Buletin RISTRI*. 4(1): 1-8.
- Angraini, E. 2017. Uji antagonisme *Lentinus cladopus* LC4 terhadap *Ganoderma boninense* penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Biosfera*. 34(3): 144.
- Berlian, I., Setyawan, B., dan Hadi, H. 2013. Mekanisme antagonis *Trichoderma* spp. terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perkaratan*. 32(2): 74-82.
- Breton, F., Hasan, Y., Hariadi, Lubis, Z., and de Franqueville, H. 2006. The development of an early screening test for basal stem rot tolerance in oil palm progenies. *Journal Oil Palm Research*: 24-36.
- Cooper, R. M., Flood, J., and Rees, R.W. 2011. *Ganoderma boninense* in oil palm plantations: current thinking on epidemiology, resistance and pathology. *Planter*. 87: 515-526.
- Damon, A. 2000. A review of the biology and control of the coffee berry borer, *Hypothenemus hampei* (Coleoptera: Scolytidae). *Bulletin of Entomological Research*. 90: 453-465.
- Darus, A. and Seman I. A. 1991. *Investigation on control of Ganoderma with Dazomet*. *Proc. International Palm Oil Conference*. Kuala Lumpur. Malaysia.
- Direktorat Jenderal Perkebunan (Ditjenbun). 2021. *Buku statistik kelapa sawit (Palm oil) 2020-2022*. Direktorat Jenderal Perkebunan Kementerian Pertanian, Jakarta.
- Fitriani, Suryantini, R., dan Wulandari, R.S. 2017. Pengendalian hayati patogen busuk akar (*Ganoderma* sp.) pada *Acacia Mangium* dengan *Trichoderma* spp. isolat lokal secara *in vitro*. *Jurnal Hutan Lestari*. 5(3): 571-570.

- George, S.T., Chung, G. F., and Zakaria, K. 1996. Updated Results (1990-1995) on trunk injection of fungicides for the control of *Ganoderma* basal stem rot. *Proc. PORIM International Palm Oil Congress*. Kuala Lumpur. Malaysia.
- Hashim, K. 1997. Usefulness of soil mounding treatments in prolonging productivity of prime-aged *Ganoderma* infected palms. *Planter*. 73(854): 239-244.
- Hyakumachi, M. and Kubota, M. 2004. *Fungal Biotechnology in Agriculture, Food, and Environmental Applications*. First edition. Dilip K. Arora. Boca Raton. 524 hlm.
- Idris, A.S. and Arifurrahman, R. 2008. Determination of 50% Effective Concentration (EC 50 C.-L. Ho, Y.-C. Tan/Phytochemistry xxx (2014) xxx-xxx 9) of Fungicides Against Pathogenic *Ganoderma*. *MPOB Inform. Ser.* 52: 449.
- Idris, A. S. dan Norman, K. 2016. Some latest R&D on *Ganoderma* diseases of oil palm in Malaysia. Paper presented at the Sixth IOPRI-MPOB International Seminar: Current Research and Management of Pests, *Ganoderma*, and Pollination in Oil Palm for Higher Productivity, Medan.
- Latifah, A., Kustantinah, dan Soesanto, L. 2011. Pemanfaatan beberapa isolat *Trichoderma harzianum* sebagai agensia pengendali hayati penyakit layu fusarium pada bawang merah *in planta*. *Eugenia*. 17(2): 86-94.
- Lehar, L. 2012. Pengujian pupuk organik agen hayati (*Trichoderma* sp.) terhadap pertumbuhan kentang (*Solanum tuberosum* L). *Jurnal Penelitian Pertanian Terapan*. 12(2): 115-124.
- Mahadatanapuk, S. M., Sanguansermisri, R.W., Cutler, V., Sardud and Anuntalabhochai, S. 2007. Control of anthracnose caused by *Colletotrichum musae* on *Curcuma alismatifolia* Gagnep. using antagonistic *Bacillus* spp. *Journal of Agricultural and Biological Sciences*. 2(2):54-61. (halaman 17, baris 7)
- Matruti, A. E., Kalay, A. M., dan Uruilal, C. 2018. Serangan *Perenosclerospora* spp. pada tanaman jagung di Desa Rumahtiga, Kecamatan Teluk Ambon Baguala Kota Ambon. *Agrologia*. 2(2): 109-115.
- Murali, M., Amruthes, K. N., Sudisha, J., Niranja, S. R., and Shetty, H. S. 2012. Screening for plant growth promoting fungi and their ability for growth promoting and induction of resistance in pearl millet against downy mildew disease. *Journal of Phytology*. 4(5): 30-36.
- Nasution, T. D. S., Supriadi, dan Damanik, M. M. B. 2016. Survei dan Pemetaan Status Hara K dan C-Organik Pada Lahan Kelapa Sawit yang Terserang *Ganoderma* di PT. PF PATI Kabupaten Aceh Tamiang. *Jurnal Agroteknologi*. 4(4): 2238-2244.
- Octriana, L. 2011. Potensi Agen Hayati dalam Menghambat Pertumbuhan *Phytium* sp. secara *in vitro*. *Bulletin Plasma Nutfah*. 17(2): 138-142.
- Pahan, I. 2008. *Paduan lengkap kelapa sawit*. Niaga Swadaya. Jakarta.

