

**UJI KETAHANAN *Trichoderma asperellum* TERHADAP BAHAN AKTIF
HERBISIDA PADA BERBAGAI DOSIS DAN POTENSINYA SEBAGAI
AGEN PENGENDALI HAYATI *Fusarium* sp. PADA TANAMAN TEBU**

(Skripsi)

Oleh

**TOGA BETA NADEAK
2214191074**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

UJI KETAHANAN *Trichoderma asperellum* TERHADAP BAHAN AKTIF HERBISIDA PADA BERBAGAI DOSIS DAN POTENSINYA SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI *Fusarium* sp. PADA TANAMAN TEBU

Oleh

Toga Beta Nadeak

Fusarium sp. merupakan salah satu jamur patogen penting pada tanaman tebu yang dapat menyebabkan penurunan pertumbuhan dan produktivitas tanaman. Pemanfaatan *T. asperellum* sebagai agen pengendali hayati menjadi alternatif pengendalian yang ramah lingkungan, namun efektivitasnya berpotensi dipengaruhi oleh penggunaan herbisida yang diaplikasikan. Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi pertumbuhan, sporulasi, viabilitas, dan kemampuan antagonis beberapa isolat *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. pada media agar yang mengandung berbagai bahan aktif herbisida. Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus - Desember 2025 di Pusat Kajian Cassava, Kelapa Sawit, Tebu, Kopi, Lada, dan Kakao serta Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Penelitian dilaksanakan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial. Hasil penelitian menunjukkan bahwa bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L memberikan pengaruh penghambatan paling rendah terhadap pertumbuhan dan kemampuan antagonis *T. asperellum*, sedangkan 2,4-D dimetil amina 865 g/L memberikan penghambatan paling tinggi. Diantara semua isolat *T. asperellum* yang diuji, hanya isolat SPV yang tetap mampu tumbuh, bersporulasi, dan berkecambah pada media yang mengandung 2,4-D dimetil amina 865 g/L pada dosis rekomendasi. Persentase penghambatan tertinggi terhadap *Fusarium* sp. ditunjukkan oleh isolat 30 GY T111 yang diaplikasikan bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L dengan nilai sebesar 83,05%. Isolat SPV dan 30 Gy T111 merupakan isolat *T. asperellum* yang direkomendasikan untuk diaplikasikan di lapangan sebagai konsorsium agens hayati pembenah tanah dan pengendali *Fusarium* sp.

Kata kunci: antagonis, *Fusarium* sp., herbisida, sporulasi, tebu, *Trichoderma asperellum*, viabilitas.

ABSTRACT

RESISTANCE TEST OF *Trichoderma asperellum* TO ACTIVE HERBICIDES AT VARIOUS DOSES AND ITS POTENTIAL AS A BIOLOGICAL CONTROL AGENT OF *Fusarium* sp. IN SUGAR CANE

By

Toga Beta Nadeak

Fusarium sp. is an important fungal pathogen in sugarcane that can cause reduced plant growth and productivity. The use of *T. asperellum* as a biological control agent is an environmentally friendly alternative control method, but its effectiveness is potentially affected by the herbicide used. This study aimed to evaluate the growth, sporulation, viability, and antagonistic ability of several *T. asperellum* isolates against *Fusarium* sp. on agar media containing various herbicide active ingredients. The research was conducted from August to December 2025 at the Cassava, Oil Palm, Sugarcane, Coffee, Pepper, and Cocoa Research Center and the Agricultural Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The study used a factorial Completely Randomized Design (CRD). The results showed that the active ingredient glyphosate, isopropylamine, at 480 g/L, had the lowest inhibitory effect on the growth and antagonistic ability of *T. asperellum*, while 2,4-D dimethyl amine at 865 g/L provided the highest inhibition. Among all *T. asperellum* isolates tested, only the SPV isolate remained able to grow, sporulate, and germinate on media containing 2,4-D dimethyl amine at 865 g/L at the recommended dose. The highest inhibition percentage was against *Fusarium* sp. This was demonstrated by the 30 Gy T111 isolate, which was treated with the active ingredient glyphosate 480 g/L isopropylamine, with an efficacy of 83.05%. SPV and 30 Gy T111 isolates are recommended for field application as a consortium of biological agents for soil improvement and control of *Fusarium* sp.

Keywords: antagonist, *Fusarium* sp., herbicide, sporulation, sugarcane, *Trichoderma asperellum*, viability.

**UJI KETAHANAN *Trichoderma asperellum* TERHADAP BAHAN AKTIF
HERBISIDA PADA BERBAGAI DOSIS DAN POTENSINYA SEBAGAI
AGEN PENGENDALI HAYATI *Fusarium sp.* PADA TANAMAN TEBU**

Oleh

Toga Beta Nadeak

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 KETAHANAN *Trichoderma asperellum* TERHADAP BAHAN AKTIF HERBISIDA PADA BERBAGAI DOSIS DAN POTENSINYA SEBAGAI AGEN PENGENDALI HAYATI *Fusarium sp.* PADA TANAMAN TEBU**

Nama Mahasiswa : **Toga Beta Nadeak**

Nomor Pokok Mahasiswa : **2214191074**

Jurusan : **Proteksi Tanaman**


Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

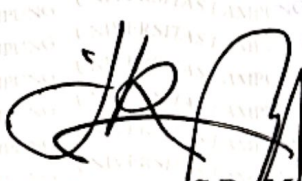

Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.

NIP. 198106212005011003


Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P.

NIP.197512172005011004

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman


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

NIP 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

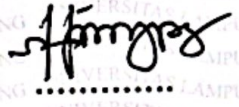
Ketua

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



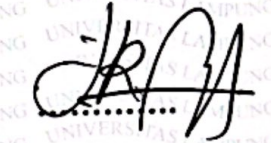
Sekretaris Penguji

: Dr. Hidayat Pujisiswanto, S.P., M.P.

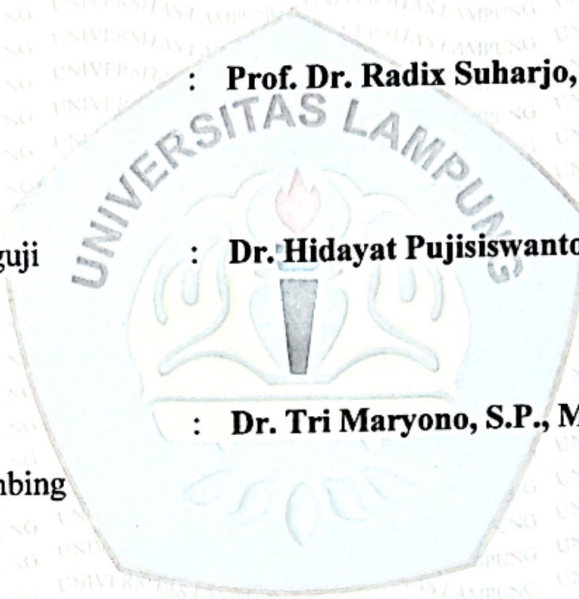


Penguji


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



Bukan Pembimbing



Dekan Fakultas Pertanian



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

NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 08 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “Uji Ketahanan *Trichoderma asperellum* terhadap Bahan Aktif Herbisida pada Berbagai Dosis dan Potensinya sebagai Agen Pengendali Hayati *Fusarium* sp. pada Tanaman Tebu” merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertulis dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 19 Juni 2026

Pembuat Pernyataan



Toga Beta Nadeak

NPM. 2214191074

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Pangururan pada 27 November 2003 dan merupakan anak pertama dari Bapak Boyin Kristoni Nadeak dan Ibu Tiurma Magdalena Malau. Pendidikan penulis dimulai di Sekolah Dasar (SD) Negeri 1 Pardomuan 1, Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samsir, Sumatera Utara diselesaikan pada tahun 2016. Sekolah Menengah Pertama (SMP) diselesaikan di SMP Negeri 1 Pangururan, Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samsir, Sumatera Utara pada tahun 2019. Sekolah Menengah Atas (SMA) diselesaikan di SMA Negeri 1 Pangururan, Kecamatan Pangururan, Kabupaten Samsir, Sumatera Utara pada tahun 2022.

Pada tahun 2022 penulis masuk Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, melalui jalur SBMPTN/UTBK. Selama kuliah penulis aktif berorganisasi di tingkat universitas maupun fakultas. Penulis mengikuti organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) pada tahun 2024, Koperasi Mahasiswa (KOPMA) Universitas Lampung pada tahun 2024. Selain itu penulis bergabung dalam Satuan Tugas Pencegahan dan Penanganan Kekerasan di Lingkungan Perguruan Tinggi (SATGAS PPKPT) Universitas Lampung pada tahun 2025 - 2026. Penulis selama kuliah pernah menjadi Asisten Dosen pada Praktikum Biologi, Dasar Dasar Ilmu Tanah, dan Dasar Dasar Perlindungan Tanaman. Pada Tahun 2025 Penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Sukaraja, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Penulis juga telah melaksana Praktik Umum di Pusat Penelitian Teh dan Kina (PPTK) Kecamatan Pasir Jambu, Kabupaten Bandung, Provinsi Jawa Barat pada tahun 2025.

PERSEMBAHAN

DI DALAM NAMA TUHAN YESUS KRISTUS

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, kasih, dan penyertaan-Nya selama masa perkuliahan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.

Dengan penuh rasa syukur dan hormat, skripsi ini kupersembahkan kepada:

**Boyin Kristoni Nadeak dan Tiurma Magdalena Malau
(Orang Tua Penulis)**

Terima kasih Bapak atas segala doa, kerja keras, kasih sayang, dukungan, semangat, dan pengorbanan yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan hingga dapat menyelesaikan studi dan memperoleh gelar sarjana. Semoga Tuhan Yesus Kristus membalas setiap kebaikan, pengorbanan, dan kasih yang telah Bapak berikan dengan kesehatan, umur panjang, sukacita, serta berkat yang melimpah. Untuk Mamak Tiurma Magdalena Malau yang telah berpulang pada 10 Oktober 2023, terima kasih atas kasih sayang, doa, dukungan, perhatian, dan cinta yang telah diberikan kepada penulis semasa hidup. Semua kenangan, nasehat, dan perjuangan Mamak akan selalu menjadi kekuatan dan motivasi bagi penulis. Semoga Mamak tenang dan berbahagia di surga bersama Tuhan Yesus Kristus.

