

**UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI
DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum*
SECARA *IN VITRO* DAN *IN VIVO***

Skripsi

Oleh

**Nadia Salsabila
2214191029**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum* SECARA *IN VITRO* DAN *IN VIVO*

Oleh

Nadia Salsabila

Biofungisida berbahan aktif jamur agen hayati merupakan alternatif pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan sebagai pengganti fungisida sintetis. Biofungisida ini memanfaatkan jamur antagonis seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. yang mampu menghambat perkembangan patogen. Penelitian ini bertujuan untuk menguji viabilitas dan efektivitas jamur agen hayati dari produk biofungisida terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro* dan *in vivo*. Penelitian dilakukan dalam empat tahapan, yaitu: (1) karakterisasi morfologi jamur agen hayati yang terkandung pada produk biofungisida di media PDA, (2) uji viabilitas jamur agen hayati pada produk biofungisida, (3) uji efektivitas jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro*, dan (4) uji efektivitas jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap *F. oxysporum* secara *in vivo*. Perlakuan dalam penelitian ini disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL), dengan tiga ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kedua jamur agen hayati memiliki viabilitas yang hampir mencapai 100%. *Trichoderma* sp. memiliki kerapatan spora sebesar $4,08 \times 10^8$ spora/mL dengan persentase perkecambahan 85,46%, sedangkan *Gliocladium* sp. sebesar $5,34 \times 10^8$ spora/mL dengan persentase perkecambahan 92,57%. Pada uji *in vitro*, metode *dual culture* *Gliocladium* sp. menunjukkan daya hambat lebih tinggi 35,16% terhadap *F. oxysporum* dibandingkan *Trichoderma* sp. 21,50%. Pada metode *double dish system* *Gliocladium* sp. menunjukkan daya hambat yang lebih tinggi 50,83% dibandingkan *Trichoderma* sp. 48,70% dalam menghambat *F. oxysporum*. Namun, pada pengujian *in vivo* tampak bahwa kedua biofungisida tidak berpengaruh nyata terhadap keterjadian dan keparahan penyakit.

Kata kunci: antagonis, biofungisida, *F. oxysporum*, *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., viabilitas

ABSTRACT

Judul: VIABILITY TEST AND ANTAGONISTIC ACTIVITY OF BIOCONTROL FUNGI FROM BIOFUNGICIDE PRODUCTS AGAINST *Fusarium oxysporum* IN VITRO AND IN VIVO

By

Nadia Salsabila

Biofungicides containing biocontrol fungi are environmentally friendly alternatives to synthetic fungicides for managing plant diseases. These biofungicides utilize antagonistic fungi, such as *Trichoderma* sp. and *Gliocladium* sp., to suppress the growth of plant pathogens. This study aimed to evaluate the viability and antagonistic activity of biocontrol fungi from commercial biofungicide products against *Fusarium oxysporum* under in vitro and in vivo conditions. The study consisted of four stages: (1) morphological characterization of biocontrol fungi on Potato Dextrose Agar (PDA), (2) viability testing, (3) evaluation of antagonistic activity against *F. oxysporum* in vitro, and (4) evaluation of effectiveness against *F.*

oxysporum in vivo. The experiment was arranged in a Completely Randomized Design (CRD) with three replications. Both biocontrol fungi exhibited viability close to 100%. *Trichoderma* sp. had a spore density of $4,08 \times 10^8$ spores mL with 85,46% germination, whereas *Gliocladium* sp. had a spore density of 5.34×10^8 spores mL with 92,57% germination. In the in vitro assay, *Gliocladium* sp. exhibited a higher inhibition rate against *F. oxysporum* than *Trichoderma* sp. in the dual culture method, with inhibition percentages of 35,16% and 21,50%, respectively. Similarly, in the double dish system method, *Gliocladium* sp. showed a slightly higher inhibition rate 50,83% than *Trichoderma* sp. 48,70% in suppressing the growth of *F. oxysporum*. However, under in vivo conditions, neither biofungicide significantly affected disease incidence or disease severity.

Keywords: antagonism, biofungicide, *Fusarium oxysporum*, *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., viability.

**UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI
DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum*
SECARA *IN VITRO* DAN *IN VIVO***

Oleh

Nadia Salsabila

SKRIPSI

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

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul skripsi

**: UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS
ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI DARI
PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP
Fusarium oxysporum SECARA *IN VITRO* DAN
*IN VIVO***

Nama Mahasiswa

: Nadia Salsabila

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2214191029

Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



MENYETUJUI
1. Komisi pembimbing

Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.
NIP.196201071986032001

Dr. Ivayani, S.P., M.Si.
NIP. 198812292015042001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

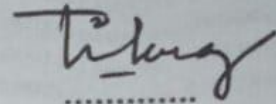
Dr. Tri Maryono, S.E. M.Si.
NIP.198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

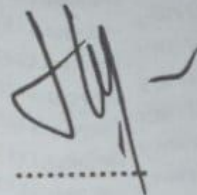
Ketua

: Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.



Sekretaris Penguji

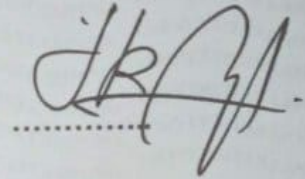
: Dr. Ivayani, S.P., M.Si.



Penguji

Bukan Pembimbing

: Dr. Tri Maryono, S.P. M.Si.



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP.196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 22 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum* SECARA IN VITRO DAN IN VIVO**” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 6 Juli 2026
Penulis



Nadia Salsabila
NPM. 2214191029

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Desa Tegal Kunir Kidul, Kecamatan Mauk, Kabupaten Tangerang pada 15 Januari 2004 dan merupakan anak pertama dari orang tua penulis. Penulis telah menyelesaikan Pendidikan TK Al – Idrus pada tahun 2010, Sekolah Dasar (SD) di SDN Karolina pada tahun 2016, Sekolah Menengah Pertama (SMP) di SMPN 1 Mauk pada tahun 2019, Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) di SMKN 2 Kabupaten Tangerang pada tahun 2022. Pada tahun 2022 penulis masuk Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur SNMPTN.

Selama kuliah penulis aktif berorganisasi di tingkat fakultas. Penulis mengikuti organisasi FOSI FP (Forum Studi Islam Fakultas Pertanian) sebagai anggota bidang hubungan masyarakat dan HIMAPROTEKTA (Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman) sebagai anggota bidang kewirausahaan. Penulis juga menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Dasar – Dasar Perlindungan Tanaman AGR C (2024), Karantina Tumbuhan PTN A (2025), Dasar – Dasar Perlindungan Tanaman AGR B (2025), Pengendalian Terpadu HPT PTN B (2025), Teknik Pemantauan HPT PTN B (2025). Penulis telah melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sendang Asri, Kecamatan Sendang Agung, Kabupaten Lampung Tengah dan melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Penerapan Modernisasi Pertanian (BRMP) Banten.

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT yang telah memberikan kesehatan, kekuatan dan kesempatan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul “ **UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum* SECARA *IN VITRO* DAN *IN VIVO***”

Dengan penuh rasa syukur ini penulis persembahkan sebagai ungkapan terima kasih untuk:

1. Kedua orang tua tercinta, yaitu Bapak Syahroni dan (almh) Ibu Tuti Suharti yang sangat penulis sayangi dan banggakan karena tidak hentinya melangitkan doa serta memberikan dukungan dalam memperjuangkan masa depan dan kebahagiaan penulis. Terima kasih atas cinta dan doa, penulis persembahkan karya tulis sederhana dan gelar ini untuk bapak dan ibu penulis,
2. Kepada kakek dan nenek tercinta, Bapak Masni dan Ibu Icem yang sangat penulis sayangi karena selalu senantiasa memberikan doa, kasih sayang, serta dukungan tanpa henti dalam setiap langkah hidup penulis. Terima kasih atas segala pengorbanan, nasihat dan ketulusan yang telah menjadi kekuatan bagi penulis untuk terus berjuang dan menyelesaikan pendidikan ini,
3. Kepada kedua adik penulis Haikal Faturrahman dan Alya Nursabrina. Terima kasih atas doa, perhatian, dan kebersamaan yang selalu menguatkan penulis dalam menghadapi setiap proses hingga akhirnya skripsi ini dapat terselesaikan, dan
4. Almamater Universitas Lampung tempat penulis menyelesaikan pendidikan.

MOTTO

“Barang siapa bertawakal kepada Allah, niscaya Allah akan mencukupkan
(keperluannya).”
(QS. At – Talaq:3)

“Janganlah kamu berputus asa dari rahmat Allah”
(QS. Az – Zumar: 53)

“Boleh jadi kamu tidak menyenangi sesuatu, padahal itu baik bagimu. Dan boleh
jadi kamu menyenangi sesuatu, padahal itu tidak baik bagimu”
(QS. Al – Baqarah: 216)

“Allah memberi dunia kepada siapa saja, yang Dia cintai maupun tidak. Tapi iman
dan kedekatan, itu tidak diberikan sembarangan”
(ChatGPT)

“Tentang kehilangan, rasa takut dan harapan, aku selalu memilih untuk tetap
melangkah”
(Nadia Salsabila)

