

**KARAKTERISTIK DAN UJI ANTAGONIS BEBERAPA ISOLAT
Trichoderma TERHADAP PENYEBAB PENYAKIT LAYU (*Fusarium
oxysporum*) PADA TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

Skripsi

Oleh

**Angraini Subasari
1914191023**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

**KARAKTERISTIK DAN UJI ANTAGONIS BEBERAPA ISOLAT
Trichoderma TERHADAP PENYEBAB PENYAKIT LAYU (*Fusarium
oxysporum*) PADA TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

(Skripsi)

Oleh

ANGRAINI SUBASARI

Skripsi

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

Pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

KARAKTERISTIK DAN UJI ANTAGONIS BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma* TERHADAP PENYEBAB PENYAKIT LAYU (*Fusarium oxysporum*) PADA TANAMAN TOMAT (*Lycopersicon esculentum* Mill)

Salah satu permasalahan yang mengakibatkan turunnya produksi tomat adalah penyakit layu *Fusarium* yang disebabkan oleh *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh suhu, pH dan cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan beberapa isolat *Trichoderma* sp., serta mengetahui kemampuan antagonis beberapa isolat *Trichoderma* terhadap penyebab penyakit layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*). Penelitian ini dilaksanakan pada Januari 2023 sampai Oktober 2023. Penelitian ini dirancang menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) yang terdiri dari eksplorasi, isolasi jamur *F.oxysporum* dan *Trichoderma* sp., uji patogenesis jamur *F.oxysporum*, identifikasi makroskopis dan mikroskopis, uji beberapa pengaruh suhu (21°C, 25°C, 29°C, 33°C, dan 37°C), uji beberapa pengaruh pH media (5, 6, 7, 8 dan 9), uji pengaruh intensitas cahaya (terang, gelap dan terang-gelap), serta uji daya hambat *Trichoderma* terhadap *F.oxysporum*. Penelitian ini menunjukkan bahwa pertumbuhan koloni *Trichoderma* paling optimal pada suhu 25°C, pH 5 dan intensitas cahaya terang sampai dengan intensitas cahaya terang-gelap, sedangkan kerapatan spora isolat *Trichoderma* paling tinggi pada suhu 25°C, pH 5 dan intensitas cahaya terang. Hasil uji antagonis menunjukkan isolat *Trichoderma* P5SIN dan isolat *Trichoderma* WT2 memiliki kemampuan yang paling baik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan daya hambat sebesar 77,95% dan 76,26%.

Kata kunci: *Fusarium oxysporum*, layu *Fusarium*, tomat, *Trichoderma*

Judul Skripsi : **KARAKTERISTIK DAN UJI ANTAGONIS
BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma*
TERHADAP PENYEBAB PENYAKIT LAYU
(*Fusarium oxysporum*) PADA TANAMAN
TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)**

Nama Mahasiswa : **Angraini Subasari**

Nomor Pokok Mahasiswa : **1914191023**

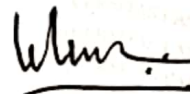
Jurusan : **Proteksi Tanaman**

Fakultas : **Pertanian**

MENYETUJUI
1. Komisi Pembimbing



Ir. Efri, M.S.
NIP. 196009291987031002



Ir. Lestari Wibowo, M.P.
NIP. 196208141986102001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

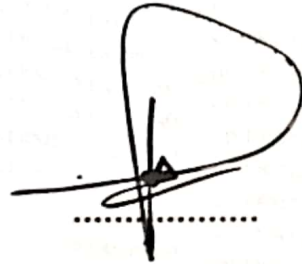


Dr. Yuyun Fitriana, S.P, M.P
NIP. 198108152008122001

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua : Ir. Efri, M.S.



Sekretaris : Ir. Lestari Wibowo, M.P.