**Febryani Nadeak, Widi Viena Nadeak, Jefri Nadeak, dan Olivia Nadeak
(Adik Penulis)**

Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis ucapkan kepada adikku tercinta, atas segala doa, perhatian, kasih sayang, dan dukungan yang tidak pernah berhenti selama penulis menyelesaikan skripsi ini. Kehadiran kalian bukan hanya sebagai saudara, tetapi juga menjadi sumber kekuatan, semangat, dan motivasi terbesar bagi penulis untuk terus berjuang dan tidak menyerah dalam menyelesaikan perkuliahan ini. Sebagai anak pertama, penulis ingin menjadi contoh yang baik dan membuktikan bahwa kerja keras, doa, dan perjuangan orang tua kita dapat membawa keberhasilan.

Universitas Lampung

Almamaterku tercinta, Universitas Lampung, yang telah menjadi tempat penulis menimba ilmu, pengalaman, dan membentuk perjalanan kehidupan selama masa perkuliahan.

MOTTO

“Sebab Aku ini mengetahui rancangan-rancangan apa yang ada pada-Ku mengenai kamu, demikianlah firman Tuhan, yaitu rancangan damai sejahtera dan bukan rancangan kecelakaan, untuk memberikan kepadamu hari depan yang penuh harapan”

(Yeremia 29:11)

“Agar anak saya Toga Beta Nadeak nantinya menjadi orang yang sukses dan berguna bagi keluarga, masyarakat terutama di hadapanmu Tuhan”

(Mamak)

“Selesaikanlah apa yang kamu mulai, walaupun itu penuh dengan tantangan”

(Toga Beta Nadeak)

“Akuilah Dia dalam segala lakumu, maka Ia akan meluruskan jalanmu”

(Amsal 3:6)

“Sebab itu janganlah kamu kuatir akan hari besok, karena hari besok mempunyai kesusahannya sendiri. Kesusahan sehari cukuplah untuk sehari”

(Matius 6:34)

“Anakkon Hi do Hamoraon di Au”

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Tuhan Yesus Kristus atas berkat, kasih, dan penyertaan-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya tulis yang berjudul **“Uji Ketahanan *Trichoderma asperellum* terhadap Bahan Aktif Herbisida pada Berbagai Dosis dan Potensinya sebagai Agen Pengendali Hayati *Fusarium sp.* pada Tanaman Tebu”**. Penulisan karya tulis ini merupakan salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan karya tulis ini tidak lepas dari bantuan, doa, dan dukungan berbagai pihak, sehingga pada kesempatan ini penulis menyampaikan ucapan terima kasih kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas kepada penulis dalam menjalani perkuliahan serta melaksanakan penelitian,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Universitas Lampung sekaligus Dosen Pembahas, yang telah memberikan arahan, serta masukan dalam pelaksanaan penelitian dan penyempurnaan penulisan skripsi ini hingga selesai,
3. Bapak Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku Dosen Pembimbing Satu sekaligus Dosen Pembimbing Akademik atas bimbingan, arahan, saran, motivasi, nasehat serta dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini hingga selesai,
4. Bapak Dr. Hidayat Pujiswanto, S.P., M.P., selaku Dosen Pembimbing Dua atas bimbingan, arahan, saran, serta dukungan yang telah diberikan kepada penulis dalam pelaksanaan penelitian dan penyempurnaan penulisan skripsi ini hingga selesai,

5. Kedua orang tua tercinta, Bapak Boyin Kristoni Nadeak dan Ibu Tiurma Magdalena Malau, yang selalu memberikan doa, kasih sayang, dukungan, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik
6. Ibu Prof. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., Ibu Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si., Bapak Dr. David Chandra, S.P., M.Si., dan Ibu Rohimatul Anwar, S.Si., M.Si., atas ilmu, arahan, saran, serta motivasi yang telah diberikan kepada penulis selama masa perkuliahan dan penyelesaian skripsi ini,
7. Adikku Febryani Nadeak, Widi Viena Nadeak, Jefri Nadeak, dan Olivia Nadeak yang telah memberi dukungan dan semangat untuk menyelesaikan skripsi ini,
8. Keluarga Besar Pomparan Op. Rimhot Nadeak/br Naibaho, Op. Adelina Malau/br Sitanggung, dan Op. Sabam Nadeak br. Sinabutar yang telah menjadi tempat penulis untuk mengadu dan bercerita, serta yang memberikan dukungan baik moril maupun materil, selama masa perkuliahan,
9. Ibu Ely Tavip Fatmawati, Mba Eli Kurnia, Mba Krisiska, Mba Nabila Mardiyah Kalsum, Bang Riezky Ade Pratama, dan Alm Bang Reza Ade Pahlevi yang telah penulis anggap sebagai keluarga di Bandar Lampung ini,
10. Mba Tari, Bang Nando, Mba Mei, Mba Diah, dan Mba Fitri yang telah memberikan bantuan, arahan, pengalaman, serta dukungan kepada penulis selama pelaksanaan penelitian hingga penyelesaian skripsi ini,

Akhir kata, penulis menyadari bahwa skripsi ini masih memiliki kekurangan dan jauh dari sempurna. Namun, penulis berharap skripsi ini dapat memberikan manfaat, khususnya di bidang proteksi tanaman

Bandar Lampung, 19 Juni 2026

Toga Beta Nadeak
NPM. 2214191074

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR	xv
I. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2 Tujuan	2
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Tebu.....	5
2.2 Jamur <i>Fusarium</i> sp.....	6
2.3 Pengendalian <i>Fusarium</i> sp.....	7
2.4 Herbisida	8
2.5 Jamur <i>T. asperellum</i>	10
2.6 Potensi <i>T. asperellum</i> sebagai agen pengendali <i>Fusarium</i> sp.....	11
III. BAHAN DAN METODE	14
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Rancangan Percobaan	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	19
3.4.2 Peremajaan dan Perbanyakkan Isolat <i>T. asperellum</i>	19
3.4.3 Uji Pertumbuhan Isolat <i>T. asperellum</i> pada media PDA yang diaplikasikan Bahan Aktif Berbagai Dosis.....	20
3.4.4 Uji Sporulasi Jamur <i>T. asperellum</i>	20
3.4.5 Uji Viabilitas Spora.....	21
3.4.6 Uji Antagonis <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp.	22

3.5 Analisis Data	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian	24
4.1.1 Identifikasi Jamur <i>T. asperellum</i>	24
4.1.2 Pengaruh Interaksi Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap Diameter koloni isolat <i>T. asperellum</i> pada 7 HSI	25
4.1.3 Pengaruh Interaksi Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap sporulasi isolat <i>T. asperellum</i>	29
4.1.4 Pengaruh Interaksi Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap Viabilitas isolat <i>T. asperellum</i>	32
4.1.5 Pengaruh interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap kemampuan antagonis isolat <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp.	35
4.2 Pembahasan.....	38
V. SIMPULAN DAN SARAN	44
5.1 Simpulan	44
5.2 Saran.....	45
DAFTAR PUSTAKA	46
LAMPIRAN	50

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Isolat <i>T. asperellum</i> yang digunakan dalam penelitian.....	14
2. Herbisida yang digunakan dalam penelitian	15
3. Dosis herbisida yang digunakan dalam penelitian	15
4. Faktor dan taraf perlakuan yang diuji dalam percobaan	16
5. Kombinasi Perlakuan Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap isolat <i>T. asperellum</i>	16
6. Data Uji Pertumbuhan Diameter Koloni Jamur <i>T. asperellum</i> 7 HSI .	51
7. Analisis ragam Interaksi Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap Diameter koloni isolat <i>T. asperellum</i> pada 7 HSI	53
8. Hasil uji lanjut Interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap Diameter koloni isolat <i>T. asperellum</i> pada 7 HSI	53
9. Data Uji Sporulasi Jamur <i>T. asperellum</i>	56
10. Analisis ragam interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap sporulasi isolat <i>T. asperellum</i>	58
11. Hasil uji lanjut interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap sporulasi isolat <i>T. asperellum</i>	59
12. Data Uji Viabilitas Jamur <i>T. asperellum</i> 24 Jam	62
13. Analisis ragam interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap Viabilitas isolat <i>T. asperellum</i>	64
14. Hasil uji lanjut interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap Viabilitas isolat <i>T. asperellum</i>	65
15. Data Uji Antagonis Jamur <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp.....	68
16. Analisis ragam interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap kemampuan antagonis isolat <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp.	69
17. Hasil uji lanjut interaksi bahan aktif dan dosis herbisida terhadap kemampuan antagonis isolat <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp.	69

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Pengukuran diameter koloni jamur pada media PDA menggunakan dua arah pengukuran yang saling tegak lurus yaitu diameter horizontal (d1) dan diameter vertikal (d2)	20
2. Pengujian viabilitas spora <i>T. asperellum</i> pada cawan media PDA	21
3. Cara pengukuran uji antagonis <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp. pada media PDA di cawan petri	23
4. Koloni jamur <i>T. asperellum</i> yang digunakan pada 7 HSI: (A) <i>T. asperellum</i> WT 1, (B) <i>T. asperellum</i> 30 Gy TH3, (C) <i>T. asperellum</i> 30 GY T111, (D) <i>T. asperellum</i> SPV, (1) Konidiofor, (2) Fialid, dan (3) Konidia	24
5. Isolat <i>T. asperellum</i> WT 1 yang di tumbuhkan pada media PDA yang diaplikasikan bahan aktif herbisida 0,5x dosis rekomendasi: (A) kontrol, (B) parakuat diklorida 276 g/L, (C) diuron 80%, (D) ametrin 500 g/L, (E) isopropilamina glifosat 480 g/L, dan (F) 2,4-D dimetil amina 865 g/L	27
6. Rata-rata pertumbuhan diameter koloni isolat <i>T. asperellum</i> akibat interaksi bahan aktif dan dosis herbisida: D0 x (kontrol), D 0,5x (0,5x dosis rekomendasi), D 1x (1x dosis rekomendasi), dan D2 x (2x dosis rekomendasi)	28
7. Sporulasi isolat Jamur <i>Trichoderma</i> WT 1: (A) kontrol dan (B) bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L	30
8. Rata-rata sporulasi isolat <i>T. asperellum</i> akibat interaksi bahan aktif dan dosis herbisida: D 0x (kontrol), D 0,5x (0,5x dosis rekomendasi), D 1x (1x dosis rekomendasi), dan D 2x (2x dosis rekomendasi).....	31
9. Viabilitas isolat jamur <i>Trichoderma</i> WT 1: (A) kontrol dan (B) bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L	33
10. Rata-rata viabilitas isolat <i>T. asperellum</i> akibat interaksi bahan aktif dan dosis herbisida: D 0x (kontrol), D 0,5x (0,5x dosis rekomendasi) , D 1x (1x dosis rekomendasi), dan D 2x (2x dosis rekomendasi).....	34
11. Uji Antagonis Isolat Jamur <i>T. asperellum</i> WT 1 terhadap <i>Fusarium</i> sp. : (A) kontrol <i>Fusarium</i> sp. dan (B) bahan aktif diuron 80%.....	36