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT yang telah memberi rahmat, hidayat, dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul “ **UJI VIABILITAS DAN AKTIVITAS ANTAGONIS JAMUR AGEN HAYATI DARI PRODUK BIOFUNGISIDA TERHADAP *Fusarium oxysporum* SECARA *IN VITRO* DAN *IN VIVO***”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk meraih gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penulis menyadari bahwa skripsi yang telah disusun ini jauh dari kata sempurna. Proses penelitian dan penulisan skripsi ini mungkin tidak akan selesai tanpa bantuan dan arahan dari dosen pembimbing, rekan-rekan, dan juga semua pihak yang terlibat. Maka dari itu, perkenankanlah penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memberikan fasilitas kuliah dan fasilitas penelitian,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembahas skripsi yang selalu sabar memberi motivasi, kritik, dan saran dalam penulisan maupun isi skripsi,
3. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc. selaku Dosen Pembimbing Pertama Skripsi yang selalu sabar memberi arahan, nasihat, motivasi dan masukan hingga penulisan skripsi ini selesai,
4. Dr. Ivayani, S.P., M.Si selaku Dosen Pembimbing Kedua yang selalu memberikan motivasi, perhatian, serta saran dalam penulisan skripsi,
5. Prof. Dr. Ir. Hasriadi Mat Akin, M.P., IPU selaku Dosen Pembimbing Akademik yang selalu membimbing dan memberi masukan kepada penulis,

6. Ibu Widyaningrum Alita Sari, S.P. (Bu Uum) yang telah memberikan arahan, nasihat, motivasi dan doa selama kegiatan penelitian berlangsung,
7. Orang tua tercinta appa, ammah, bapak dan emak yang selalu memberikan doa, dukungan, cinta dan kasih sayang kepada penulis. Penulis menyadari bahwa tanpa bimbingan, nasihat, dan ketulusan cinta dari orang tua, perjalanan ini tidak akan dapat dilalui dengan baik,
8. Bi Ebah, om Dirman, Bi Sri, om Romli, om Idris, om Oji, bi Dede dan adik yang penulis sayangi, terima kasih atas segala doa, dukungan, perhatian dan kasih sayang yang telah diberikan kepada penulis selama ini,
9. Sahabat tercinta Leni Marlina, Dewi Anggraeni, Rita Desri Sawaliah terima kasih atas kebersamaan, dukungan, doa dan semangat yang selalu kalian berikan dalam setiap proses yang penulis jalani,
10. Devika, Anggun, Desma, Firdinta, Dina, Tika, Yohana, Mba Fitri, Bening dan teman – teman penelitian yang selalu memberikan dukungan selama masa perkuliahan hingga terselesaikannya karya ini,

Dengan segenap ketulusan hati, penulis hanya mampu mengucapkan terima kasih kepada seluruh pihak di atas dan semoga diberikan balasan agar mereka senantiasa mendapat imbalan yang berlipat ganda oleh Allah SWT di kemudian hari. Kiranya karya tulis ini dapat menjadi sumber inspirasi dan membawa kebaikan kepada siapapun yang membacanya.

Bandar Lampung, 6 Juli 2026
Penulis

Nadia Salsabila
2214191029

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR	xv
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 Biofungisida	5
2.2 <i>Trichoderma</i> sp.	6
2.3 <i>Gliocladium</i> sp.	7
2.4 <i>Fusarium oxysporum</i>	9
III. METODE PENELITIAN	11
3.1 Tempat dan Waktu	11
3.2 Alat dan Bahan	11
3.3 Rancangan Percobaan	11
3.4 Persiapan Penelitian	12
3.4.1 Pembuatan Media	12
3.4.2 Persiapan Isolat Jamur <i>F. oxysporum</i>	13
3.4.3 Jamur Agen Hayati Pada Produk Biofungisida	13
3.5 Pelaksanaan Penelitian	14
3.5.1 Karakterisasi Morfologi Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida	14
3.5.2 Uji Viabilitas Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida	14
3.5.2.1 Kerapatan Spora	14

3.5.2.2 Perkecambahan Spora.....	15
3.5.3 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida terhadap Jamur <i>F. oxysporum</i> secara <i>in vitro</i>	16
3.5.3.1 Metode <i>Dual Culture</i>	16
3.5.3.2 Metode <i>Double Dish System</i>	17
3.5.4 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida terhadap Jamur <i>F. oxysporum</i> secara <i>in vivo</i>	18
3.6 Analisis Data	20
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil	21
4.1.1 Karakterisasi Morfologi Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida.....	21
4.1.2 Uji Viabilitas Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida	22
4.1.2.1 Kerapatan Spora (Sporulasi).....	22
4.1.2.2 Perkecambahan Spora.....	23
4.1.3 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati Pada Produk Biofungisida Terhadap <i>F. oxysporum</i> Secara <i>in vitro</i>	23
4.1.3.1 Uji Antagonis Dengan Metode <i>Dual Culture</i>	23
4.1.3.2 Uji Antagonis Dengan Metode <i>Double Dish System</i>	25
4.1.4 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati Pada Produk Biofungisida Terhadap <i>F. oxysporum</i> Secara <i>in vivo</i>	27
4.2 Pembahasan.....	29
V. SIMPULAN DAN SARAN	33
5.1 Simpulan	33
5.2 Saran	33
DAFTAR PUSTAKA	35
LAMPIRAN	41

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Produk biofungisida yang diuji	13
2. Sporulasi jamur agen hayati biofungisida	22
3. Persentase perkecambahan spora jamur <i>Trichoderma</i> sp. dan <i>Gliocladium</i> sp. hasil isolasi produk biofungisida	23
4. Uji antagonisme jamur agen hayati dari jamur agen hayati produk biofungisida terhadap <i>F. oxysporum</i>	24
5. Uji senyawa volatil jamur agen hayati biofungisida terhadap <i>F. oxysporum</i>	25
6. Pengaruh aplikasi produk biofungisida A dan Biofungisida B terhadap keterjadian penyakit pada daun vanili	27
7. Pengaruh aplikasi produk biofungisida A dan biofungisida B terhadap keparahan penyakit pada daun vanili	28
8. Hasil sporulasi jamur agen hayati pada produk biofungisida	42
9. Persentase perkecambahan jamur agen hayati pada produk biofungisida	42
10. Hasil uji antagonisme jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap <i>F. oxysporum</i>	43
11. Hasil uji senyawa volatil jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap <i>F. oxysporum</i>	43
12. Persentase keterjadian penyakit pada daun vanili	44
13. Persentase keparahan penyakit pada daun vanili	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Morfologi jamur <i>Trichoderma</i> sp.: (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA, dan (b) mikroskopis struktur jamur (perbesaran 400x). Keterangan: 1. konidiofor, 2. cabang konidiofor, 3. fialid, dan 4. konidia (Suanda, 2016).....	6
2. Morfologi jamur <i>Gliocladium</i> sp.: (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA, dan (b) mikroskopis struktur jamur (perbesaran 400x). Keterangan 1. hifa, 2. konidiofor, dan 3. konidia (Pijoh <i>et al.</i> , 2025)....	8
3. Morfologi <i>F. oxysporum</i> : (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA, dan (b) mikroskopis makro konidia <i>F. oxysporum</i> (perbesaran 1000x) (Sumerell, 2019).....	10
4. Penghitungan spora menggunakan <i>haemocytometer</i>	15
5. <i>Layout</i> titik pengujian viabilitas jamur antagonis.	15
6. Uji antagonisme jamur agen hayati (JA) terhadap jamur patogen <i>F.oxysporum</i> (JP) dengan metode <i>dual culture</i>	17
7. Uji antagonis dengan metode <i>double dish system</i>	18
8. Morfologi <i>Trichoderma</i> sp. hasil isolasi biofungisida A: (a) Koloni jamur <i>Trichoderma</i> sp. pada media PDA umur 7 hari, dan (b) Struktur mikroskopis (perbesaran 400x): (1) fialid, dan (2) konidia.....	21
9. Morfologi <i>Gliocladium</i> sp hasil isolasi biofungisida B: (a) Koloni jamur <i>Gliocladium</i> sp. pada media PDA umur 7 hari, dan (b) Struktur mikroskopis (perbesaran 400x): (1). fialid, dan (2). konidia.....	22
10. Uji antagonisme <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>F. oxysporum</i> : (a) 3 hsi, (b) 5 hsi, dan (c) 7 hsi. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi), kiri: <i>F.oxysporum</i> , dan kanan: <i>Trichoderma</i> sp.	24
11. Uji antagonisme <i>Gliocladium</i> sp. terhadap <i>F. oxysporum</i> : (a) 3 hsi, (b) 5 hsi, dan (c) 7 hsi. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi), kiri <i>F.oxysporum</i> , dan kanan: <i>Gliocladium</i> sp.	24

12. Uji efektivitas senyawa volatil <i>Trichoderma</i> sp. terhadap <i>F. oxysporum</i> : (a) 3 hsi, (b) 5 hsi, (c) 7 hsi, dan (d) kontrol. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi).	26
13. Uji efektivitas senyawa volatil <i>Gliocladium</i> sp. terhadap <i>F. oxysporum</i> : (a) 3 hsi, (b) 5 hsi, (c) 7 hsi, dan (d) kontrol. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi).....	26
14. Uji <i>in vivo</i> pada daun vanili: (a) kontrol 3 hsi, (b) kontrol 5 hsi, dan (c) kontrol 7 hsi. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi)	28
15. Uji <i>in vivo</i> pada daun vanili: (a) <i>Trichoderma</i> sp. 3 hsi, (b) <i>Trichoderma</i> sp. 5 hsi, dan (c) <i>Trichoderma</i> . sp. 7 hsi. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi).....	28
16. Uji <i>in vivo</i> pada daun vanili: (a) <i>Gliocladium</i> sp. 3 hsi, (b) <i>Gliocladium</i> sp. 5 hsi, dan (c) <i>Gliocladium</i> 7 hsi. Keterangan: hsi (hari setelah inkubasi).....	28
17. Kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. ulangan 1.....	45
18. Kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. ulangan 2.....	45
19. Kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. ulangan 3.....	45
20. Kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. ulangan 4.....	46
21. Kerapatan spora <i>Trichoderma</i> sp. ulangan 5.....	46
22. Kerapatan spora <i>Gliocladium</i> sp. ulangan 1.	46
23. Kerapatan spora <i>Gliocladium</i> sp. ulangan 2.	47
24. Kerapatan spora <i>Gliocladium</i> sp. ulangan 3.	47
25. Kerapatan spora <i>Gliocladium</i> sp. ulangan 4.	47
26. Kerapatan spora <i>Gliocladium</i> sp. ulangan 5.	48
27. Perkecambahan spora <i>Trichoderma</i> sp. 6 jam setelah inkubasi.....	48
28. Perkecambahan spora <i>Trichoderma</i> sp. 8 jam setelah inkubasi.....	48
29. Perkecambahan spora <i>Trichoderma</i> sp. 10 jam setelah inkubasi.....	49
30. Perkecambahan spora <i>Trichoderma</i> sp. 12 jam setelah inkubasi.....	49
31. Perkecambahan spora <i>Gliocladium</i> sp. 6 jam setelah inkubasi.....	49
32. Perkecambahan spora <i>Gliocladium</i> sp. 8 jam setelah inkubasi.....	50
33. Perkecambahan spora <i>Gliocladium</i> sp. 10 jam setelah inkubasi.....	50
34. Perkecambahan spora <i>Gliocladium</i> sp. 12 jam setelah inkubasi.....	50