**Penguji
Bukan Pembimbing : Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M. Sc.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 19 Januari 2024

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda-tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul “**KARAKTERISTIK DAN UJI ANTAGONIS BEBERAPA ISOLAT *Trichoderma* TERHADAP PENYEBAB PENYAKIT LAYU (*Fusarium oxysporum*) PADA TANAMAN TOMAT (*Lycopersicum esculentum* Mill)**” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 06 Februari 2024
Penulis



Angraini Subasari
NPM. 1914191023

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir pada tanggal 19 November 2001 di Jakarta Pusat, merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari pasangan Bapak Achmad Hairul Akbar dan Ibu Rini Handayani. Penulis memiliki hobi menggambar karakter anime dan menonton anime. Penulis menyelesaikan pendidikan pertamanya di Taman Kanak-Kanak Yayasan Wakaf Pertemuan Muslimin, Jakarta Pusat pada tahun 2006-2007, kemudian penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Dasar Negeri kelas 1 sampai kelas 3 di SDN 09 Pagi pada tahun 2008-2010, lalu penulis pindah ke Bogor dan melanjutkan kembali pendidikan di SDN Situ Ilir 02 dari kelas 3 sampai kelas 6 pada tahun 2010-2013. Penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 1 Pamijahan pada tahun 2013-2016, setelah itu penulis melanjutkan pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Ciampea dan lulus pada tahun 2019. Selama SMA penulis aktif mengikuti kegiatan ekstrakurikuler Pramuka Cempala Dirga dan Gambir Wangi (PALADIRGAWA) dan aktif mengikuti perlombaan yang diadakan oleh SMA lain. Tahun 2019 penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Penulis melaksanakan Praktik Umum di Laboratorium Agens Hayati di Balai Besar Pelatihan Pertanian (BBPP), Lembang, Jawa Barat dengan judul **“EKSPLORESI DAN PERBANYAKAN AGENSIA HAYATI JAMUR *Trichoderma* sp. DI BALAI BESAR PELATIHAN PERTANIAN LEMBANG, JAWA BARAT”** pada tahun 2022 dan mengikuti Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Leweungkolot, Kecamatan Cibungbulang, Kabupaten Bogor pada tahun 2021. Selama menjadi mahasiswa penulis pernah menjadi

asisten praktikum mata kuliah Biologi PTN A dan PTN B pada tahun 2022 dan asisten praktikum Mikrobiologi Umum PTN B pada tahun 2023. Penulis juga mengikuti organisasi kampus Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota bidang Minat dan Bakat pada tahun 2020, Lembaga Studi Mahasiswa Pertanian (LS-MATA) sebagai anggota bidang Kewirausahaan pada tahun 2020, dan organisasi luar kampus Perhimpunan Mahasiswa Daerah Bogor Barat (PERSADA) sebagai anggota Pendidikan pada tahun 2020.

PERSEMBAHAN

Teruntuk kedua orang tuaku Ayah Achmad Hairul Akbar dan Mama Rini Handayani, serta saudara-saudariku Abang Achmad Sutani Akbar, Adikku Kanti Rahajeng Ningtryas dan Adikku Damar Tirtayasa, tak lupa juga Akung Suyarto, Uti Rachmawati, Kakek Achmad Dzarkasih Ghofur dan Nenek Asroh Ahmad yang tersayang saya persembahkan Skripsi ini sebagai bentuk rasa cintaku kepada kalian. Terimakasih selalu memberikan do'a, kasih sayang, semangat, nasihat, ilmu yang sangat bermanfaat serta dukungannya selama ini kepadaku. Sehingga aku dapat menyelesaikan tugasku menjadi sarjana

Sebagai tanda terimakasih ku, ku persembahkan karya kecil ini sebagai wujud kesungguhanku meraih gelar sarjana dan sekaligus sebagai salah satu langkahku di masa depan yang akan datang. Semoga kalian sehat selalu, diberikan umur yang panjang, didekatkan dengan orang-orang yang Amanah, Tabligh, Fatanah, orang-orang yang mencintai dan menyayangi kalian serta dijauhkan dari segala bahaya

Serta

**Almamater Tercinta
Universitas Lampung**

MOTO

“Hidup bukan hanya tentang kesenangan dan kesedihan, tapi juga tentang keikhlasan, kedewasaan, kesabaran dan perjuangan”

“Jika jalan yang kau tempuh banyak sekali rintangan teruslah melangkah dan melawatinya, meskipun kau terluka dan kecewa. Percayalah di ujung jalan yang kau tempuh adalah jalan yang mulus dan bahkan memiliki pemandangan yang indah”