12. Rata-rata persentase penghambatan jamur <i>T. asperellum</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp. akibat interaksi bahan aktif dan dosis herbisida: D0x (kontrol) dan D1x (1 dosis rekomendasi).....	37
---	----

I. PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Tebu (*Saccharum officinarum*) adalah tanaman semusim yang termasuk dalam keluarga rumput-rumputan (*Gramineae*) dan dikenal sebagai sumber utama bahan baku gula. Tanaman ini dikenal sebagai sumber utama produksi gula dan bahan baku bioetanol, serta memiliki nilai ekonomi yang tinggi bagi petani dan perekonomian nasional. Namun, produktivitas tebu seringkali terhambat oleh berbagai faktor, termasuk serangan dari patogen (Putri dkk., 2025).

Salah satu penyakit yang disebabkan oleh jamur *Fusarium* adalah pokahbung yang merupakan salah satu penyakit tebu yang banyak ditemui pada tanaman tebu. Penyakit yang disebabkan oleh jamur *Fusarium moniliformae* ini memiliki tiga stadia. Stadium 1 ditandai dengan gejala yang hanya terdapat pada daun berupa munculnya klorosis pada helaian daun yang baru saja terbuka, yang kemudian akan timbul titik-titik atau garis-garis merah. Stadium 2 ditandai dengan gejala berupa adanya garis-garis merah kecokelatan yang dapat meluas menjadi rongga-rongga yang dalam. Stadium 3 memiliki gejala spesifik berupa membengkaknya batang tanaman tebu akibat gejala lanjutan dari stadium 2. Pada stadium ini jamur *F. moniliformae* menyerang titik tumbuh dan menyebabkan pembusukan yang disertai bau tidak sedap, dan serangan yang lanjut dapat menyebabkan matinya tanaman (Pratiwi dkk., 2014).

Pengendalian penyakit selama ini umum dilakukan masih terbatas pada pengendalian secara kimiawi melalui aplikasi fungisida. Namun, penggunaan fungisida dapat menimbulkan dampak negatif pada tanaman tebu dan hingga saat ini belum menunjukkan hasil pengendalian yang optimal. Pengendalian secara biologi (hayati) merupakan alternatif yang dapat dilakukan tanpa memberikan

pengaruh negatif terhadap lingkungan dan sekitarnya. Salah satu bentuk pengendalian hayati tersebut adalah penggunaan agens hayati, seperti jamur antagonis (Benitez dkk., 2004).

Trichoderma sp. dikenal sebagai jamur antagonis yang memiliki potensi besar sebagai agen pengendali hayati karena mampu menghambat pertumbuhan patogen melalui berbagai mekanisme seperti antibiosis, kompetisi, mikoparasitisme, dan induksi resistensi tanaman. *Trichoderma* sp. dapat tumbuh cepat, bersifat kompetitif dalam merebut ruang dan nutrisi, serta menghasilkan enzim dan senyawa bioaktif yang membantu melawan patogen, sehingga menjadikannya agen pengendali hayati yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Jamur antagonis ini telah banyak digunakan untuk mengendalikan penyakit tanaman, dan sekitar 90% dari aplikasi yang telah dilakukan berasal dari berbagai macam strain *Trichoderma* (Benitez dkk., 2004).

Jenis bahan aktif herbisida berpengaruh terhadap pertumbuhan koloni *T. harzianum*. Herbisida dengan bahan aktif fluroksipir menghambat pertumbuhan koloni jamur *T. harzianum*. Herbisida berbahan aktif 2,4-D dimetil amina mampu menekan pertumbuhan koloni *T. harzianum* secara langsung dengan persentase penurunan mencapai 20,16% berdasarkan metode dual kultur. Herbisida dengan bahan aktif oksifluorfen, ametryn, dan ammonium glufosinat menunjukkan sifat toleran terhadap pertumbuhan koloni *T. harzianum* (Fadly dan Musfirah, 2024).

1.2 Tujuan

Tujuan dalam penelitian ini adalah:

1. Mengetahui kemampuan tumbuh, sporulasi, dan viabilitas isolat *T. asperellum* koleksi Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung pada media yang diaplikasikan bahan aktif herbisida pada berbagai dosis, dan
2. Mengetahui kemampuan antagonis jamur *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. setelah ditumbuhkan pada media yang diaplikasikan bahan aktif herbisida pada berbagai dosis.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pengujian interaksi antara agen pengendali hayati dan bahan kimia pertanian, seperti fungisida, insektisida, dan herbisida, penting dilakukan dalam pengembangan pengelolaan penyakit tanaman yang efektif dan ramah lingkungan. Analisis pengaruh bahan kimia terhadap patogen maupun organisme antagonis dapat membantu menentukan agen hayati yang kompatibel dan tetap efektif digunakan bersama pestisida. Beberapa penelitian juga menunjukkan adanya efek sinergis antara spesies *Trichoderma* dan pestisida tertentu dalam menekan patogen tular tanah (Karhade dkk., 2025).

Trichoderma sp. merupakan jamur antagonis yang banyak dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati dalam pertanian karena kemampuannya menghambat pertumbuhan berbagai patogen tanaman melalui mekanisme antibiosis, kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, serta induksi resistensi tanaman. *Trichoderma* sp. juga berperan dalam meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan alami tanaman terhadap serangan penyakit, sehingga menjadi alternatif pengendalian yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Jumadi dan Caronge, 2021).

Fusarium sp. menyerang jaringan pucuk sehingga menimbulkan klorosis, kerusakan daun muda, layu pucuk, hingga kematian tanaman pada serangan berat. Infeksi *Fusarium* spp. berdampak pada penurunan pertumbuhan tanaman dan rendemen gula sehingga merugikan produksi tebu. Pengendalian patogen tular tanah lebih banyak mengandalkan pestisida kimia. Namun, penggunaan pestisida kimia bersifat tidak spesifik, dapat menekan mikroorganisme tanah yang menguntungkan, menimbulkan residu lingkungan, serta berisiko menyebabkan resistensi patogen. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan, salah satunya melalui pemanfaatan agen pengendali hayati seperti *Trichoderma* sp. (Pratiwi dkk., 2014)

Pemanfaatan *Trichoderma* sebagai agen hayati untuk mengendalikan *Fusarium* sp. pada tanaman tebu merupakan potensi yang cukup besar. Namun, dalam praktik budidaya tebu dengan skala luas, penggunaan herbisida merupakan kebutuhan yang tidak dapat dihindari untuk mengendalikan gulma yang bersaing

dengan tanaman, jika *Trichoderma* yang digunakan sensitif terhadap herbisida yang umum dipakai, efektivitas agen hayati tersebut dapat menurun. Penurunan ini bisa disebabkan oleh pengaruh negatif herbisida yang merusak sel jamur antagonis maupun gangguan terhadap pertumbuhan dan kemampuan antagonisnya. Oleh karena itu, uji ketahanan *Trichoderma* terhadap herbisida sangat penting untuk memastikan bahwa agen hayati *Trichoderma* tetap aktif dan produktif, serta tidak terganggu oleh residu atau kontak langsung dengan bahan kimia, sehingga pengendalian serangan jamur *Fusarium* sp. dapat dilakukan secara efektif dan berkelanjutan.

Kemampuan *Trichoderma* dalam menekan pertumbuhan patogen menjadi dasar pemanfaatannya sebagai agen pengendali hayati. Uji antagonis secara *in vitro* merupakan tahap awal untuk mengetahui potensi isolat *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. patogen penyebab penyakit pokahbung pada tanaman tebu. Hasil uji antagonis akan memberikan informasi mengenai isolat *T. asperellum* yang paling efektif dalam menekan pertumbuhan *Fusarium* sp. yang kemudian dapat diuji lebih lanjut di lapangan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah:

1. Isolat *T. asperellum* koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung mampu tumbuh, bersporulasi, dan mempertahankan viabilitasnya pada media yang diaplikasikan bahan aktif herbisida (diuron 80%, ametrin 500 g/L, parakuat diklorida 276 g/L, 2,4-D dimetil amina 865 g/L, dan isopropilamina glifosat 480 g/L) pada 0x, 0,5x, 1x dan 2x dosis rekomendasi, dan
2. Antagonis *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. tetap efektif menghambat setelah ditumbuhkan pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA) yang diaplikasikan bahan aktif (diuron 80%, ametrin 500 g/L, parakuat diklorida 276 g/L, 2,4-D dimetil amina 865 g/L dan isopropilamina glifosat 480 g/L) pada 0x, 0,5x, 1x dan 2x dosis rekomendasi.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tebu

Berdasarkan taksonominya, tanaman tebu dapat diklasifikasikan sebagai berikut (USDA, 2024):

Kingdom	: Plantae
Subkingdom	: Tracheobionta
Superdivisi	: Spermatophyta
Divisi	: Magnoliophyta
Kelas	: Liliopsida
Subkelas	: Commelinidae
Ordo	: Cyperales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Saccharum</i> L.
Spesies	: <i>Saccharum officinarum</i> L.