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Penggunaan biofungisida yang berbasis jamur agen hayati menjadi komponen penting dalam pertanian berkelanjutan yang ramah lingkungan. Pemanfaatan produk ini semakin diminati karena memiliki tingkat toksisitas yang rendah dan biaya produksi yang relatif efisien. Selain itu, produk ini mampu menghambat infeksi melalui mekanisme kerja yang spesifik tanpa merusak keseimbangan ekosistem (Ayilara *et al.*, 2023; Fenta and Mekonnen, 2024). Di pasar komersial, berbagai produk biofungisida umumnya mengandalkan jamur antagonis seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. sebagai bahan aktif karena kapasitasnya yang tinggi dalam mengendalikan berbagai jenis penyakit tanaman (Guzmán-Guzmán *et al.*, 2023).

Keberhasilan penggunaan biofungisida di lapangan sangat bergantung pada kualitas produk, khususnya viabilitas atau daya hidup propagul agen hayati yang terkandung di dalamnya. Pengujian viabilitas mikroba menjadi tahapan penting untuk memastikan bahwa jamur antagonis dalam produk komersial tetap aktif dan memiliki populasi sesuai standar saat diterima oleh petani (Naufal and Purwantisari, 2020). Tanpa viabilitas yang optimal, agens hayati tidak mampu berkolonisasi maupun menjalankan mekanisme antagonisme seperti mikoparasitisme, antibiosis dan kompetisi terhadap patogen sasaran (Kusdiana *et al.*, 2015). Salah satu tantangan besar bagi efektivitas biofungisida adalah kemampuannya dalam menekan patogen tular tanah yang sangat destruktif.

Fusarium oxysporum merupakan jamur patogen tular tanah yang memiliki kemampuan bertahan hidup dalam waktu lama. Klamidospora yang dihasilkan oleh *F. oxysporum* mampu bertahan di dalam tanah meskipun tanpa adanya

tanaman inang (Rahayu *et al.*, 2020). Patogen ini menjadi ancaman serius karena menyebabkan penyakit layu pembuluh pada lebih dari 100 spesies tanaman dan menduduki peringkat kelima dalam daftar patogen tanaman paling merugikan di dunia (Husaini *et al.*, 2018). Menurut Pinaria *et al.* (2020), tantangan utama dalam budidaya tanaman vanili adalah serangan *F. oxysporum* yang dapat menyebabkan kegagalan panen hingga 80%.

Penggunaan fungisida sintetik masih umum dilakukan untuk mengendalikan patogen ini. Namun, aplikasi fungisida secara terus-menerus dapat memicu terjadinya resistensi pada patogen sehingga efektivitas pengendalian menjadi menurun (Lucas *et al.*, 2015). Kondisi ini semakin memperkuat pentingnya penggunaan biofungisida dalam pengendalian penyakit tanaman. Biofungisida menjadi alternatif yang lebih aman dan ramah lingkungan (Abd-Elsalam and Alghuthaymi, 2023).

Mengingat pentingnya peran agens hayati dalam menekan patogen berbahaya seperti *F. oxysporum*, maka diperlukan pengujian yang komprehensif terhadap produk-produk biofungisida komersial yang beredar di pasaran. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi kualitas produk melalui uji viabilitas serta menilai efektivitas jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* melalui pengujian *in vitro* dan *in vivo*. Hal ini penting untuk memastikan bahwa produk yang digunakan petani benar-benar efektif dalam melindungi tanaman.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Menguji viabilitas jamur agens hayati yang terkandung dalam produk biofungisida komersial yang beredar di pasaran,
2. Menganalisis aktivitas antagonis jamur agens hayati dari produk biofungisida dalam menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* secara *in vitro*, dan
3. Mengevaluasi aktivitas antagonis jamur agens hayati dari produk biofungisida dalam menekan perkembangan jamur *F. oxysporum* secara *in vivo*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Biofungisida merupakan produk pengendalian hayati yang memanfaatkan agen antagonis untuk menekan perkembangan patogen tanaman. Dalam formulasi biofungisida, mikroorganisme tersebut dikombinasikan dengan bahan pembawa tertentu yang berfungsi untuk menjaga viabilitas dan stabilitas jamur selama penyimpanan (Elfina *et al.*, 2018). Biofungisida dapat bekerja melalui berbagai mekanisme biologis, seperti kompetisi ruangan dan nutrisi antibiosis, serta parasitisme terhadap patogen (Herlina, 2009). Agar biofungisida efektif digunakan di lapangan, jamur sebagai bahan aktif harus memiliki kemampuan antagonisme yang tinggi terhadap patogen target. Serta diformulasikan dengan bahan pembawa yang tepat sehingga viabilitasnya tetap terjaga.

Keberhasilan formulasi biofungisida sangat dipengaruhi oleh komposisi media perbanyakan yang digunakan. Kandungan nutrisi di dalamnya berperan penting dalam menentukan viabilitas dan dinamika populasi agen hayati sebelum diformulasikan. Selain komposisi media, faktor lain seperti kadar air serta lama penyimpanan juga mempengaruhi viabilitas dan stabilitas jamur agen hayati. Formulasi tepung dengan media pembawa dan bahan aditif yang ditambahkan mampu menyediakan suplai nutrisi yang optimal sehingga populasi agen hayati terjaga (Widodo and Wiyono, 2012).

Trichoderma merupakan mikroorganisme yang banyak digunakan sebagai agen pengendali hayati. Jamur ini memiliki kemampuan antagonis yang kuat terhadap berbagai patogen tanaman, seperti busuk daun pada padi dan jagung, serta penyakit layu pada pisang dan terong, tetapi juga mampu menekan berbagai patogen tanah lainnya. Menurut Otadoh *et al.* (2011), *Trichoderma* sp. secara signifikan mampu menghambat pertumbuhan miselium patogen. Aktivitas antagonisme tersebut dapat diamati melalui pembentukan zona penghambatan di sekitar koloni *Trichoderma* spp. Jamur ini bekerja melalui mekanisme antagonisme yang meliputi parasitisme, kompetisi, dan produksi metabolit bioaktif yang menghambat pertumbuhan patogen.

Jamur dari genus *Gliocladium* sp. diketahui juga memiliki potensi sebagai agen pengendali hayati. Jamur ini dilaporkan memiliki berbagai aktivitas biologis seperti sifat anti jamur, anti bakteri serta anti nematoda, serta menunjukkan efek toksik terhadap beberapa serangga (Castillo *et al.*, 2016). Selain itu, *Gliocladium* sp. juga diketahui dapat memodifikasi komposisi dan struktur mikrobioma tanah sehingga menciptakan kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan bagi perkembangan patogen (Karadzhova and Georgieva, 2023).

Jamur *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. dilaporkan efektif menekan perkembangan patogen. Kedua jamur tersebut juga diketahui mampu mengendalikan penyebab busuk batang, khususnya *F. oxysporum* f.sp. *vanillae*. Mekanisme antagonisme kompetisi ruang dan nutrisi, produksi enzim lisis, serta sintesis senyawa antimikroba yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Pardede *et al.*, 2022).

Produk biofungisida yang mengandung mikroorganisme antagonis seperti *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. banyak digunakan dalam pengendalian penyakit tanaman. Keberhasilan produk biofungisida dalam menghambat patogen sangat bergantung pada viabilitas mikroorganisme yang terkandung didalamnya. Penurunan viabilitas jamur agen hayati selama masa penyimpanan dapat menyebabkan berkurangnya kemampuan jamur agen hayati dalam menekan patogen. Oleh karena itu, uji viabilitas jamur agen hayati dalam biofungisida perlu dilakukan untuk memastikan jamur agen hayati masih hidup dan mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian adalah sebagai berikut:

1. Jamur agen hayati yang terkandung dalam produk biofungisida memiliki viabilitas yang masih baik dan mampu tumbuh pada media pengujian,
2. Jamur agen hayati dari produk biofungisida mampu menghambat pertumbuhan jamur *F. oxysporum* secara *in vitro*, dan
3. Jamur agen hayati dari produk biofungisida mampu menekan intensitas penyakit yang disebabkan oleh jamur *F. oxysporum* secara *in vivo*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Biofungisida

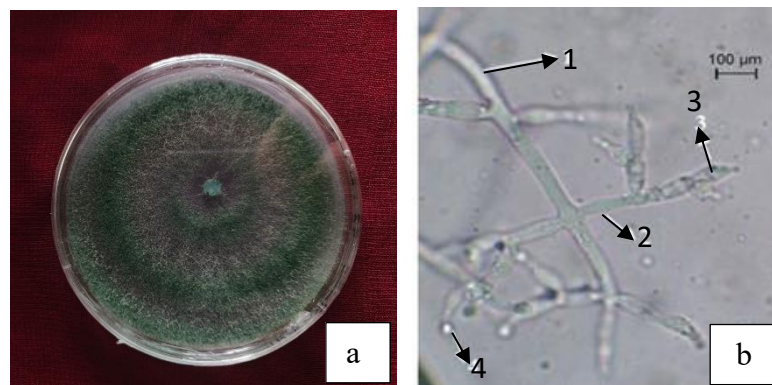
Biofungisida adalah pestisida hayati yang memanfaatkan mikroorganisme seperti jamur, bakteri atau senyawa alami hasil metabolitnya untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen (Kusdiana *et al.*, 2015). Mekanisme agen pengendalian hayati yang memanfaatkan jamur antagonis umumnya meliputi antibiosis langsung, kompetisi terhadap ruang dan sumber nutrisi, induksi resistensi pada tanaman inang, serta hiperparasitisme terhadap patogen (Dewantari and Rahayu, 2021). Agen pengendali hayati umumnya memanfaatkan beberapa mekanisme secara bersamaan untuk meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit tanaman. Oleh karena itu, biofungisida memiliki potensi yang kompleks dan efektif dalam pengendalian penyakit tanaman melalui berbagai mekanisme kerja yang saling mendukung.