- Angraini Subasari

SANWACANA

Bismillahirrahmanirrahim,

Puji syukur dipanjatkan kepada Allah SWT, berkat rahmat dan hidayah-Nya penulisan skripsi ini dapat diselesaikan. Penulis menyadari bahwa dalam kegiatan dan penulisan skripsi ini banyak mendapat bantuan dari berbagai pihak, untuk itu penulis mengucapkan terima kasih sebesar-besarnya kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah memfasilitasi kegiatan Skripsi ini.
2. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman yang telah memfasilitasi kegiatan Skripsi ini.
3. Ir. Efri, M.S., selaku pembimbing pertama yang selalu membimbing, memberikan ilmu, perhatiannya serta masukan dan saran selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
4. Ir. Lestari Wibowo, M.P., selaku pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, masukan dan sarannya selama proses penelitian dan penyusunan skripsi.
5. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku pembahas yang telah memberikan masukan dan sarannya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.
6. Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan ilmu serta bimbingannya selama kuliah kepada penulis.
7. Seluruh Bapak dan Ibu Dosen Jurusan Proteksi Tanaman Universitas Lampung, yang telah memberikan ilmunya selama kuliah.
8. Tri Yuda Pratiwi, A. Md, yang telah membagi pengetahuan dan sarannya tentang kegiatan di Laboratorium Balai Besar Pelatihan Pertanian Lembang.

9. Bapak Alm. Achmad Hairul Akbar selaku Ayah tercinta yang telah menyayangi, membesarkan, mendidik penulis dari kecil hingga saat ini, serta mengajari penulis ilmu yang bermanfaat sekaligus menjadi panutan penulis agar terus semangat dan bekerja keras dalam melakukan hal apapun.
10. Mama Rini Handayani selaku mama tercinta yang telah merawat, menyayangi, membimbing penulis dari kecil hingga saat ini. Mama selalu memberikan do'a dan dorongan semangat yang besar hingga penulis pantang menyerah dalam menjalankan tugasnya, serta mengajarkan penulis ilmu yang bermanfaat, selalu ikhlas, sabar, jujur, dan tidak pamrih dalam melakukan hal apapun.
11. Abang Achmad Sutani Akbar, Kanti Rahajeng Ningtryas dan Damar Tirtayasa yang selalu menyayangi, mendukung, menghibur, sekaligus menjadi tempat bercanda dan bercerita penulis.
12. Akung Suyarto, Uti Rachmawati, Kakek Achmad Dzarkasih Ghofur dan Nenek Asroh Ahmad yang telah memberikan do'a, kasih sayang, semangat, ilmu yang bermanfaat serta mendukung penulis dalam melakukan hal.
13. Wa Ibal dan Wa Iin yang telah membantu penulis dan keluarga tercinta
14. Tante Ade, Om Yudi, Rakha, Aira dan Reyhan yang telah banyak membantu penulis selama berkuliah di UNILA.
15. Mba Tari dan Mba Yeyen yang membimbing dan mengajarkan penulis selama berkuliah di UNILA.
16. Puja Setian Amany selaku sahabat yang membantu penulis dalam melaksanakan penelitian dari awal hingga akhir, selalu ada disaat susah maupun senang, dan menjadi tempat bertukar cerita serta pendengar yang baik.
17. Suci Aulia Hersaputri selaku sahabat yang membantu penulis dalam melaksanakan penelitian, menjadi tempat bertukar cerita dan pendengar yang sangat baik.
18. Eiichiro oda selaku penulis One Piece yang telah memberikan hal positif kepada penulis. One Piece selalu membuat penulis menjadi lebih ceria, semangat, memberikan pelajaran yang sangat bermanfaat di kehidupan nyata dan One Piece menjadi anime favorit penulis.

19. Anime Naruto, Kimetsu no Yaiba, Haikyuu, Bokuno Hero, Boruto, Meiruko Chan, Jujutsu no Kaisen, Jigokuraku, Spy x Family, serta anime lainnya yang telah menemani penulis disaat penulis kurang bersemangat.
20. Persija Jakarta club bola favorit yang membuat penulis menjadi bersemangat dalam mengerjakan skripsi.
21. Teman-temanku yang tersayang Syifaa, Azrah, Carissa, Suci, Dimas, Azis, Anisa, Vina, Salsa, Mira, dan Rae yang telah membantu, menemani penulis selama berkuliah di UNILA.
22. Seluruh teman-teman Proteksi Tanaman 2019 yang sedang melakukan Skripsi.