Tebu merupakan tanaman penghasil gula yang juga menjadi salah satu sumber karbohidrat penting. Data menunjukkan bahwa pada tahun 2010–2011, produksi gula nasional hanya mencapai 3,159 juta ton dengan luas lahan 473.923 hektar. Salah satu penyebab rendahnya produksi gula domestik dapat ditinjau dari aspek on farm, terutama pada tahap penyiapan dan kualitas bibit tebu. Penyiapan bibit yang masih menggunakan metode konvensional (bagal), memerlukan waktu cukup lama, yakni sekitar enam bulan untuk satu kali siklus tanam. Selain itu, kualitas bibit juga menjadi faktor penting karena sangat menentukan keberhasilan budidaya tebu (Putri dkk., 2013).

2.2 Jamur *Fusarium* sp.

Klasifikasi *Fusarium* sp. menurut Akhsan dkk. (2021) adalah sebagai berikut:

Kingdom	: Fungi
Division	: Ascomycota
Class	: Sordariomycetes
Ordo	: Hypocreales
Family	: Nectriaceae
Genus	: <i>Fusarium</i>
Spesies	: <i>Fusarium</i> sp.

Patogen jamur merupakan salah satu agen biotik yang menimbulkan tantangan serius dalam budidaya tanaman tebu, dengan lebih dari 100 jenis jamur dilaporkan dapat menyebabkan berbagai penyakit. Penyakit-penyakit tersebut meliputi penyakit cambuk, busuk merah, hawar daun, mosaik tebu, penyakit nanas, kerdil tunas, bercak daun, garis berbintik, pokkahbung (*Pokkah Boeng*), hingga layu. Salah satu penyakit yang saat ini mendapat perhatian adalah penyakit pokkahbung (PB), yang disebabkan oleh jamur *F. moniliforme*, anggota filum Ascomycota, ordo Hypocreales, dan famili Nectriaceae. Pada tanaman tebu, infeksi umumnya terjadi pada daun muda yang ditandai dengan gejala malformasi, daun terpuntir, serta pucuk yang bengkok, terutama pada kondisi lingkungan lembap seperti musim hujan. Kondisi tersebut mendukung perkembangan patogen sehingga meningkatkan intensitas serangan penyakit di lapangan (Poorniammal dkk., 2024).

Pokkah boeng yang disebabkan oleh jamur *F. moniliforme* merupakan salah satu masalah penting pada tanaman tebu dan dapat menyebabkan kematian batang tebu sebesar 10–38% pada varietas POJ 2878 (Martin dkk., 1989). Istilah “pokkah boeng” berasal dari bahasa Jawa yang berarti penyakit yang menyerang bagian pucuk tanaman

Penyakit pada tanaman muncul ketika terdapat patogen yang bersifat virulen, tanaman inang yang rentan, serta kondisi lingkungan yang mendukung perkembangan penyakit. Faktor lingkungan yang berperan meliputi suhu, pH, dan

intensitas cahaya. Suhu berpengaruh terhadap aktivitas patogen jamur, seperti perkecambahan spora, penetrasi ke jaringan inang, pertumbuhan, serta proses reproduksinya (Ginting, 2013).

2.3 Pengendalian *Fusarium* sp.

Banyak upaya pengendalian telah dilakukan, khususnya melalui penggunaan pestisida kimia. Namun demikian, upaya tersebut belum mampu mengatasi permasalahan penyakit secara optimal. Pestisida kimia yang digunakan umumnya bersifat tidak spesifik terhadap spesies patogen tular tanah serta tidak mampu menjangkau keberadaan patogen di dalam tanah. Oleh karena itu, penggunaan agens hayati diharapkan dapat menjadi alternatif yang efektif dalam mengendalikan patogen tular tanah (Risthayeni dan Zahara, 2018).

Selain itu pengendalian gulma pada tanaman tebu dengan herbisida dilakukan untuk mengurangi kompetisi antara gulma dan tanaman utama dalam memperoleh unsur hara, air, serta cahaya, sekaligus menekan potensi gulma sebagai sumber inokulum patogen. Pemakaian herbisida yang tidak tepat dan penggunaan herbisida yang sama terus-menerus dapat memberikan pengaruh negatif terhadap kesehatan manusia, tumbuhan, serta mikroorganisme bermanfaat di dalam tanah. Salah satu mikroorganisme penting yang berperan dalam pengendalian hayati adalah *Trichoderma* sp., yang dikenal efektif dalam menekan pertumbuhan patogen tanaman (Majid dkk., 2014).

Dampak buruk penggunaan bahan kimia dalam menangani penyakit pokahbung memicu upaya pencarian teknik pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Salah satu solusi yang potensial adalah pengendalian hayati, yang mampu menekan penyakit tanpa merusak ekosistem. Hasil penelitian menunjukkan bahwa keanekaragaman hayati di lingkungan pertanian dapat meningkatkan produktivitas sistem pertanian. Sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT) dianggap memiliki keanekaragaman hayati jamur tanah yang lebih tinggi dan dipandang sebagai suatu sistem terintegrasi yang menjadi dasar keberhasilan produksi pertanian (Muhibuddin dkk., 2011).

2.4 Herbisida

Herbisida secara umum adalah senyawa kimia yang digunakan untuk mengendalikan atau mematikan gulma dan tumbuhan pengganggu lainnya yang merugikan pertumbuhan tanaman utama. Herbisida dapat berasal dari senyawa organik maupun anorganik dan memiliki sifat racun terhadap tumbuhan sasaran maupun non-sasaran.

Herbisida dapat diklasifikasikan berdasarkan sasaran aplikasi, mobilitas, dan selektivitas. Berdasarkan sasaran aplikasi, herbisida dapat diaplikasikan ke dalam tanah yang bekerja melalui akar dan bagian bawah tanah atau diaplikasikan pada daun yang aktif bekerja terutama di bagian daun. Berdasarkan mobilitas, herbisida terbagi menjadi herbisida kontak yang hanya mematikan bagian tanaman yang langsung tersentuh bahan kimia, dan herbisida sistemik yang dapat ditranslokasikan melalui jaringan tumbuhan sehingga mempengaruhi bagian lain dari tumbuhan. Berdasarkan selektivitas, herbisida selektif hanya mematikan beberapa spesies gulma tanpa mengganggu tanaman lain, sedangkan herbisida non-selektif mampu menghancurkan atau mematikan sebagian besar vegetasi tumbuhan (Simarmata dkk., 2023).

Isopropilamina (IPA) glifosat merupakan herbisida pascatumbuh yang bersifat sistemik, nonselektif, dan memiliki spektrum pengendalian yang luas. Glifosat efektif untuk mengendalikan gulma rumput tahunan, gulma berdaun lebar, serta gulma dengan sistem perakaran yang dalam. Efektivitas herbisida dalam mengendalikan gulma dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya adalah dosis herbisida yang diaplikasikan. Penggunaan dosis yang terlalu rendah dapat menyebabkan pengendalian gulma tidak optimal, sedangkan penggunaan dosis yang terlalu tinggi dapat menimbulkan efek keracunan pada tanaman budidaya. Semakin tinggi dosis herbisida yang diberikan, semakin tinggi tingkat fitotoksisitasnya terhadap tanaman budidaya (Kurniadie dkk., 2022).

Paraquat diklorida merupakan salah satu herbisida yang digunakan untuk mengendalikan gulma. Herbisida ini bersifat kontak, yaitu hanya bekerja pada bagian tanaman yang terkena semprotan, serta bersifat nonselektif sehingga dapat

membunuh berbagai jenis tanaman. Cara kerjanya menyebabkan jaringan tanaman seperti terbakar, sehingga gejala kerusakan dapat terlihat dengan cepat, terutama jika digunakan dalam dosis tinggi. Sehingga penggunaan paraquat diklorida harus memperhatikan dosis yang tepat. Jika dosis terlalu rendah, gulma tidak akan mati secara optimal, sedangkan jika dosis terlalu tinggi dapat merusak atau meracuni tanaman budidaya (Umiyati dkk., 2019).

Diuron 80% merupakan herbisida umum yang efektif untuk mengendalikan berbagai jenis gulma rumput tahunan maupun menahun serta gulma berdaun lebar. Diuron adalah herbisida sistemik dari golongan fenil urea tersubstitusi. Senyawa ini mudah diserap dari larutan tanah melalui sistem perakaran tanaman, kemudian dengan cepat ditranslokasikan ke batang dan daun melalui sistem transpirasi, terutama melalui jaringan xilem. Diuron bekerja dengan cara menghambat reaksi Hill dalam proses fotosintesis, sehingga membatasi produksi senyawa berenergi tinggi seperti adenosin trifosfat (ATP) yang dibutuhkan untuk berbagai proses metabolisme. Diuron juga merupakan herbisida residu berspektrum luas yang digunakan baik sebelum tanaman tumbuh (pra-tumbuh) maupun setelah tumbuh (pascatumbuh) untuk mengendalikan gulma berdaun lebar dan rumput tahunan (Shivashankaramurthy dkk., 2020).

Ametrin 500 g/L merupakan herbisida selektif dari golongan triazin yang banyak digunakan untuk mengendalikan gulma rumput dan gulma berdaun lebar pada berbagai tanaman budidaya, seperti tebu, jagung, nanas, dan jeruk. Ametrin bekerja dengan menghambat proses fotosintesis melalui pengikatan pada protein D1 di Fotosistem II (PS II), sehingga mengganggu aliran elektron dalam rantai transpor fotosintesis. Hambatan tersebut menyebabkan berkurangnya pembentukan energi yang diperlukan untuk pertumbuhan tanaman, sehingga gulma mengalami klorosis, nekrosis, dan akhirnya mati. Efektivitas ametrin dipengaruhi oleh dosis aplikasi, jenis gulma, serta kondisi lingkungan. Penggunaan dosis yang sesuai mampu meningkatkan pengendalian gulma secara optimal, sedangkan penggunaan dosis yang berlebihan dapat meningkatkan risiko fitotoksisitas pada tanaman budidaya dan residu di lingkungan. Selain itu, ametrin diketahui memiliki persistensi yang cukup tinggi di tanah dan perairan sehingga

penggunaannya perlu memperhatikan dosis yang direkomendasikan untuk mengurangi dampak lingkungan (Liu dkk., 2017)

2,4 – D dimetil amina termasuk dalam kelompok asam fenoksi. Senyawa 2,4 – D dimetil amina memiliki turunan berupa garam dimetilamina dan butil ester yang umumnya digunakan untuk mengendalikan gulma. Cara penyerapan senyawa ini berbeda, di mana garam dimetilamina diserap melalui akar, sedangkan butil ester diserap melalui daun. Daun yang disemprot dengan 2,4-D dimetil amina membutuhkan waktu sekitar 4–6 jam untuk menyerapnya secara optimal, dengan syarat tidak terjadi hujan selama proses penyemprotan (Qurratu dan Reehan, 2016).