Menurut Cenobio-Galindo *et al.* (2024), biofungisida yang memanfaatkan jamur antagonis bekerja dengan merusak DNA, menghambat sintesis protein, serta merusak struktur hifa dan miselium jamur patogen. Selain itu, biofungisida yang mengandung jamur agen hayati juga mampu menekan produksi mikotoksin oleh jamur patogen sehingga efektivitas pengendalian penyakit dapat meningkat.

Dengan keberagaman mekanisme kerja biofungisida menunjukkan kemampuannya dalam mengendalikan patogen secara efektif sekaligus mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Saat ini banyak jenis biofungisida yang sudah beredar dipasara, dengan kandungan bahan aktif yang beragam. Dua diantaranya adalah jamur *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp.

2.2 *Trichoderma* sp.

Trichoderma termasuk dalam kelompok jamur mesofilik. Jamur ini memiliki distribusi luas dan kemampuan kolonisasi tinggi sehingga dapat ditemukan di berbagai habitat tanah. Jamur *Trichoderma* sp. memiliki pertumbuhan cepat dengan koloni berwarna hijau hingga hijau tua, tekstur padat, serta konidiofor bercabang dengan fialid berbentuk botol dan konidia berbentuk bulat hingga oval (Gambar 1). Jamur *Trichoderma* merupakan jamur yang banyak ditemukan di berbagai tanah rizosfer, dengan kemampuannya sebagai parasit terhadap berbagai jamur lain (mikoparasitisme) (Contreras-Cornejo *et al.*, 2016).



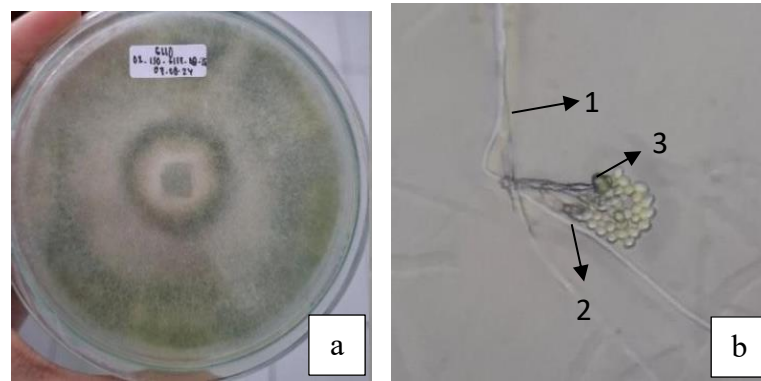
Gambar 1. Morfologi jamur *Trichoderma* sp.: (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA dan (b) mikroskopis struktur jamur (perbesaran 400x). Keterangan 1. konidiofor, 2. cabang konidiofor, 3. fialid, dan 4. Konidia (Sumber: Suanda, 2016).

Trichoderma sp. menunjukkan berbagai aktivitas dalam mengendalikan patogen, termasuk kompetisi untuk sumber daya nutrisi, mikoparasitisme, produksi senyawa antibiosis, serta inaktivasi enzim yang dihasilkan oleh patogen (Solis-Palacios *et al.*, 2021). Hal ini menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* memiliki kemampuan untuk merusak struktur dinding sel patogen, yang menyebabkan pelepasan oligomer. Oligomer yang dihasilkan ini memainkan peran penting dalam proses penghambatan fitopatogen. Proses ini merupakan salah satu mekanisme utama yang digunakan oleh *Trichoderma* untuk mengendalikan patogen tanaman. Dengan merusak dinding sel patogen, *Trichoderma* dapat mengurangi kemampuan patogen untuk berinteraksi dengan tanaman inang, sehingga mengurangi risiko infeksi (Chaudhary *et al.*, 2020).

Biofungisida yang berbahan aktif *Trichoderma* sp. sudah banyak diteliti dan dijual di pasaran sehingga dapat digunakan oleh petani. Biofungisida jenis ini antara lain dilaporkan dapat mengendalikan penyakit *Phytophthora infestans* pada tanaman kentang (Abadi *et al.*, 2024). Kusdiana *et al.* (2015) melaporkan bahwa biofungisida yang berbahan aktif jamur *Trichoderma* sp. mampu menekan perkembangan *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. Kemampuan tersebut menunjukkan potensi *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit tanaman. Selain itu, jamur *Trichoderma* sp. juga mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. secara efektif, terutama pada jarak inokulum 1 cm. Semakin dekat jarak antar inokulum, semakin tinggi daya antagonisnya, sedangkan jarak yang lebih jauh menyebabkan kemampuan penghambatan menurun. (Doo *et al.*, 2023).

2.3 *Gliocladium* sp.

Gliocladium merupakan jamur saprofit tanah yang berfungsi sebagai agen hayati dengan mekanisme antagonis yang kompleks. Jamur dari genus *Gliocladium* menunjukkan spektrum aktivitas biologis yang luas, termasuk efek antijamur, antibakteri, antinematoda, serta efek negatif terhadap serangga. Jamur ini kompatibel dalam mengendalikan patogen seperti *F. oxysporum* melalui beberapa mekanisme, termasuk hiperparasitisme, antibiosis, dan kompetisi nutrisi. *Gliocladium* sp. memiliki koloni berwarna hijau tua dengan tekstur menyerupai kapas, konidiofor bercabang, fialid berbentuk panjang dan ramping, serta konidia berbentuk bulat berwarna hialin (Gambar 2) (Hadiwiyono *et al.*, 2022).



Gambar 2. Morfologi *Gliocladium* sp.: (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA dan (b) mikroskopis struktur jamur (perbesaran 400x).
Keterangan 1. hifa, 2. konidiofor, dan 3. konidia
(Sumber: Pijoh *et al.*, 2025).

Gliocladium memiliki kemampuan untuk tumbuh di sekitar patogen dan mengeluarkan enzim yang dapat merusak kitin pada dinding sel patogen. Selain itu, *Gliocladium* juga mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder, termasuk *gliotoksin* dan senyawa lain yang bersifat *fungitoksik* (Suryaminarsih *et al.*, 2015). Aktivitas antibiotik jamur ini terutama dipengaruhi oleh *gliotoksin*. *Gliotoksin* merupakan suatu senyawa yang dihasilkan melalui jalur biosintesis yang dikendalikan oleh genom sintetase peptida non-ribosomal (Rozhkova and Biliavska, 2022). Dengan demikian *Gliocladium* sp. berpotensi sebagai agen pengendali hayati yang efektif melalui kombinasi mekanisme enzimatik dan produksi senyawa antifungi.

Biofungisida berbahan aktif *Gliocladium* sp. memiliki keefektifan dalam menghambat penyakit tanaman. Muliani *et al.* (2023) melaporkan bahwa *Gliocladium* sp. mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* pada tanaman cabai. Selain itu, biofungisida berbahan aktif *Gliocladium* sp. ini mampu mengendalikan penyakit *Fusarium* sp. pada tanaman cabai merah keriting. Pemberian dosis yang tepat meningkatkan kemampuan *Gliocladium* sp. untuk berkolonisasi dan bersaing dengan patogen di lingkungan tumbuh tanaman (Yupendi *et al.*, 2024).

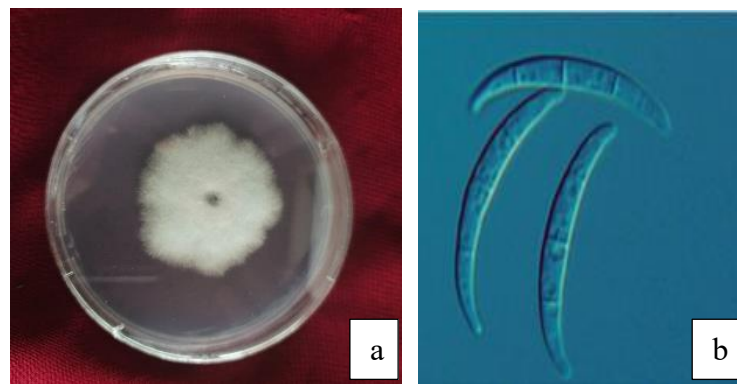
2.4 *Fusarium oxysporum*

Jamur *Fusarium oxysporum* merupakan jamur patogen yang berfilamen dan dapat menyebabkan berbagai penyakit pada tanaman termasuk busuk akar, layu, dan nekrosis pada tomat, cabai, pisang dan kacang – kacang (Zuriegat *et al.*, 2021). Selain itu, *F. oxysporum* juga banyak ditemukan pada tanaman vanili dan menjadi salah satu kendala utama dalam budidayanya. Patogen ini menyebabkan penyakit layu *Fusarium* yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman, menurunkan produktivitas, hingga menyebabkan kegagalan panen. Infeksi umumnya terjadi melalui akar dan berkembang pada jaringan pembuluh tanaman sehingga menghambat penyerapan air dan unsur hara (Pinaria *et al.*, 2020).