Penulis menyadari laporan ini masih banyak kekurangan, untuk itu penulis mengharapkan saran dan kritik dari berbagai pihak untuk penyempurnaan laporan skripsi ini. Semoga semua bantuan dan saran yang telah diberikan mendapatkan balasan terbaik dari Allah SWT. Semoga laporan skripsi ini dapat bermanfaat bagi semua pihak yang memerlukan.

Bandar Lampung, 06 Februari 2024
Penulis

Angraini Subasari

DAFTAR ISI

| | |
|---|-------------|
| DAFTAR ISI | xiv |
| DAFTAR GAMBAR | xvii |
| DAFTAR TABEL | xxi |
| 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 Tanaman tomat | 5 |
| 2.2 Klasifikasi dan morfologi tanaman tomat | 5 |
| 2.3 Penyakit layu <i>Fusarium oxysporum</i> | 7 |
| 2.4 Karakteristik jamur <i>Fusarium oxysporum</i> | 8 |
| 2.5 Pengendalian hayati menggunakan <i>Trichoderma</i> | 10 |
| 2.6 Karakteristik beberapa spesies jamur <i>Trichoderma</i> | 11 |
| 2.7 Eksplorasi jamur <i>Trichoderma</i> | 13 |
| 2.8 Pengaruh suhu, pH dan cahaya dalam pertumbuhan dan perkembangan <i>Trichoderma</i> | 13 |
| III. METODE PENELITIAN | 15 |
| 3.1 Waktu dan tempat | 15 |
| 3.2 Alat dan bahan | 15 |
| 3.3 Pelaksanaan penelitian | 16 |
| 3.3.1 Eksplorasi dan seleksi isolat <i>Fusarium</i> penyebab penyakit layu..... | 16 |
| 3.3.2 Uji patogenesis isolat <i>Fusarium</i> penyebab penyakit layu..... | 16 |
| 3.3.3 Eksplorasi dan isolasi <i>Trichoderma</i> sebagai agens antagonis | 17 |
| 3.3.4 Seleksi isolat <i>Trichoderma</i> yang berperan sebagai agens antagonis | 17 |
| 3.3.5 Identifikasi jamur <i>Fusarium</i> dan <i>Trichoderma</i> | 17 |
| 3.3.6 Pengujian pengaruh suhu, pH dan cahaya terhadap pertumbuhan <i>Trichoderma</i> | 18 |
| 3.3.6.1 Suhu..... | 18 |
| 3.3.6.2 pH..... | 18 |
| 3.3.6.3 Cahaya | 19 |