Metode yang paling efektif, praktis, dan ekonomis dalam pengendalian gulma pada lahan perkebunan adalah dengan menggunakan herbisida. Namun, penggunaan herbisida sintesis secara terus-menerus dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti pencemaran tanah dan air, serta kerusakan kualitas lahan. Selain itu, penggunaan yang berlebihan juga dapat menyebabkan keracunan pada organisme non-target serta meninggalkan residu herbisida pada hasil pertanian. Selain itu, dosis yang tinggi dapat mematikan seluruh bagian tumbuhan dan berpotensi berdampak negatif pada lingkungan dan mikroorganisme tanah (Anwar dan Suzanna, 2016).

2.5 Jamur *T. asperellum*

Trichoderma sp. memiliki koloni berwarna putih kehijauan hingga hijau, dengan miselium menyerupai rambut, tekstur koloni yang agak longgar, serta terlihat adanya lingkaran konsentris, garis radial, dan eksudat pada permukaan koloni. Secara mikroskopis, jamur *Trichoderma* sp. mempunyai konidia berbentuk bulat hingga semi bulat berwarna hijau, konidiofor bercabang, dan fialid pada ujungnya (Aini dan Martina, 2024).

Koloni *Trichoderma* sp. tumbuh cepat, diawali dengan warna putih yang kemudian berubah menjadi hijau seiring pertumbuhan. Konidiofor bercabang dengan fialid berbentuk silindris di ujung cabang, sedangkan konidia berbentuk

bulat hingga semi-bulat, berwarna hialin, dan memiliki permukaan halus hingga kasar. Pada fase lanjut, miselium yang sudah dewasa dapat berwarna hijau kekuningan hingga hijau tua. Konidiofor umumnya bercabang tidak teratur menyerupai piramida, sedangkan konidia berbentuk bulat, semi bulat hingga oval, transparan, berwarna hialin, dengan permukaan konidia halus (Aini dan Martina, 2024).

T. asperellum GDFS1009 memiliki karakteristik biologis yang mendukung perannya sebagai agen biokontrol, yaitu laju pertumbuhan miselium yang tinggi serta kemampuan sporulasi yang baik. Selain itu, isolat ini juga menunjukkan kemampuan penghambatan yang kuat terhadap patogen penyebab layu *fusarium* pada mentimun dan busuk batang pada jagung. Kemampuan antagonistik tersebut didukung oleh produksi enzim ekstraseluler seperti kitinase, glukanase dan protease. Enzim-enzim tersebut berperan dalam mendegradasi dinding sel jamur patogen, sehingga mampu menghambat pertumbuhan dan perkembangan patogen (Wu dkk., 2017).

Jamur *Trichoderma* sp. bersifat mikoparasit yang tidak patogen, mampu menyerang serta mengambil nutrisi dari jamur lain. *Trichoderma* sp. dapat memparasit jamur patogen tanaman dan menghambat pertumbuhan atau bahkan mematikan jamur tersebut. Keunggulannya antara lain mudah diisolasi, memiliki daya adaptasi yang luas, serta mampu tumbuh dengan cepat. Aktivitasnya di dalam tanah meliputi persaingan dalam memperebutkan ruang dan nutrisi serta bertindak sebagai mikoparasit, sehingga efektif dalam menekan perkembangan patogen tular tanah (Rosfiansyah dan Sopiarena, 2024).

2.6 Potensi *T. asperellum* sebagai agen pengendali *Fusarium* sp.

Trichoderma sp. merupakan salah satu genus jamur tanah yang berperan sebagai agen hayati dengan kemampuan menginfeksi dan menekan pertumbuhan berbagai jamur patogen. *Trichoderma* sp. banyak dimanfaatkan dalam bidang pertanian maupun industri sebagai agen biokontrol yang efektif. *Trichoderma* sp. bersifat antagonis terhadap berbagai patogen penyebab penyakit akar, pucuk, hingga

penyakit pascapanen. Perlakuan benih menggunakan *Trichoderma* sp. terbukti mampu mengurangi infeksi patogen akar serta membentuk hubungan simbiosis dengan perakaran tanaman (Fadly dan Musfirah, 2024).

Trichoderma merupakan salah satu genus jamur yang memiliki prospek besar dalam penerapan pertanian ramah lingkungan, terutama melalui perannya sebagai penyedia nutrisi dan pendukung pertumbuhan tanaman. Selain itu, *Trichoderma* sp. berfungsi sebagai agen pengendali hayati sekaligus berpotensi sebagai agen biofertilisasi yang bermanfaat bagi tanaman. Tidak hanya berperan sebagai agen hayati, spesies *Trichoderma* juga berfungsi sebagai pengurai bahan organik dan stimulator pertumbuhan tanaman. Beberapa spesies seperti *T. harzianum*, *T. viridae*, dan *T. konigii* diketahui memiliki spektrum pengendalian yang luas pada berbagai tanaman pertanian (Putri dan Anhar, 2024).

T. asperellum merupakan agen biokontrol yang efektif dalam mengendalikan *F. oxysporum*, penyebab penyakit layu *fusarium* pada tanaman tomat. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *T. asperellum* mampu menekan kejadian dan tingkat keparahan penyakit secara signifikan pada kondisi lapangan, dengan tingkat penghambatan pertumbuhan patogen mencapai hingga 90%. Kemampuan tersebut berkaitan dengan mekanisme induksi ketahanan tanaman (Hasna dkk., 2025).

Pengendalian penyakit tanaman secara konvensional saat ini mulai ditinjau ulang karena berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan dan kesehatan, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang lebih aman dan berkelanjutan. Pemanfaatan mikroba menguntungkan sebagai agen pengendali hayati menjadi salah satu pendekatan yang lebih ramah lingkungan dan ekonomis. Genus *Trichoderma* merupakan jamur tanah yang diketahui dapat meningkatkan ketersediaan unsur hara, merangsang pertumbuhan tanaman, serta menunjukkan aktivitas antagonis terhadap patogen tular tanah. Salah satu spesies yang berpotensi tinggi adalah *T. asperellum*, yang telah dilaporkan efektif menekan *F. oxysporum* dan mengurangi intensitas penyakit layu *fusarium* pada tanaman tomat.

T. asperellum merupakan salah satu cendawan rizosfer yang memiliki sifat antagonis dan diketahui mampu menekan perkembangan berbagai patogen tanaman, baik melalui pengujian secara *in vitro* maupun *in vivo*. Dua strain *T. asperellum* yang diisolasi dari tanaman bawang merah menunjukkan kemampuan menghambat pertumbuhan *Alternaria porri*, penyebab penyakit bercak ungu. Hasil pengujian *in vitro* menunjukkan bahwa beberapa strain memiliki daya hambat yang relatif sama terhadap patogen tersebut. Namun, pada pengujian *in vivo*, terdapat strain yang menunjukkan kemampuan lebih tinggi dalam mengkolonisasi jaringan akar, batang, dan daun, sehingga lebih efektif dalam menekan perkembangan penyakit bercak ungu pada tanaman bawang merah (Ratnawati dkk., 2020).

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus – Desember 2025 di Pusat Kajian Cassava, Kelapa Sawit, Tebu, Kopi, Lada, dan Kakao, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri, tabung erlenmeyer, tabung reaksi, bunsen, laminar air flow, microwave, gelas ukur, penggaris, scapel, aluminium foil, plastik wrap, kertas label, nampan, plastik tahan panas, autoklaf dan alat tulis, mikroskop dan komputer

Bahan-bahan yang digunakan media *Potato Dextrose Agar* (PDA), kentang, agar, dextrose, aquades, asam laktat, herbisida yaitu Rexron (diuron 80%), Rexatrin (ametrin 500 g/L), REXXONE (parakuat diklorida 276 g/L), Rexmino (2,4-D dimetil amina 865 g/L) dan Rexroot (isopropilamina glifosat 480 g/L) dan isolat jamur *T. asperellum*, *Fusarium* sp. koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Tabel 1. Isolat *T. asperellum* yang digunakan dalam penelitian

No	Kode Isolat	Asal Isolat	Tahun Isolasi
1.	WT 1	Rizosfer tanaman nanas	2016
2.	SPV	Rizosfer tanaman karet (Balitgetas)	2016
3.	30 Gy TH3	Hasil iradiasi sinar gamma	2020
4.	30 Gy T111	Hasil iradiasi sinar gamma	2016

3.3 Rancangan Percobaan

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) Faktorial. Faktor pertama (I) yaitu isolat *T. asperellum* yang terdiri atas empat taraf, yaitu WT1 (I1), 30 GY TH3 (I2), 30 GY T111 (I3), dan SPV (I4). Faktor kedua (B) yaitu bahan aktif herbisida yang terdiri atas lima taraf, yaitu diuron 80% (B1), ametrin 500 g/L (B2), parakuat diklorida 276 g/L (B3), 2,4-D dimetil amina 865 g/L (B4), dan isopropilamina glifosat 480 g/L (B5). Faktor ketiga (D) yaitu dosis aplikasi yang terdiri atas empat taraf, yaitu 0x dosis rekomendasi (D0), 0,5x dosis rekomendasi (D1), 1x dosis rekomendasi (D2), dan 2x dosis rekomendasi (D3).