Spora yang dihasilkan oleh *F. oxysporum* terdiri dari makrokonidia, mikrokonidia, dan klamidospora. Masing-masing mengandung nuklei yang berasal dari pembelahan mitosis hifa tempat spora tersebut diproduksi (Gordon, 2025). Proses infeksi dimulai dengan aktivitas jamur untuk menembus jaringan tanaman, baik secara langsung pada jaringan utuh atau melalui luka baik luka alami ataupun luka yang lai. Hal ini menunjukkan bahwa keberhasilan infeksi *F. oxysporum* sangat dipengaruhi oleh kemampuan adaptasi struktural dan fisiologisnya dalam menembus serta mengkolonisasi jaringan inang. Menurut Joshi (2018) mekanisme penetrasi *F. oxysporum* ditandai dengan pembentukan hifa khusus seperti *appresorium*. *Appresorium* merupakan struktur bantalan hifa yang menghasilkan tekanan turgor tinggi untuk menembus kutikula dan epidermis akar secara mekanis.

Jamur *F. oxysporum* merupakan jamur patogen tular tanah yang tersebar luas dan dapat ditemukan pada berbagai jenis tanah (Edel-Hermann and Lecomte, 2019). Kompleks spesies *F. oxysporum* (FOSC) menunjukkan spesialisasi inang yang tinggi, yang tercermin dalam klasifikasi *formae specialis* (f. sp.) yang berbeda. Spesialisasi ini mencerminkan adaptasi evolusioner patogen terhadap inang tertentu, yang mengarah pada perbedaan dalam patogenisitas dan interaksi inang-patogen (Nag *et al.*, 2022).

Penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh *F. oxysporum* pada umumnya sangat sulit dikendalikan. Proses infeksi melibatkan interaksi kompleks antara *F. oxysporum*, tanaman inang, dan lingkungan di zona akar-tanah (Were *et al.*, 2023). Jamur ini berciri hifa bersekat, koloni berwarna putih hingga merah muda, serta menghasilkan makrokonidia berbentuk sabit, mikrokonidia, dan klamidospora yang mampu bertahan lama di dalam tanah (Gambar 3). *F. oxysporum* memiliki genom yang mendukung kemampuan adaptasi dan virulensinya terhadap berbagai inang. Komponen genom ini memungkinkan *Fusarium* untuk beradaptasi dengan cepat terhadap lingkungan dan inang yang berbeda (Nag *et al.*, 2022). Jamur tersebut dapat bertahan di lahan selama hingga 30 tahun dalam bentuk klamidospora, baik pada sisa-sisa tanaman yang terinfeksi maupun pada akar inang alternatif (Pushpavathi *et al.*, 2016).



Gambar 3. Morfologi *F. oxysporum*: (a) makroskopis koloni jamur pada media PDA dan (b) mikroskopis makro konidia *F. oxysporum* (perbesaran 1000x) (Sumber: Summerell, 2019).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Tempat dan Waktu

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Agustus 2025 sampai bulan Februari 2026.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah autoklaf, mikroskop cahaya, *Laminar Air Flow* (LAF), bunsen, *microwave*, *erlenmeyer*, cawan petri, *haemocytometer*, bor gabus, jarum ose, pinset, mikropipet, tabung reaksi, gelas ukur, timbangan digital, aluminium foil, plastik *wrap*, plastik tahan panas, scalpel, penggaris, spidol O/F.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat jamur *F. oxysporum* asal tanaman vanili koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, *Potato Dextrose Agar* (PDA), *rose bengal*, asam laktat, alkohol, akuades, produk biofungisida Trichogreen yang mengandung agen hayati *Trichoderma* sp., dan produk biofungisida GMN *Gliocladium* yang mengandung agen hayati *Gliocladium* sp. Produk biofungisida Trichogreen dengan formulasi tepung yang diproduksi oleh PT Indmira dengan masa expired 2027 dan produk GMN *Gliocladium* dengan formulasi tepung yang diproduksi oleh dengan masa expired 2028.

3.3 Rancangan Percobaan

Percobaan dalam penelitian ini dilakukan dalam empat tahapan, yaitu: (1) karakterisasi morfologi jamur agen hayati yang terkandung pada produk biofungisida di media PDA, (2) uji viabilitas jamur agen hayati pada produk biofungisida, (3) uji efektivitas jamur agen hayati pada produk biofungisida

terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro*, dan (4) uji efektivitas jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap *F. oxysporum* secara *in vivo*. Uji efektivitas jamur agen hayati terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro* dilakukan dengan metode *dual culture* dan *double dish system* yang disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL). Pada metode *dual culture* digunakan 2 perlakuan, yaitu P1: *Trichoderma* sp. dan P2: *Gliocladium* sp. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 6 satuan percobaan. Pada metode *double dish system* digunakan 2 perlakuan, yaitu, P1: *Trichoderma* sp., dan P2: *Gliocladium* sp. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 6 satuan percobaan, pada metode *double dish system* digunakan kontrol sebagai pembanding dalam perhitungan persentase penghambatan pertumbuhan *F. oxysporum*. Pengujian efektivitas jamur agen hayati terhadap *F. oxysporum* secara *in vivo* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan, yaitu P1: kontrol, P2: *Trichoderma* sp., dan P3: *Gliocladium* sp. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh 9 satuan percobaan.

3.4 Persiapan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media

Media PDA disiapkan menggunakan komposisi bahan berupa 200 g kentang, 20 g agar batang, 20 g *dextrosa*, dan 1000 ml akuades. Kentang yang telah dikupas dan dicuci dipotong berbentuk dadu berukuran 1×1 cm, kemudian direbus dalam 1000 ml akuades menggunakan microwave selama 12 menit. Setelah proses pemanasan, ekstrak kentang yang diperoleh disaring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer berkapasitas 1 liter yang telah berisi *dextrosa* dan agar batang. Selanjutnya, campuran media disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 20 menit. Setelah pendinginan hingga suhu sekitar 50°C , sebanyak 1,4 mL asam laktat ditambahkan ke dalam 1000 ml media. Kemudian dihomogenkan dengan cara mengocok perlahan sebelum media dituangkan ke dalam cawan petri.

Media Rose Bengal dibuat dengan menambahkan zat pewarna Rose Bengal ke dalam media PDA, dengan konsentrasi yang digunakan adalah 0,033 g/L -untuk setiap 1 liter media PDA. Setelah itu, campuran dihomogenkan hingga larut dan tercampur merata. Media kemudian siap digunakan untuk keperluan pengujian.

3.4.2 Persiapan Isolat Jamur *F. oxysporum*

Isolat jamur *F. oxysporum* yang digunakan dalam uji antagonis berasal dari koleksi Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Isolat ini berasal dari tanaman vanili yang ditumbuhkan pada media PDA. Sebelum digunakan dalam penelitian, isolat terlebih dahulu diremajakan pada media PDA dan selanjutnya diperbanyak pada media yang sama untuk pengujian.

3.4.3 Jamur Agen Hayati pada Produk Biofungisida

Produk biofungisida yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1
Tabel 1. Produk biofungisida yang diuji

Nama Dagang	Jamur Agen Hayati	Patogen Sasaran	Tanaman Inang
Biofungisida A Exp: 2027	<i>Trichoderma</i> sp	<i>Rhizoctonia</i> sp.	Kedelai, jagung, cabai, tomat, kentang.
		<i>Pythium</i> sp.	Kedelai, jagung, tembakau.
		Akar gada	Kubis, sawi, selada.
		<i>Fusarium</i> sp.	Cabai, tomat, kentang, bawang merah, vanili, pisang.
		<i>Phytophthora</i> sp.	Cabai, tomat, kentang, lada
		<i>Alternaria</i> sp.	Bawang merah
		<i>Sclerotium roflsii</i>	Kedelai, jagung
Biofungisida B Exp: 2028	<i>Gliocladium</i> sp.	<i>Fusarium</i> sp.	

3.5 Pelaksanaan Penelitian

3.4.4 Karakterisasi Morfologi Jamur Agen Hayati yang Terkandung pada Produk Biofungisida

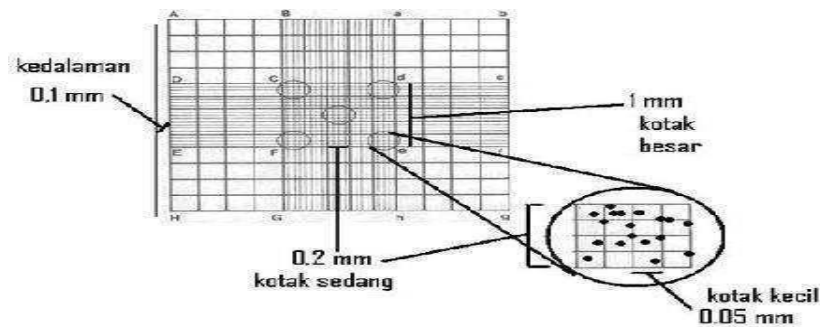
Karakterisasi jamur agen hayati yang terkandung dalam produk biofungisida dilakukan untuk mengetahui jenis jamur yang terdapat di dalamnya. Prosedur diawali dengan mensuspensikan satu gram produk biofungisida menggunakan metode pengenceran bertingkat hingga diperoleh suspensi dengan konsentrasi 10^{-4} . Selanjutnya, pada setiap tingkat pengenceran diambil sebanyak 0,25 ml, kemudian ditetaskan dan diratakan pada permukaan cawan petri yang berisi media PDA. Jamur yang tumbuh selanjutnya disubkulturkan hingga diperoleh biakan murninya. Setelah diperoleh biakan murni, dilanjutkan dengan pengamatan mikroskopis dan makroskopis untuk mengetahui morfologi koloni jamur. Pengamatan dilakukan pada 3 hari, 5 hari, dan 7 hari setelah inkubasi untuk mengetahui pertumbuhan koloni jamur pada media PDA pada suhu ruang.