| | | |
|------------|---|-----------|
| 3.3.6.4 | Parameter yang diamati..... | 19 |
| 3.3.6.4.1 | Diameter koloni..... | 19 |
| 3.3.6.4.2 | Kerapatan spora..... | 19 |
| 3.3.7 | Uji antagonis jamur <i>Trichoderma</i> terhadap <i>Fusarium</i> | 20 |
| 3.3.7.1 | Parameter yang diamati..... | 21 |
| 3.3.7.2 | Daya hambat..... | 21 |
| 3.3.8 | Analisis data..... | 21 |
| IV. | HASIL DAN PEMBAHASAN..... | 23 |
| 4.1 | Hasil penelitian | 23 |
| 4.1.1 | Isolasi patogen penyebab layu pada tanaman tomat | 23 |
| 4.1.2 | Uji patogenesis..... | 25 |
| 4.1.3 | Eksplorasi, isolasi, purifikasi, dan identifikasi <i>Trichoderma</i> sebagai agen antagonis dari tanah perakaran tomat..... | 26 |
| 4.1.3.1 | <i>Trichoderma</i> isolat TMT | 26 |
| 4.1.3.2 | <i>Trichoderma</i> isolat TBU..... | 26 |
| 4.1.3.3 | <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN | 27 |
| 4.1.3.4 | <i>Trichoderma</i> isolat WT2..... | 28 |
| 4.1.4 | Perlakuan suhu, pH dan cahaya terhadap pertumbuhan diameter <i>Trichoderma</i> | 28 |
| 4.1.4.1 | Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan <i>Trichoderma</i> | 28 |
| 4.1.4.1.1 | <i>Trichoderma</i> isolat TMT | 28 |
| 4.1.4.1.2 | <i>Trichoderma</i> isolat TBU | 29 |
| 4.1.4.1.3 | <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN..... | 31 |
| 4.1.4.1.4 | <i>Trichoderma</i> isolat WT2 | 32 |
| 4.1.4.2 | Pengaruh pH media terhadap pertumbuhan <i>Trichoderma</i> | 33 |
| 4.1.4.2.1 | <i>Trichoderma</i> isolat TMT..... | 33 |
| 4.1.4.2.2 | <i>Trichoderma</i> isolat TBU | 34 |
| 4.1.4.2.3 | <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN..... | 36 |
| 4.1.4.2.4 | <i>Trichoderma</i> isolat WT2 | 37 |
| 4.1.4.3 | Pengaruh cahaya terhadap pertumbuhan <i>Trichoderma</i> | 39 |
| 4.1.4.3.1 | <i>Trichoderma</i> isolat TMT..... | 39 |
| 4.1.4.3.2 | <i>Trichoderma</i> isolat TBU | 40 |
| 4.1.4.3.3 | <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN..... | 41 |
| 4.1.4.3.4 | <i>Trichoderma</i> isolat WT2 | 42 |

| | |
|---|-----------|
| 4.1.5 Uji antagonis jamur <i>Trichoderma</i> terhadap <i>Fusarium</i> sp..... | 43 |
| 4.2 Pembahasan | 45 |
| V. SIMPULAN DAN SARAN..... | 47 |
| 5.1 Simpulan..... | 47 |
| 5.2 Saran..... | 47 |
| LAMPIRAN | 53 |
| Lampiran 1..... | 54 |
| Lampiran 2..... | 57 |
| Lampiran 3..... | 58 |
| Lampiran 4..... | 61 |

DAFTAR GAMBAR

| Gambar | Halaman |
|--|---------|
| 1. Koloni jamur <i>Fusarium oxysporum</i> pada media PDA (Sumber: Afriani dan Maria, 2018). | 9 |
| 2. Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> secara mikroskopis pada perbesaran 400x (Sumber: Afriani dan Maria, 2018). | 10 |
| 3. Ciri morfologi <i>Trichoderma hamantum</i> . a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014)..... | 12 |
| 4. Ciri morfologi <i>Trichoderma koningii</i> . a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014)..... | 12 |
| 5. Ciri morfologi <i>Trichoderma harziaum</i> . a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014)..... | 12 |
| 6. Ciri morfologi <i>Trichoderma polysporum</i> . a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014)..... | 13 |
| 7. Ciri morfologi <i>Trichoderma aureoviride</i> . a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014)..... | 13 |
| 8. Tata letak Jamur <i>Fusarium</i> dan <i>Trichoderma</i> | 21 |
| 9. Sampel tanaman tomat yang bergejala layu di Desa Jatimulyo..... | 23 |
| 10. Koloni isolat jamur yang diduga sebagai <i>Fusarium</i> . a). DF 1 tampak atas; b). DF 1 tampak bawah; c). DF 2 tampak atas; d). DF 2 tampak bawah; e). DF 3 tampak atas; f). DF 3 tampak bawah..... | 24 |
| 11. Morfologi isolat DF 1. a). Makrokonidia, mikrokonidia; b). Hifa..... | 24 |
| 12. Morfologi isolat DF 2. a). Makrokonidia, mikrokonidia; b). Hifa..... | 24 |
| 13. Morfologi isolat DF 3. a). Makrokonidia, mikrokonidia; b). Hifa..... | 25 |