Tabel 2. Herbisida yang digunakan dalam penelitian

No	Merk Dagang	Bahan Aktif	Dosis /Ha
1.	Rexron 80 WP	diuron 80%	1,5 - 2,5 Kg/Ha
2.	Rexatrin 500 SC	ametrin 500 g/L	1 - 1,5 L/Ha
3.	Rexxone 276 SL	parakuat diklorida 276 g/L	1,5 - 2 L/Ha
4.	Rexmino 865 SL	2,4-D dimetil amina 865 g/L	2,0 - 2,5 L/Ha
5.	Rexroot 480 SL	isopropilamina glifosat 480 g/L	2,25 - 3 L/Ha

Tabel 3. Dosis herbisida yang digunakan dalam penelitian

No	Bahan Aktif	Dosis Pengujian (50 mL media PDA)			
		0 x	0,5 x	1 x	2 x
1.	Diuron 80%	0 g	0,139 g	0,278 g	0,556 g
2.	Ametrin 500 g/L	0 mL	0,075 mL	0,150 mL	0,300 mL
3.	Parakuat diklorida 276 g/L	0 mL	0,111 mL	0,222 mL	0,444 mL
4.	2,4-D dimetil amina 865 g/L	0 mL	0,139 mL	0,278 mL	0,556 mL
5.	Isopropilamina glifosat 480 g/L	0 mL	0,188 mL	0,375 mL	0,750 mL

Keterangan: x : dosis rekomendasi.

Tabel 4. Faktor dan taraf perlakuan yang diuji dalam percobaan

Faktor	Taraf	Keterangan
I (Isolat <i>T. asperellum</i>)	I1	: <i>T. asperellum</i> WT 1
	I2	: <i>T. asperellum</i> 30 GY TH3
	I3	: <i>T. asperellum</i> 30 GY T111
	I4	: <i>T. asperellum</i> SPV
B (Bahan Aktif Herbisida)	B1	: diuron 80%
	B2	: ametrin 500 g/L
	B3	: parakuat diklorida 276 g/L
	B4	: 2,4-D dimetil amina 865 g/L
	B5	: isopropilamina glifosat 480 g/L
D (Dosis Aplikasi)	D0	: 0x dosis rekomendasi
	D1	: 0,5x dosis rekomendasi
	D2	: 1x dosis rekomendasi
	D3	: 2x dosis rekomendasi

Perlakuan ini terdiri dari 80 kombinasi dengan 3 ulangan sehingga terdapat 240 satuan percobaan (Tabel 5).

Tabel 5. Kombinasi Perlakuan Bahan Aktif dan Dosis Herbisida terhadap isolat *T. asperellum*

No	Perlakuan	No	Perlakuan	No	Perlakuan
1	I1B1D0-1	12	I4B3D2-2	23	I2B5D0-2
2	I3B4D2-2	13	I1B5D2-3	24	I4B2D3-2
3	I2B5D1-3	14	I3B2D0-2	25	I1B3D2-1
4	I4B2D0-1	15	I2B2D2-1	26	I3B1D0-2
5	I1B3D3-2	16	I4B1D1-3	27	I2B4D3-1
6	I3B1D2-1	17	I1B4D3-1	28	I4B5D1-1
7	I2B4D0-2	18	I3B3D1-2	29	I1B2D2-3
8	I4B5D3-3	19	I2B3D0-3	30	I3B5D3-2
9	I1B2D1-2	20	I4B4D0-1	31	I2B1D0-1
10	I3B5D0-1	21	I1B1D1-1	32	I4B3D3-3
11	I2B1D3-1	22	I3B4D1-3	33	I1B5D0-3

Tabel 5 (lanjutan)

34	I3B2D2-2	64	I4B2D2-1	94	I1B4D1-3
35	I2B2D0-1	65	I1B3D1-3	95	I4B3D2-1
36	I4B1D3-2	66	I3B1D1-2	96	I3B5D1-2
37	I1B4D1-2	67	I2B4D1-1	97	I2B3D3-1
38	I3B3D2-1	68	I4B5D2-2	98	I1B2D3-2
39	I2B3D3-2	69	I1B2D0-1	99	I4B1D0-1
40	I4B4D3-1	70	I3B5D1-3	100	I3B4D2-3
41	I1B1D3-3	71	I2B1D1-2	101	I2B5D0-1
42	I3B4D0-1	72	I4B3D1-1	102	I1B3D0-3
43	I2B5D2-1	73	I1B5D1-1	103	I4B2D1-1
44	I4B2D1-2	74	I3B2D3-3	104	I3B1D2-2
45	I1B3D0-2	75	I2B2D1-3	105	I2B4D2-1
46	I3B1D3-1	76	I4B1D2-1	106	I1B5D1-2
47	I2B4D2-3	77	I1B4D0-2	107	I4B4D3-3
48	I4B5D0-2	78	I3B3D3-2	108	I3B2D0-1
49	I1B2D3-1	79	I2B3D1-1	109	I2B2D3-1
50	I3B5D2-3	80	I4B4D1-2	110	I1B1D0-2
51	I2B1D2-2	81	I2B5D1-1	111	I4B5D1-3
52	I4B3D0-1	82	I1B3D2-2	112	I3B3D2-2
53	I1B5D3-2	83	I4B2D0-2	113	I2B1D0-3
54	I3B2D1-1	84	I3B1D3-3	114	I1B4D2-2
55	I2B2D3-3	85	I2B4D3-2	115	I4B3D3-1
56	I4B1D0-2	86	I1B5D2-1	116	I3B5D0-3
57	I1B4D2-1	87	I4B4D0-2	117	I2B3D1-3
58	I3B3D0-3	88	I3B2D2-1	118	I1B2D2-1
59	I2B3D2-2	89	I2B2D0-2	119	I4B1D3-1
60	I4B4D2-3	90	I1B1D1-2	120	I3B4D1-2
61	I1B1D2-2	91	I4B5D3-1	121	I2B5D3-3
62	I3B4D3-1	92	I3B3D0-2	122	I1B3D3-1
63	I2B5D3-2	93	I2B1D2-3	123	I4B2D2-3

Tabel 5 (lanjutan)

124	I3B1D0-1	153	I2B1D3-3	182	I1B3D0-1
125	I2B4D1-2	154	I1B4D3-3	183	I4B2D1-3
126	I1B5D0-1	155	I4B3D0-2	184	I3B1D2-3
127	I4B4D2-1	156	I3B5D3-1	185	I2B4D2-2
128	I3B2D3-2	157	I2B3D0-1	186	I1B5D1-3
129	I2B2D2-3	158	I1B2D1-1	187	I4B4D3-2
130	I1B1D3-2	159	I4B1D1-1	188	I3B2D0-3
131	I4B5D0-3	160	I3B4D0-2	189	I2B2D3-2
132	I3B3D1-1	161	I2B5D1-2	190	I1B1D0-3
133	I2B1D1-1	162	I1B3D2-3	191	I4B5D1-2
134	I1B4D0-3	163	I4B2D0-3	192	I3B3D2-3
135	I4B3D1-3	164	I3B1D3-2	193	I2B1D0-2
136	I3B5D2-1	165	I2B4D3-3	194	I1B4D2-3
137	I2B3D2-1	166	I1B5D2-2	195	I4B3D3-2
138	I1B2D0-3	167	I4B4D0-3	196	I3B5D0-2
139	I4B1D2-2	168	I3B2D2-3	197	I2B3D1-2
140	I3B4D3-2	169	I2B2D0-3	198	I1B2D2-2
141	I2B5D2-2	170	I1B1D1-3	199	I4B1D3-3
142	I1B3D1-1	171	I4B5D3-2	200	I3B4D1-1
143	I4B2D3-3	172	I3B3D0-1	201	I2B5D3-1
144	I3B1D1-3	173	I2B1D2-1	202	I1B3D3-3
145	I2B4D0-3	174	I1B4D1-1	203	I4B2D2-2
146	I1B5D3-1	175	I4B3D2-3	204	I3B1D0-3
147	I4B4D1-1	176	I3B5D1-1	205	I2B4D1-3
148	I3B2D1-3	177	I2B3D3-3	206	I1B5D0-2
149	I2B2D1-1	178	I1B2D3-3	207	I4B4D2-2
150	I1B1D2-1	179	I4B1D0-3	208	I3B2D3-1
151	I4B5D2-1	180	I3B4D2-1	209	I2B2D2-2
152	I3B3D3-1	181	I2B5D0-3	210	I1B1D3-1

Tabel 5 (lanjutan)

211	I4B5D0-1	221	I2B5D2-3	231	I4B5D2-3
212	I3B3D1-3	222	I1B3D1-2	232	I3B3D3-3
213	I2B1D1-3	223	I4B2D3-1	233	I2B1D3-2
214	I1B4D0-1	224	I3B1D1-1	234	I1B4D3-2
215	I4B3D1-2	225	I2B4D0-1	235	I4B3D0-3
216	I3B5D2-2	226	I1B5D3-3	236	I3B5D3-3
217	I2B3D2-3	227	I4B4D1-2	237	I2B3D0-2
218	I1B2D0-2	228	I3B2D1-2	238	I1B2D1-3
219	I4B1D2-3	229	I2B2D1-2	239	I4B1D1-2
220	I3B4D3-3	230	I1B1D2-3	240	I3B4D0-3

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Pembuatan Media PDA

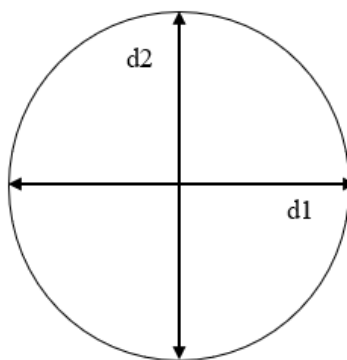
Media PDA dibuat dengan 200 g kentang yang telah dikupas, dicuci, dipotong kecil dan direbus dengan aquades hingga mendidih, kemudian hasil rebusan dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi 20 g *dextrose* dan 20 g agar, kemudian volumenya ditambahkan aquades hingga mencapai 1.000 mL dan diaduk hingga homogen. Media yang telah homogen pada erlenmeyer selanjutnya ditutup dengan aluminium foil dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit.