3.4.5 Uji Viabilitas Jamur Agen Hayati Produk Biofungisida

Uji viabilitas merupakan prosedur yang dilakukan untuk mengetahui apakah jamur agen hayati yang terkandung pada produk biofungisida masih hidup (*viable*). Pada uji ini dilakukan penghitungan kerapatan spora (sporulasi) dan persentase perkecambahan spora.

3.4.5.1 Kerapatan Spora

Pengujian sporulasi jamur agen hayati dimulai dengan menyiapkan masing – masing isolat jamur agen hayati yang telah dipanen lalu diencerkan hingga mencapai konsentrasi 10^{-2} . Selanjutnya dari masing – masing tingkat pengenceran, sebanyak 0,25 ml suspensi diambil dan ditetaskan ke dalam ruang hitung *haemocytometer* dan ditutup dengan *cover glass* sehingga suspensi memenuhi ruang tersebut. Pengamatan spora dilakukan menggunakan mikroskop cahaya dengan perbesaran 400×. Kerapatan spora dihitung dengan memilih lima kotak sedang pada *haemocytometer*, kemudian menghitung jumlah spora di setiap kotak sedang (Gambar 4). Penghitungan spora diulang sebanyak lima kali untuk mendapatkan jumlah rata – rata spora pada kotak sedang.



Gambar 4. Penghitungan spora menggunakan *haemocytometer* (Wijaya *et al.*, 2015).

Kerapatan spora dapat dihitung dengan rumus Natalia *et al.*, (2014):

$$S = t \times 0,25 \times 10^6$$

Keterangan:

- S : kerapatan spora (jumlah spora/ml),
 t : Rata – rata jumlah spora pada 5 kotak sedang, dan
 0,25 : Faktor koreksi penggunaan kotak sampel skala sedang pada *haemocytometer*.

3.4.5.2 Perkecambahan Spora

Uji persentase pekecambahan spora jamur agen hayati dari produk biofungisida dimulai dengan menyiapkan masing – masing isolat jamur agen hayati yang telah dipanen dan diencerkan hingga suspensi mencapai konsentrasi 10^{-2} . Sebanyak 0,25 ml suspensi di teteskan pada media PDA yang diletakkan diatas kaca preparat (Gambar 5).



Gambar 5. *Layout* titik pengujian viabilitas jamur antagonis.

Setelah ditetaskan, media diinkubasi pada suhu ruang selama 12 jam untuk memungkinkan proses perkecambahan spora jamur. Spora diamati menggunakan kaca preparat ditutup dengan cover glass di bawah mikroskop dengan perbesaran

400× untuk menghitung jumlah spora yang berkecambah dan yang tidak berkecambah.

Spora dianggap berkecambah apabila terbentuk tabung kecambah dengan panjang minimal dua kali diameter spora. Viabilitas jamur dapat dihitung dengan rumus Gabriela and Riyanto (1989) dalam (Triasih *et al.*, 2019):

$$V = \frac{g}{(g+u)} \times 100\%$$

Keterangan:

V: perkecambahan konidia (Viabilitas),

g: jumlah konidia yang berkecambah, dan

u: jumlah konidia yang diamati.

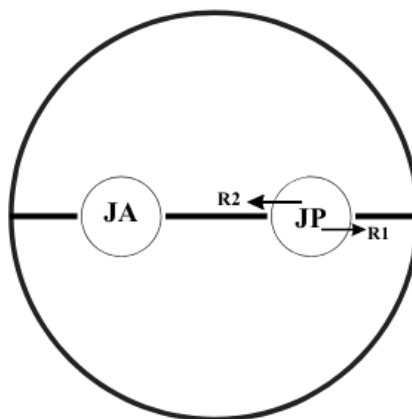
3.4.6 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati pada Produk Biofungisida terhadap Jamur *F. oxysporum* secara *in vitro*

Uji efektivitas jamur agen hayati terhadap jamur *F. oxysporum* dilakukan dengan metode *dual culture* dan *double dish system* pada media PDA. Efektivitas ditentukan berdasarkan persentase penghambatannya.

3.4.6.1 Metode *Dual Culture*

Metode *dual culture* dilakukan dengan cara meletakkan potongan isolat jamur *F. oxysporum* berdiameter 0,5 cm pada cawan petri berukuran 9 cm yang berisi media PDA. Setelah 2 hari diletakkan potongan isolat jamur agen hayati dari produk biofungisida (*Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp.) berdiameter 0,5 cm pada cawan petri yang sudah berisi isolat *F. oxysporum*, setelah itu dilakukan pengamatan.

Pengamatan dilakukan pada 3, 5 dan 7 hari setelah inkubasi dengan mengukur pertumbuhan koloni jamur. Pengukuran dilakukan terhadap jari-jari koloni jamur patogen yang berlawanan arah dengan jamur antagonis (R₁) dan jari-jari koloni patogen yang mengarah ke jamur antagonis (R₂) (Gambar 6).



Gambar 6. Uji antagonis jamur agen hayati (JA) terhadap jamur patogen *F. oxysporum* (JP) dengan metode *dual culture*.

Persentase penghambatan dihitung dengan rumus yang dikemukakan oleh Ainy *et al.* (2015),

$$P (\%) = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%$$

Keterangan:

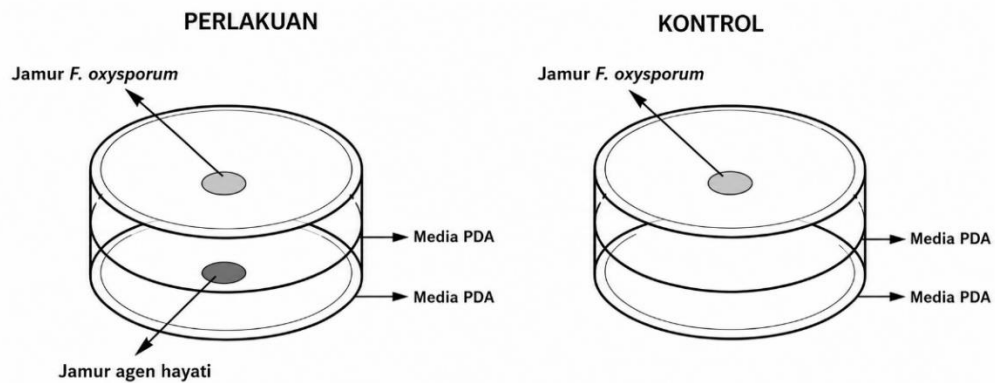
P: Persentase penghambatan jamur antagonis (%),

R1: Jari-jari koloni patogen yang menjauhi jamur antagonis, dan

R2: Jari-jari jamur patogen yang mendekati jamur antagonis.

3.4.6.2 Metode *Double Dish System*

Metode *double dish system* dilakukan untuk menguji kemampuan antagonisme jamur agen hayati pada produk biofungisida terhadap *F. oxysporum* melalui efek senyawa volatil yang dihasilkan oleh jamur agen hayati. Untuk itu, disiapkan masing – masing 2 cawan petri berisi media PDA. Pada salah satu media cawan diletakkan cuplikan isolat jamur agen hayati berdiameter 0,5 cm dan pada cawan lain diletakkan satu cuplikan isolat *F. oxysporum* dengan ukuran diameter yang sama. Selanjutnya, kedua cawan tersebut ditangkupkan satu sama lain dan dirapatkan menggunakan plastik *wrap* untuk mencegah kebocoran udara sebelum diinkubasi pada suhu ruang (Gambar 7). Sebagai kontrol, pada salah satu cawan diletakkan cuplikan *F. oxysporum* sedangkan media cawan yang lain tidak diletakkan jamur agen hayati. Kedua media cawan ditangkupkan secara erat seperti pada cawan perlakuan.



Gambar 7. Uji antagonis dengan metode *double dish system*.

Pengamatan dilakukan pada 3, 5, 7 hari setelah inkubasi dengan mengukur diameter jamur *F. oxysporum* pada perlakuan dan pada kontrol. Persentase hambatan dihitung menggunakan rumus sebagai berikut (Hartati *et al.*, 2025),

$$\text{THR} = \frac{dk - dp}{dk} \times 100\%$$

Keterangan:

THR : Tingkat hambatan relatif,

dk : Diameter koloni *F. oxysporum* pada kontrol, dan

dp : Diameter koloni *F. oxysporum* pada perlakuan.

3.4.7 Uji Efektivitas Jamur Agen Hayati pada Produk Biofungisida terhadap Jamur *F. oxysporum* secara *in vivo*

Pengujian secara *in vivo* menggunakan daun vanili dengan mengikuti metode Sutarman (2017) yang telah dimodifikasi oleh Syarifah *et al.* (2024). Produk biofungisida disiapkan sesuai dengan konsentrasi anjuran produk biofungisida A, yaitu *Trichoderma* sp. sebanyak 4 g/L dan produk biofungisida B, *Gliocladium* sp. sebanyak 100 g/L. Daun vanili yang digunakan dalam pengujian terlebih dahulu dibersihkan dengan tisu yang sudah diberi alkohol hingga merata keseluruhan daun, setelah itu dibilas dengan tisu yang sudah diberi akuades steril. Daun vanili kemudian dilukai dengan menggunakan jarum kecil.

Inokulasi dilakukan dengan cara meletakkan potongan isolat *F. oxysporum* berumur 7 hari yang berukuran 0,5 cm pada permukaan daun yang telah dilukai. Pengaplikasian jamur agen hayati dari produk biofungisida dilakukan dengan cara

daun direndam pada suspensi masing – masing jamur agen hayati dari produk biofungisida. Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengamatan awal dilakukan setiap hari untuk mengetahui keterjadian dan keparahan penyakit pada daun vanili yang menunjukkan gejala. Pengamatan selanjutnya dilakukan pada hari ke 3, 5 dan 7 setelah inkubasi untuk menghitung keterjadian penyakit dan keparahan penyakit, diameter bercak diukur untuk menentukan keparahan penyakit.