- Pahan, I. 2011. *Panduan lengkap kelapa sawit manajemen agribisnis dari hulu hingga hilir*. Penebar Swadaya. Jakarta.
- Pahan, I. 2012. Peran mikroba dalam pertanian organik. *Skripsi*. Universitas Padjajaran. Bandung.
- Payung, D. 2019. Tingkat serangan penyakit busuk pangkal batang (*Ganoderma boninense* Pat.) pada tanaman kelapa sawit. *Skripsi*. Politeknik Pertanian Pangkep. Pangkajenne Kepulauan.
- Pelczar, M. J. dan Chan. ECS. 1988. *Dasar-Dasar Mikrobiologi*. UI Press. Jakarta.
- PPKS (Pusat Penelitian Kelapa Sawit). 2008. *Budidaya tanaman kelapa sawit di Indonesia*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Pratamaningtyas, S. 2011. Isolasi, karakterisasi dan uji aktifitas mikroba pelarut fosfat dan pengikat nitrogen dari mol (mikroorganisme lokal) bonggol dan batang pisang (*Musa paradisiaca*). *Disertasi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Purwantisari, S., Priyatmojo, A., Sancayaningsih, R.P., dan Kasiamdari, R.S. 2015. *Aplikasi Jamur Antagonis Trichoderma viride Terhadap Pengurangan Intensitas Serangan Penyakit Hawar Daun Serta Hasil Tanaman Kentang*. Seminar Nasional Konservasi Dan Pemanfaatan Sumber Daya Alam.
- Purba A. 2020. Analisis Keragaman Genetik Isolat *Ganoderma boninense* dari Kelapa Sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) PT Socfin Indonesia dengan metode simple sequence repeats (SSR). *Tesis*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Raharjo, P., Supriyadi, A., dan Agustina, D. K. 2007. Pelarutan fosfat anorganik oleh kultur campur jamur pelarut fosfat secara *in vitro*. *Jurnal Sains & Matematika*. 15(2): 45-54.
- Rudi, R., Triadiawarman, D., dan Putra, E., 2013. Analisis kesuburan kimia tanah pada lahan kelapa sawit kelompok tani tunas behari. *Jurnal Pertanian Terpadu*. 2(1): 116-129.
- Samways, M. J. 1981. *Biological control of pest and weeds*. Edward Arnold. London.
- Santosa, E. 2001. *Mikroba pelarut fosfat*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor. 14 hlm.
- Sahebi M. Hanafi, M. M., Akmar, A. S. N., Rafii, M.Y., and Azizi, P. I. A. 2015. Serinerich protein is a novel positive regulator for silicon accumulation in mangrove. *National Library for Medicine*. 556(2): 170-181.
- Semangun, H. 2000. *Penyakit-penyakit tanaman perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Senewe, R. E., Pesireron, M., dan Sahetapy, B. 2023. Penyakit busuk pangkal batang (bpb) tanaman kelapa sawit oleh patogen *Ganoderma* spp. *Journal of top agriculture (top journal)*. 1(2): 76-85.

- Setyamidjaja, D. 2010. *Kelapa sawit: teknik budidaya, panen dan pengolahan*. Penerbit Kasius. Yogyakarta. 320 hlm. (halaman 5, baris 26)
- Sitohang, J. P., Putri, H. A., dan Handini, A. S. 2022. Uji antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap penyakit busuk pangkal batang (*Ganoderma* sp.) yang menyerang tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) secara *in vitro*. *Jurnal Citra Widya Edukasi*. 14(3): 229-238.
- Sneh, B., Yamoah, E., and Stewart, A. 2004. Hypovirulent *Rhizoctonia* spp. isolates from New Zealand soils protected radish seedlings against damping-off caused by *Rhizoctonia solani*. *New Zealand Plant Protection*. 57: 1-5.
- Soenartiningih., Djaenuddin, N., dan Saenong, M. S. 2014. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. sebagai agen biokontrol hayati penyakit busuk pelepah daun pada jagung.
- Sulistyo, D. H. B. 2010. *Budidaya kelapa sawit*. Medan: Kerjasama Balai Pustaka dan Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Susanti, Y. 2014. Eksplorasi agen antagonis disekitar perakaran tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kabupaten Rokan Hulu. *Jurnal Sungkai*. 2(1).
- Susanto, A., Sudharto, P., Tambajong, D. 2002. Hiperparasitisme beberapa agens biokontrol terhadap *G. boninense* penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit. *Jurnal Penelitian Kelapa Sawit*. 10(2): 63-68.
- Susanto, A. 2010. *Penyakit busuk pangkal batang Ganoderma boninense Pat*. Medan: Pusat Penelitian Kelapa Sawit.
- Susanto, A., Prasetyo, A. E., dan Wening, S. 2013. Laju infeksi *Ganoderma* pada empat kelas tekstur tanah. *Jurnal Fitopatol Indones*. 9(2): 39-46.
- Suwahyono, U. 2009. *Biopestisida*. PT. Niaga Swadaya. Jakarta.
- Syah, R. F., Rinata, A., Herlambang, H. I., dan Handayani, S. P. 2022. Exploration of fungus: potensi agensia hayati pengendali patogen *Ganoderma boninense* tanaman kelapa sawit. *In Prosiding Seminar Nasional Agribisnis*. 2(1): 180-183.
- Syahnen, D. D. N., Sirait, dan S. E. Br. Pinem. 2014. *Teknik uji mutu agens pengendali hayati (aph) di laboratorium. Laboratorium lapangan balai besar perbenihan dan proteksi tanaman perkebunan (BBPPTP)*. Medan. Hlm 6.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2006. Uji kemampuan jamur yang disolasi dari lahan pasir sebagai PGPF (*Plant Growth Promoting Fungi*). *Jurnal Agrosains*. 19(2): 179-192.
- Zafitra., Elfiana, Y., dan Ali, M. 2017. Uji antagonis jamur *Trichoderma*, *Verticillium*, dan *Tarulomyces* terhadap *Ganoderma boninense* Pat. secara *in vitro*. *JOM FAPERTA*. 4(1): 1-6.