3.4.2 Peremajaan dan Perbanyak Isolat *T. asperellum*

Isolat jamur *T. asperellum*. yang digunakan pada penelitian ini adalah 4 isolat yang berasal dari koleksi Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Sebelum digunakan, seluruh isolat *T. asperellum* diremajakan pada media PDA.

3.4.3 Uji Pertumbuhan Isolat *T. asperellum* pada media PDA yang diaplikasikan Bahan Aktif Berbagai Dosis

Pengujian pertumbuhan isolat dilakukan dengan menginkubasi jamur pada media PDA yang diaplikasikan berbagai dosis herbisida. Diameter koloni diukur setiap hari selama 7 hari, untuk mengetahui pengaruh herbisida terhadap pertumbuhan jamur (Gambar 1).



Gambar 1. Pengukuran diameter koloni jamur pada media PDA menggunakan dua arah pengukuran yang saling tegak lurus yaitu diameter horizontal (d1) dan diameter vertikal (d2).

Cara pengukuran diameter koloni jamur pada cawan petri dihitung menggunakan rumus (Suseno dkk., 2016)

$$D = \frac{d1+d2}{2}$$

Keterangan:

- D = Diameter koloni jamur *T. asperellum*,
- d1 = Diameter horizontal koloni jamur *T. asperellum*, dan
- d2 = Diameter vertikal koloni jamur *T. asperellum*.

3.4.4 Uji Sporulasi Jamur *T. asperellum*

Pengamatan kerapatan spora dilakukan dengan memanen spora *T. asperellum* umur 7 hari pada media PDA yang diaplikasikan herbisida. Pemanenan spora dilakukan dengan menambahkan 10 ml air steril ke dalam cawan petri, kemudian spora dikeruk hingga diperoleh suspensi pekat. Suspensi dihomogenkan

menggunakan vortex mixer selama 1 menit hingga diperoleh pengenceran 10^1 , kemudian dilanjutkan secara bertingkat hingga 10^6 . Selanjutnya, suspensi diteteskan pada *haemocytometer* dan diamati menggunakan mikroskop binokuler perbesaran $400\times$. Sporulasi dihitung pada 5 kotak sedang *haemocytometer*, lalu dirata-ratakan menggunakan rumus (Syahnen dkk., 2014).

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

Keterangan:

S : Jumlah spora,

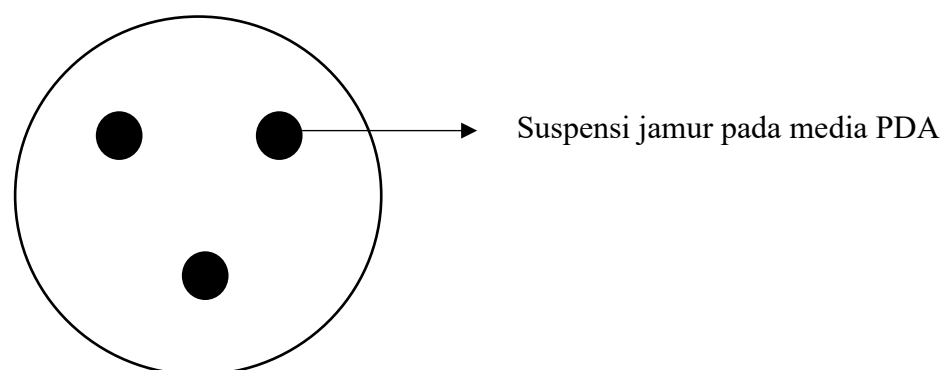
R : Jumlah rata-rata spora pada 5 kotak sedang *haemocytometer*,

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

F : Faktor Pengenceran yang dilakukan.

3.4.5 Uji Viabilitas Spora

Viabilitas spora *T. asperellum* diamati dengan membuat suspensi dari masing-masing isolat, kemudian diteteskan pada media PDA sebanyak 3 titik sebagai ulangan dan diinkubasi selama 6 jam. Selanjutnya, suspensi diamati menggunakan mikroskop binokuler perbesaran $400\times$ untuk menghitung jumlah spora yang berkecambah dan tidak berkecambah (Gambar 2).



Gambar 2. Pengujian viabilitas spora *T. asperellum* pada cawan media PDA.

Data yang di peroleh adalah jumlah spora yang berkecambah dan yang tidak berkecambah. Persentase viabilitas perkecambahan spora *T. asperellum* dihitung dengan menggunakan rumus (Syahnen dkk., 2014):

$$\text{Viabilitas (\%)} = \frac{\text{Jumlah spora berkecambah}}{\text{Total spora yang diamati}} \times 100 \%$$

3.4.6 Uji Antagonis *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp.

3.4.6.1 Penyiapan Isolat *T. asperellum*

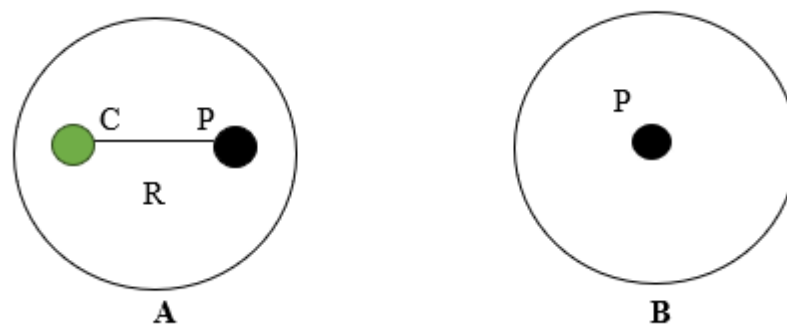
Isolat *T. asperellum* koleksi Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung diremajakan pada media PDA yang diaplikasikan herbisida dengan dosis rekomendasi dan di inkubasi selama tujuh hari, kemudian isolat jamur yang telah diremajakan selama tujuh hari tersebut digunakan untuk uji antagonis.

3.4.6.2 Penyiapan Isolat *Fusarium* sp.

Isolat *Fusarium* sp. koleksi Laboratorium Bioteknologi, Fakultas Pertanian Universitas Lampung diremajakan pada media PDA dan di inkubasi selama tujuh hari, kemudian isolat jamur yang telah diremajakan selama tujuh hari tersebut digunakan untuk uji antagonis terhadap *T. asperellum*.

3.4.6.3 Uji Antagonis

Uji antagonis dilakukan dengan menumbuhkan isolat *T. asperellum* dan *Fusarium* sp. dengan metode dua kultur pada media PDA. Pengujian *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. dilakukan dengan mengambil biakan jamur yang berumur 7 HIS menggunakan bor gabus. Pengamatan dilakukan dengan mengukur zona penghambatan pertumbuhan *Fusarium* sp. oleh *T. asperellum*. Metode ini untuk menguji pengaruh herbisida pada kemampuan antagonis *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. untuk mengetahui apakah herbisida mempengaruhi efektivitas *T. asperellum* sebagai pengendalian hayati (Gambar 3).



Gambar 3. Cara pengukuran uji antagonis *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp. pada media PDA di cawan petri.

Keterangan:

- r : jarak 3 cm,
- P : isolat *Fusarium* sp.,
- C : isolat *T. asperellum*,
- A : Antagonis *T. asperellum* dan *Fusarium* sp., dan
- B : Perlakuan kontrol jamur *Fusarium* sp.

Persentase penghambatan dihitung dengan menggunakan rumus (Ma dkk., 2023):

$$\text{Persentase penghambatan (\%)} = \frac{D1 - D2}{D1} \times 100 \%$$

Keterangan:

- D1 = diameter pertumbuhan *Fusarium* sp. pada kontrol (cm), dan
- D2 = diameter pertumbuhan *Fusarium* sp. pada setiap perlakuan (cm).

3.5 Analisis Data

Data hasil penelitian dianalisis menggunakan analisis ragam (ANARA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter yang diamati, yaitu pertumbuhan diameter koloni jamur, sporulasi, viabilitas spora, dan daya antagonis. Jika hasil analisis menunjukkan perbedaan yang nyata, maka dilakukan uji lanjut menggunakan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L pada 0x, 0,5x, 1x, dan 2x dosis rekomendasi menghasilkan pertumbuhan diameter koloni, sporulasi, dan viabilitas tertinggi pada seluruh isolat *T. asperellum*. Sebaliknya, bahan aktif 2,4-D dimetil amina 865 g/L memberikan penghambatan tertinggi terhadap pertumbuhan diameter koloni, sporulasi, dan viabilitas pada isolat WT 1, 30 GY TH3, dan 30 GY T111. Isolat SPV masih mampu mempertahankan pertumbuhan diameter koloni, sporulasi, dan viabilitas hingga 1x dosis rekomendasi, namun pada 2x dosis rekomendasi tidak menunjukkan pertumbuhan diameter koloni serta mengalami penurunan sporulasi serta viabilitas, dan
2. Persentase penghambatan tertinggi sebesar 83,05% dihasilkan oleh isolat 30 GY T111 yang ditumbuhkan pada media yang mengandung bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L pada 1x dosis rekomendasi. Sebaliknya, bahan aktif 2,4-D dimetil amina 865 g/L pada 0,5x, 1x, dan 2x dosis rekomendasi menurunkan kemampuan antagonis isolat 30 GY T111, 30 GY TH3, dan WT 1 hingga 0%, yang menunjukkan bahwa bahan aktif tersebut memberikan pengaruh paling besar terhadap kemampuan antagonis *T. asperellum* terhadap *Fusarium* sp.