Keterjadian penyakit dihitung dengan rumus yang dikemukakan (Taufiq, 2012):

$$Kp = \frac{A}{B} \times 100\%$$

Keterangan:

Kp = kejadian penyakit (%),

A = jumlah daun yang menunjukkan gejala nekrosis pada satu perlakuan, dan

B = jumlah daun yang diamati pada satu perkalukan.

Keparahan penyakit dihitung dengan rumus yang dikemukakan (Taufiq, 2012):

$$IP = \frac{\sum (ni.vi)}{N.V} \times 100\%$$

Keterangan:

IP : Keparahan penyakit,

ni : Jumlah daun dengan skor n ke-i,

vi : Nilai skor penyakit ke-i,

N : Jumlah daun vanili yang diamati, dan

V : Nilai skor tertinggi.

Intensitas gejala serangan diukur dengan skor sebagai berikut (Taufiq, 2012).

0 = daun sehat, tidak bergejala sama sekali

1 = panjang nekrosis < 2 cm,

2 = panjang nekrosis > 2 - 3 cm,

3 = panjang nekrosis > 3 - 5 cm, daun belum layu,

4 = panjang nekrosis < 5 cm, daun sudah layu, dan

5 = panjang nekrosis > 5 cm daun sudah layu.

3.5 Analisis Data

Data hasil pengujian *in vitro* dianalisis dengan membandingkan dua jamur agen hayati menggunakan uji t pada tingkat signifikansi 5% dengan program SPSS. Sementara itu, data *in vivo* dianalisis terlebih dahulu dengan dilakukan uji normalitas dan uji homogenitas. Apabila data berdistribusi normal dan homogen, maka dianalisis menggunakan ANOVA pada taraf 5% dan dilanjutkan dengan uji BNT. Namun apabila data tidak memenuhi asumsi normalitas dan homogenitas, maka data *in vivo* dianalisis secara deskriptif tanpa uji statistika. Analisis dilakukan dengan menghitung nilai rata – rata dan persentase masing – masing perlakuan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa

1. Produk biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* sp. Dan *Gliocladium* sp. yang diuji dalam penelitian ini memiliki viabilitas yang tinggi dengan kerapatan spora dan persentase perkecambahan yang menunjukkan propagul jamur agen hayati masih hidup dan aktif pada saat pengujian,
2. Secara *in vitro* *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* baik melalui metode *dual culture* maupun *double dish system*. Pada metode *dual culture*, *Gliocladium* sp. menunjukkan aktivitas antagonis yang lebih tinggi dibandingkan *Trichoderma* sp., terutama pada 5 hsi dan 7 hsi. Sementara itu, pada metode *double dish system*, kedua jamur mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* melalui senyawa volatil tanpa menunjukkan perbedaan yang nyata secara statistik, dan
3. Pengujian *in vivo* pada daun vanili menunjukkan bahwa aplikasi biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. belum mampu menurunkan keterjadian dan keparahan penyakit layu *Fusarium* secara konsisten, data tidak memenuhi asumsi analisis parametrik dan hasil hanya diinterpretasikan secara deskriptif.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, disarankan perlunya dilakukan penelitian lanjutan dengan mengaplikasikan biofungisida pada skala lapangan guna mengevaluasi efektivitasnya dalam mengendalikan penyakit tanaman, termasuk penyesuaian

dosis, frekuensi aplikasi dan metode inokulasi yang lebih menyerupai kondisi lapangan, sehingga peluang kolonisasi jamur antagonis pada jaringan vanili lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abd-Elsalam, K. A. and Alghuthaymi, M. A. 2023. Biofungicides: Eco-Safety and Future Trends. CRC Press. Francis.1-109. <https://doi.org/10.1201/9781003287575>
- Abadi. A. L., Trianti. I., Choliq. F. A., Sektiono. A. W., and Yulianti. N. D. 2024. Efficacy of biofungicide with active ingredients *Trichoderma* sp. against late blight disease (*Phytophthora infestans*) in potato plants. *Jurnal Agricultural*. 7 (1): 81-91.
- Ainy, E. Q., Ratnayani, R., and Susilawati, L. 2015. Uji aktivitas antagonis *Trichoderma harzianum*. *Seminar Nasional*. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 892-897.
- Anggraeni, I. and Wibowo, A. 2009. Pengendalian *Cylindrocladium* sp. penyebab penyakit lodoh pada bibit *Acacia mangium* Wild. dengan fungi antagonis *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*. 6. 241–249.
- Arantika. W., Umboh. S. D., and Pelealu. J. J. 2019. Analisis tingkat populasi jamur tanah di lahan pertanian kentang (*Solanum tuberosum* L.) berdasarkan metode *total plate count* (TPC). *Jurnal Ilmiah Sains*. 19 (2). 105–110.
- Ayilara, M. S., Adeleke, B. S., Akinola, S. A., Fayose, C. A., Adeyemi, U. T., Gbadegesin, L. A., Omole, R. K., Johnson, R. M., Uthman, Q. O., and Babalola, O. O. 2023. Biopesticides as a promising alternative to synthetic pesticides: A case for microbial pesticides, phytopesticides, and nanobiopesticides. *Jurnal Frontiers Microbiology*. 14: 1-16. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1040901>
- Castillo, H., Rojas, R., and Villalta, M. 2016. *Gliocladium* sp. important biocontrol agent with promising applications. *Jurnal Tecnología En Marcha Especial Biocontrol*. 65–73.
http://revistas.tec.ac.cr/index.php/tec_marcha/article/viewFile/2707/2403

- Cenobio-Galindo, A. de J., Hernández-Fuentes, A. D., González-Lemus, U., Zaldívar-Ortega, A. K., González-Montiel, L., Madariaga-Navarrete, A., and Hernández-Soto, I. 2024. Biofungicides based on plant extracts: on the road to organic farming. In *International Journal of Molecular Sciences*. 25(13): 1-22. <https://doi.org/10.3390/ijms25136879>
- Chaudhary, S., Sagar, S., Lal, M., Tomar, A., Kumar, V., and Kumar, M. 2020. Biocontrol and growth enhancement potential of *Trichoderma* spp. against *Rhizoctonia solani* causing sheath blight disease in rice. *Journal of Environmental Biology*. 41(5): 1034–1045. <https://doi.org/10.22438/JEB/41/5/MRN-1303>
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., del-Val, E., and Larsen, J. 2016. Ecological functions of *Trichoderma* spp. and their secondary metabolites in the rhizosphere: interactions with plants. *Jurnal FEMS Microbiology Ecology*. 92 (4): 1-17. <https://doi.org/10.1093/femsec/fiw036>
- Dewantari, S. S. and Rahayu, Y. S. 2021. Aktivitas biofungisida ekstrak daun (*Eugenia uniflora* L.) dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp.. *Jurnal Lentera Bio*. 10(2). 199 – 206.
- Doo, S. R. P., Meitiniarti, I. V., Kasmiyati, S., and Kristiani, E. B. E. 2023. *Trichoderma* sp., the multi – functional. *Jurnal Tropical Microbiome*. 1(1). 73–89.
- Edel-Hermann, V. and Lecomte, C. 2019. Current status of *Fusarium oxysporum* formae speciales and races. *Jurnal Phytopathology*. 109(4): 512- 530. <https://doi.org/10.1094/PHYTO-08-18-0320-RVW>
- Elfina, S. Y., Ali, M., and Munjayanah. 2018. Uji biofungisida tepung *Trichoderma harzianum* yang mengandung bahan organik berbeda terhadap *Ganoderma boninense* Pat. *secarain vitro*. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 7: (1): 20-29.
- Fajrin, N. and Erti, D. M. 2013. Potensi *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendali *Fusarium* sp. patogen tanaman strawberry (*Fragaria* sp.). *Jurnal Biotropika*. 1 (4): 177-181.
- Fenta, L. and Mekonnen, H. 2024. Microbial biofungicides as a substitute for chemical fungicides in the control of Phytopathogens: Current erspectives and research directions. *Jurnal Scientifica*. 2024: 1-12. <https://doi.org/10.1155/2024/5322696>
- Gordon, T. R. 2025. *Fusarium oxysporum* and the *Fusarium* Wilt Syndrome. *Jurnal Annual Review of Phytopathology*. 55: 23-39. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-080615>
- Guzmán-Guzmán, P., Kumar, A., de los Santos-Villalobos, S., Parra-Cota, F. I., Orozco-Mosqueda, M. del C., Fadiji, A. E., Hyder, S., Babalola, O. O., and Santoyo, G. 2023. *Trichoderma* species: Our best fungal allies in the biocontrol of plant diseases. *Jurnal Plants*. 12 (3): 1-35. <https://doi.org/10.3390/plants12030432>

- Hadiwiyono, Poromarto, S. H., Supyani, Widono, S., and Septariani, D. N. 2022. Disease incidence of *Fusarium* wilt in organic garlic cultivation with compost plus *Gliocladium* on endemic land. *Journal IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 1114(1): 1-7. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1114/1/012004>
- Hartal, Misnawaty, and Budi, I. 2010. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. dalam pengendalian layu fusarium pada tanaman krisan. *Jurnal Ilmu – Ilmu Pertanian Indonesia*. 12: (1). 7– 12.
- Herlina. L. 2009. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai biofungisida pada tanaman tomat. *Jurnal Biosaintifika*. 1: (1). 62– 69.
- Hartati, S., Nurjihan, K., Susanto, A., Istifadah, N., and Mayanti, D. T. 2025. Kemampuan senyawa volatil *Aureobasidium pullulans* pada beberapa kerapatan sel dalam menekan antraknosa stroberi. *Jurnal Agrikultura*. (2). 271–283.
- Husaini, A. M., Sakina, A., and Cambay, S. R. 2018. Host-pathogen interaction in *Fusarium oxysporum* infections: Where do we stand. *Jurnal Molecular Plant Microbe Interactions*. 31(9): 889–898. <https://doi.org/10.1094/MPMI-12-17-0302-CR>
- Ihkwanisa, N., Nugraheni, I. A., Kurniawati, T., and Fardhani, M. (2023). Uji antagonis *Trichoderma* spp terhadap layu *Fusarium* tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM*. Universitas 'Aisyiyah. Yogyakarta 1. 224-252.
- Joshi, R. 2018. A review of *Fusarium oxysporum* on its plant interaction and industrial use. *Journal of Medicinal Plants Studies*. 6(3): 112–115.
- Juariyah. S., Tondok. E. T. and Sinaga. M. S 2018. *Trichoderma* dan *Gliocladium* untuk mengendalikan penyakit busuk akar *Fusarium* pada bibit kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 14(6): 196–204.
- Karadzhova, N. and Georgieva, O. 2023. The role of *Trichoderma* and *Gliocladium* fungi in the soil biocenosis of greenhouse cucumbers. *Journal of Central European Agriculture*. 24(2): 447–454. <https://doi.org/10.5513/JCEA01/24.2.3789>
- Khalimi, K. and Anik, L. N. W. 2025. Antifungal Activity of *Gliocladium viride* against *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 30 (2). 268–276. <https://doi.org/10.18343/jipi.30.2.268>
- Kusdiana. A. P. J., Munir. M., and Suryaningtyas. H. 2015. Pengujian biofungisida berbasis mikroorganisme antagonis untuk pengendalian penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Jurnal Penelitian Karet*. 33 (2): 143–156.

- Lucas, J. A., Hawkins, N. J., and Fraaije, B. A. 2015. The Evolution of Fungicide Resistance. *Advances Jurnal Applied Microbiology*.90: 29–92
<https://doi.org/10.1016/bs.aambs.2014.09.001>
- Moya, P., Girotti, J. R., Toledo, A. V., and Sisterna, M. N. 2018. Antifungal activity of *Trichoderma* VOCs against *Pyrenophora teres*, the causal agent of barley net blotch. *Journal of Plant Protection Research*. 58(1). 45–53.
<https://doi.org/10.24425/119115>
- Muliani, Y., Asean, H. P., and Amiro, D. F. S. 2023. Aplikasi *Gliocladium virens* miller untuk menekan intensitas *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* schlechtendahl pada tanaman cabai (*Capsicum annum* L.) kultivar tanjung -2. *Jurnal Agroteknologi dan Sains*. 8 (1): 19 – 28.
- Natalia, A. G., Aeny, T. N., and Prasetyo, J. 2014. Uji efektivitas *Trichoderma* sp. dengan bahan campuran yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan *Sclerotium roflsii* penyebab penyakit rebah kecambah pada kacang tanah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 2 (3): 408–413.
- Naufal, M. F. Q. and Purwantisari, S. 2020. Viabilitas biofungisida produk lokal dan aplikasinya untuk penundaan gejala penyakit hawar daun tanaman kentang. *Jurnal Bioma*. 22 (2): 188–195.
- Nag, P., Paul, S., Shriti, S., and Das, S. 2022. Defence response in plants and animals against a common fungal pathogen, *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Current Research in Microbial Sciences*. 3: 1-9.
<https://doi.org/10.1016/j.crmicr.2022.100135>
- Octaviani, A. E., Achmad, and Herliyana, N. E. 2015. Potensi *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium* sp. sebagai agensi hayati terhadap *Botryodiplodia* sp. penyebab penyakit mati pucuk jabon (*Anthocephalus cadamba* (ROXB.) MIQ). *Jurnal Silvikultur Tropika*. 06. 27–32.
- Otadoh, J. A., Okoth, S. A., Ochanda, J., and Kahindi, J. P. 2011. Assessment of *Trichoderma* isolates for virulence efficacy on *Fusarium oxysporum* F. sp. Phaseoli. *Jurnal Tropical and Subtropical Agroecosystems*. 13: 99-107.
- Pardede, M. N. B., Wirya, G. N. A. S., and Khalimi, K. 2022. Efektivitas *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. untuk pengendalian penyakit busuk batang (*Fusarium Oxysporum* Sp.) pada tanaman vanili (*Vanilla Planifolia*). *Journal on Agriculture Science*. 12(1): 63-75. <https://doi.org/10.24843/ajoas.2022.v12.i01.p06>
- Petrot, I., Puopolo, G., Giovannini, O., Angeli, D., Sicher, C., and Perazzolli, M. 2016. Advantages and limitations involved in the use of microbial biofungicides for the control of root and foliar phytopathogens of fruit crops. *Jurnal Review n.30 Italus Hortus*. 23(3): 3–12.

- Pijoh. C. C. A., Mantiri. F. R., and Ai. N. S. 2025. Antagonist activity *Gliocladium* sp. against *Fusarium* wilt fungi in chili plant (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Bios Logos*. 15 (2): 240 – 250.
- Pinaria. A., Ratulangi. M., and Manengkey. G. 2020. Keragaman *Fusarium oxysporum* f.sp. *vanillae* yang berasal dari Sulawesi Utara berdasarkan media *potato dextrose agar*. *Jurnal Eugenia*. 26 (1): 35–41.
- Pushpavathi, Y., Dash, S. N., Madhavi, N., and Deepika, D. 2016. Biological control of *Fusarium* wilt disease in banana with emphasis on *Trichoderma*.spp. and *Pseudomonas* spp.. *Journal Plant Archives*. 16(1): 51 59.
- Rahayu, W., Brotodjojo, R. R.R., and Nurngainsi. 2020. Perlakuan benih tomat dengan *Trichoderma harzianum* dan *Gliocladium virens* untuk menekan serangan *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu fusarium. *Jurnal Agrivet*. 26 (2): 1 – 14.
- Rozhkova, T. O. and Biliavska, L. O. 2022. *In vitro* antagonistic activity of *Gliocladium* sp.. *Journal Agricultural Microbiology*. 36: 55–63. <https://doi.org/10.35868/1997-3004.36.55-63>
- Solis-Palacios, R., Hernández-Ramírez, G., Salinas-Ruiz, J., Hidalgo-Contreras, J. V., and Gómez-Merino, F. C. 2021. Effect and compatibility of phosphite with *Trichoderma* sp. Isolates in the control of the *Fusarium* species complex causing pokkah boeng in sugarcane. *Journal Agronomy*. 11(6): 1-14. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061099>
- Suanda, W. I. 2016. Karakterisasi morfologis *Trichoderma* sp. isolat JB dan daya antagonisme terhadap patogen penyebab penyakit rebah kecambah (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) pada tanaman tomat. *Prosiding Seminar Nasional*. Universitas Pendidikan Ganesha. Bali 251–257.
- Summerell, B. A. 2019. Resolving *Fusarium*: Current status of the genus. *Jurnal Annual Review of Phytopathology*. 57: 323–339. <https://doi.org/10.1146/annurev-phyto-082718-100204>
- Suryaminarsih, P., Kusrieningrum, Ni'matuzaroh, and Surtiningsih, T. 2015. Antagonistic compatibility of *Streptomyces griseorubens*, *Gliocladium virens*, and *Trichoderma harzianum* againts *Fusarium oxysporum* cause of tomato wilt diseases. *International Journal of Plant & Soil Science*. 5(2): 82–89. <https://doi.org/10.9734/ijpss/2015/11026>
- Taufiq. E. 2012. Pemanfaatan *Trichoderma* spp. untuk mengendalikan penyakit busuk pucuk Vanili di Pembibitan. *Jurnal Pembibitan Buletin RISTRI*. 3 (1). 49-56.

- Taufiq, H., Syauqi, A., and Rahayu, T. 2020. Uji antagonis jamur *Gliocladium* sp dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit layu pada tanaman pisang (*Musa paradisiaca* L.). *Jurnal Ilmiah Biosaintropis*. 5. 59–65.
- Triasih, U., Agustina, D., Erti, M. D., and Wuryantini, S. 2019. Test of Various Carrier Materials Against Viability and Conidia Density in Some Liquid Biopesticides of Entomopathogenic Fungi. *Jurnal Agronida*. 5 (1). 12-20.
- Were, E., Viljoen, A., and Rasche, F. 2023. Back to the roots: Understanding banana below-ground interactions is crucial for effective management of *Fusarium* wilt. *Journal Plant Pathology*. 72(1): 19–38. <https://doi.org/10.1111/ppa.13641>
- Widodo and Wiyono. S. 2012. Formulasi tepung biofungisida bahan aktif ganda *Pseudomonas fluorescens* PG 01 dan *Bacillus polymixa* BG 25. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*. 17: (3). 180-185.
- Wijaya, R. C., Utari, E. L., and Yudianingsih. 2015. Perancangan alat penghitung bakteri. *Jurnal Teknologi Informasi*. 10. (1). 1-9.
- Yupendi, A., Putri. S. D., Sari. W., and Taufiqqurahman. 2024. Pengaruh pemberian biofungisida (*Gliocladium* sp.) untuk mengendalikan penyakit layu *Fusarium* (*Fusarium* sp.) pada tanaman cabai merah keriting (*Capsocum annum* L.). *Jurnal Agroplasma*. 11. (2). 726-734.
- Zuriegat, Q., Zheng, Y., Liu, H., Wang, Z., and Yun, Y. 2021. Current progress on pathogenicity related transcription factors in *Fusarium oxysporum*. *Jurnal Molecular Plant Pathology*. 22(7): 882–895. <https://doi.org/10.1111/mpp.13068>