5.2 Saran

Perlu dilakukan pengujian lebih lanjut mekanisme ketahanan *T. asperellum* terhadap bahan aktif isopropilamina glifosat 480 g/L serta pengaruhnya terhadap kemampuan antagonis dilapangan (*in vivo*) untuk memastikan efektivitas *T. asperellum* dalam mengendalikan *Fusarium* sp. pada tanaman tebu.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams Jr, R. S. 1973. Factors influencing soil adsorption and bioactivity of pesticides. *Residue Reviews: Residues of Pesticides and Other Contaminants in the Total Environment*. 1-54.
- Aini, N. dan Martina, A. 2024. Karakterisasi morfologi dan uji antifungi isolat jamur *Trichoderma* sp. dari tanah gambut terhadap patogen pada jarak kepyar (*Ricinus communis* L.). *Jurnal Agroteknologi*. 14(2): 53–62.
- Amaria, W., Taufiq, E., dan Harni, R. 2013. Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Journal of Industrial and Beverage Crops*. 4(1): 55–64.
- Anwar, R. dan Suzanna, E. 2016. Peranan herbisida glifosate dan air kelapa fermentasi dalam mengendalikan gulma di perkebunan kelapa sawit yang belum menghasilkan. *Jurnal Agroqua: Media Informasi Agronomi dan Budidaya Perairan*. 14(2): 11–18.
- Arfarita, N., Imai, T., Kanno, A., Yarimizu, T., Xiaofeng, S., Jie, W., Higuchi, T., and Akada, R. 2013. The potential use of *Trichoderma viride* strain FRP3 in biodegradation of the herbicide glyphosate. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 27(1): 3518–3521.
- Asniwita, A., Novalina, N., Syarif, M., Bestari, A. V., and Obura, B. O. 2024. Exploration of indigenous *plant growth promoting fungi* (PGPF) as biological control agents and biofertilizer. *Jurnal Ilmiah Ilmu Terapan Universitas Jambi*. 8(1): 240–250.
- Benitez, T., Rincon, A. M., Limon, M. C., and Codon, A. C. 2004. Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *International Microbiology*. 7(4): 249–260.
- Błaszczyk, L., Basińska-Barczak, A., Cwiek-Kupczyńska, H., Gromadzka, K., Popiel, D., and Stępień, Ł. 2017. Suppressive effect of *Trichoderma* spp. on toxigenic *fusarium* species. *Polish Journal of Microbiology*. 66(1): 85–100.
- Fadly, F. dan Musfirah, R. 2024. Kompatibilitas *Trichoderma harzianum* terhadap berbagai bahan aktif herbisida. *BIOMA: Jurnal Biologi Makassar*. 9(2): 50–56.
- Ginting, C. 2013. *Ilmu Penyakit Tumbuhan: Konsep dan Aplikasi*. Lembaga Penelitian Universitas Lampung. Bandar Lampung.

- Hasna, M. K., Paul, N. R., Haque, M. M., Bir, M. S. H., Ali, M. A., and Chong, K. P. 2025. Biocontrol efficacy of *T. asperellum* against *fusarium* wilt in tomato plants by induction of the host defense genes. *Discover Plants*. 2(1): 136.
- Jumadi, O., Junda, M., Caronge, M. W., dan Syafruddin, S. P. (Ed.). 2021. *Trichoderma dan Pemanfaatan*. Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Makassar. Makassar.
- Karhade, B. G., Ingle, R. W., Pillai, T. S., Nakle, A. A., Dhawane, A. G., AJ, A., and Mahure, S. R. 2025. Compatibility of *Trichoderma asperellum* with some selected fungicides, insecticides and weedicides. *International Journal of Advanced Biochemistry Research*. 9(7): 1044–1048.
- Kurniadie, D., Widayat, D., dan Sernita, P. I. 2022. Pengaruh dosis herbisida isopropilamina glifosat 480 SL untuk pengendalian gulma pada budidaya tanaman eukaliptus (*Eucalyptus* sp.). *Agrikultura*. 33(2): 208–216.
- Liu, Y., Ma, L.Y., Lu, Y.C., Jiang, S.S., Wu, H.J., and Yang, H. 2017. *Comprehensive analysis of degradation and accumulation of ametryn in soils and in wheat, maize, ryegrass and alfalfa plants*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 140: 264–270.
- Ma, Y., Li, Y., Yang, S., Li, Y., and Zhu, Z. 2023. Biocontrol potential of *Trichoderma asperellum* strain 576 against *Exserohilum turcicum* in *Zea mays*. *Journal of Fungi*. 9(9): 936.
- Maftuhah, A. N., Susanti, A., dan Febrianti, R. 2018. Uji efektivitas sifat antagonisme lima isolat lokal *Trichoderma* spp. terhadap *Fusarium* sp. *Agrosaintifika*. 1(1): 1–5.
- Majid, M., Hasanuddin, H., dan Pinem, M. I. 2014. Uji pengaruh beberapa herbisida terhadap *Trichoderma* sp. secara in vitro. *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*. 2(4): 101785.
- Malfatti, A. de L. R., Mallmann, G. C., Oliveira Filho, L. C. I., Carniel, L. S. C., Cruz, S. P., and Klauberg-Filho, O. 2021. Ecotoxicological test to assess effects of herbicides on spore germination of *Rhizophagus clarus* and *Gigaspora albida*. *Ecotoxicology and Environmental Safety*. 207(111599): 1–7.
- Martin, J. P., Handojo, H., and Wismer, C. A. 1989. Pokkah boeng. *Diseases of Sugarcane: Major Diseases*. 157-165.
- Morjan, W. E., Pedigo, L. P., and Lewis, L. C. 2002. Fungicidal effects of glyphosate and glyphosate formulations on four species of entomopathogenic fungi. *Environmental Entomology*. 31(6): 1206-1212.
- Muhibuddin, A., Addina, L., Abadi, A. L., and Ahmad, A. 2011. Biodiversity of soil fungi on integrated pest management farming system. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*. 33(2): 111–118.
- Pasalo, N. M., Kandou, F. E. F., dan Singkoh, M. F. O. 2022. Uji antagonisme jamur *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium* sp. pada tanaman

- bawang merah (*Allium cepa*) isolat lokal Tonsewer secara in vitro. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 13(2): 1–7.
- Poorniammal, R., Jernisha, J., Prabhu, S., and Dufossé, L. 2024. Sugarcane pokkah boeng disease: insights and future directions for effective management. *Life*. 14(12): 2–15.
- Pratiwi, B. N., Sulistyowati, L., Muhibuddin, A., dan Kristini, A. 2014. Uji pengendalian penyakit pokahbung (*Fusarium moniliformae*) pada tanaman tebu (*Saccharum officinarum*) menggunakan *Trichoderma* sp. indigenous secara in vitro dan in vivo. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*. 2(1): 119–129.
- Putri, A. D., Sudiarso, S., dan Islami, T. 2013. Pengaruh komposisi media tanam pada teknik bud chip tiga varietas tebu (*Saccharum officinarum* L.). *Jurnal Produksi Tanaman*. 1(1): 16–23.
- Putri, N. M., Fatiha, N. A., Valentino, M., Prasta, M. A. I., Raihan, Z. A., Maisaroh, N., dan Erlyn, P. 2025. Optimalisasi potensi daerah: transformasi sari tebu menjadi gula merah. *Prosiding Kuliah Kerja Nyata Universitas Muhammadiyah Palembang*. 3(1): 58–65.
- Putri, U. D. dan Anhar, A. 2024. *Trichoderma* sp.: solusi ramah lingkungan untuk pengendalian patogen dan peningkatan pertumbuhan tanaman. *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. 4(1): 222–229.
- Qurratu, A. and Reehan, A. 2016. A review of 2,4-dichlorophenoxyacetic acid (2,4-D) derivatives: 2,4-D dimethylamine salt and 2,4-D butyl ester. *International Journal of Applied Engineering Research*. 11(19): 9946–9955.
- Ratnawati, R., Sjam, S., Rosmana, A., dan Tresnapura, U. S. 2020. Endophytic *Trichoderma* species of Palu Valley shallot origin with potential for controlling purple blotch pathogen *Alternaria porri*. *International Journal of Agriculture & Biology*. 23(5): 977–982.
- Rosfiansyah, R. dan Sopialena, S. 2024. Identifikasi dan uji antagonis *Trichoderma* sp. indigenous beberapa daerah Kalimantan Timur terhadap penyebab penyakit layu tomat (*Fusarium oxysporum*). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab*. 7(1): 26–34.
- Santoro, P. H., Cavaguchi, S. A., Alexandre, T. M., Zorzetti, J., and Neves, P. M. O. J. 2014. In vitro sensitivity of antagonistic *Trichoderma atroviride* to herbicides. *Brazilian Archives of Biology and Technology*. 57: 238–243.
- Sarhan, A. T. 2020. The effective role of soil indigenous fungi on 2,4-D herbicide degradation. *Biogenesis*. 8(2): 195–202.
- Shivanna, M. B., Meera, M. S., dan Hyakumachi, M. 1996. Role of root colonization ability of plant growth promoting fungi in the suppression of take-all and common root rot of wheat. *Crop Protection*. 15(6): 497–504.
- Shivashankaramurthy, M., Agasimani, A. D., Patil, R. S., Manju, M. J., and Neeralagi, A. 2020. Effect of diuron herbicide on weeds in banana. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 9(3): 930–934.

- Simarmata, M., Suprijono, E., dan Widodo. 2023. *Teknik Aplikasi Herbisida dalam Pengendalian Gulma*. Penerbit Deepublish Digital. Yogyakarta.
- Suseno, S. M., Siregar, E. B. M., dan Batubara, R. 2016. Respon *Cylindrocladium* sp. terhadap fungisida berbahan aktif metiram secara in vitro. *Peronema Forestry Science Journal*. 5(3): 79–84.
- Syahnen, Desianty, N. S., Sri, E., dan Pinem, M. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium*. Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP). Medan.
- Umiyati, U., Widayat, D., Kurniadie, D., dan Aris, K. 2019. Respon pertumbuhan gulma dan hasil tanaman jagung terhadap herbisida 276 g/L pada sistem tanam TOT. *Agrotechnology Research Journal*. 3(1): 18–22.
- United States Department of Agriculture (USDA).2024. Plant Database. <https://plants.usda.gov/classification/25368>. Diakses pada 8 Oktober 2025.
- Wu, Q., Sun, R., Ni, M., Yu, J., Li, Y., Yu, C., Dou, K., Ren, J., and Chen, J. 2017. Identification of a novel fungus, *T. asperellum* GDFS1009, and comprehensive evaluation of its biocontrol efficacy. *PLOS ONE*. 12(6): 1–20.