| | |
|---|----|
| 14. Hasil uji patogenesis beberapa isolat <i>Fusarium</i> . a). Kontrol; b). Tanaman tomat yang sudah diinokulasi oleh beberapa jamur dugaan <i>Fusarium</i> | 25 |
| 15. Proses isolasi <i>Trichoderma</i> . a). Sampel tanah perakaran tomat; b). Isolasi menggunakan teknik pengenceran bertingkat; c). Dugaan <i>Trichoderma</i> . . | 26 |
| 16. Ciri mikroskopis dugaan <i>Trichoderma</i> . a). Spora bulat; b). Hifa bersekat; c). Fialid tegak. | 26 |
| 17. Morfologi <i>Trichoderma</i> isolat TBU. a). Koloni; b). Fialid tegak; c). Spora oval. | 27 |
| 18. Morfologi <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN. a). Koloni; b). Fialid tegak; c). Spora bulat. | 27 |
| 19. Morfologi <i>Trichoderma</i> isolat WT2. a). Koloni; b). Fialid tegak; c). Spora oval. | 28 |
| 20. Grafik pengaruh suhu (°) terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TMT pada beberapa hari pengamatan. | 29 |
| 21. Grafik pengaruh suhu (°) terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TBU pada beberapa hari pengamatan. | 30 |
| 22. Grafik pengaruh suhu (°) terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN pada beberapa hari pengamatan. | 31 |
| 23. Grafik pengaruh suhu (°) terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat WT2 pada beberapa hari pengamatan. | 32 |
| 24. Grafik pengaruh pH media terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TMT pada beberapa hari pengamatan. | 34 |
| 25. Grafik pengaruh pH media terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TBU pada beberapa hari pengamatan. | 35 |
| 26. Grafik pengaruh pH media terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN pada beberapa hari pengamatan. | 36 |
| 27. Grafik pengaruh pH media terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat WT2 pada beberapa hari pengamatan. | 38 |
| 28. Grafik pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TMT pada beberapa hari pengamatan. | 39 |
| 29. Grafik pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan diameter koloni <i>Trichoderma</i> isolat TBU pada beberapa hari pengamatan. | 40 |

30. Grafik pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan diameter koloni *Trichoderma* isolat P5SIN pada beberapa hari pengamatan. 41
31. Grafik pengaruh intensitas cahaya terhadap pertumbuhan diameter koloni *Trichoderma* isolat WT2 pada beberapa hari pengamatan..... 42
32. Uji antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium* sp.. a). Kontrol *Fusarium* sp.; b). *Fusarium* sp. x *Trichoderma* isolat TMT; c). *Fusarium* sp. x *Trichoderma* isolat TBU; d). *Fusarium* sp. x *Trichoderma* isolat P5SIN; e). *Fusarium* sp. x *Trichoderma* isolat WT2. 44
33. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TMT pada berbagai suhu. (a) Suhu 21 °C; (b) Suhu 25 °C; (c) Suhu 29 °C; (d) Suhu 33 °C; (e) Suhu 37 °C..... 61
34. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TBU pada berbagai suhu. (a) Suhu 21 °C; (b) Suhu 25 °C; (c) Suhu 29 °C; (d) Suhu 33 °C; (e) Suhu 37 °C..... 61
35. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat P5SIN pada berbagai suhu. (a) Suhu 21 °C; (b) Suhu 25 °C; (c) Suhu 29 °C; (d) Suhu 33 °C; (e) Suhu 37 °C..... 62
36. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat WT2 pada berbagai suhu. (a) Suhu 21 °C; (b) Suhu 25 °C; (c) Suhu 29 °C; (d) Suhu 33 °C; (e) Suhu 37 °C..... 62
37. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TMT pada berbagai pH media. (a) pH media 5; (b) pH media 6; (c) pH media 7; (d) pH media 8; (e) pH media 9. 63
38. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TBU pada berbagai pH media. (a) pH media 5; (b) pH media 6; (c) pH media 7; (d) pH media 8; (e) pH media 9. 63
39. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat P5SIN pada berbagai pH media. (a) pH media 5; (b) pH media 6; (c) pH media 7; (d) pH media 8; (e) pH media 9. 64
40. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat WT2 pada berbagai pH media. (a) pH media 5; (b) pH media 6; (c) pH media 7; (d) pH media 8; (e) pH media 9. 64
41. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TMT pada berbagai intensitas cahaya. (a) intensitas cahaya terang; (b) intensitas cahaya gelap; (c) intensitas cahaya terang-gelap. 65
42. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat TBU pada berbagai intensitas cahaya. (a) intensitas cahaya terang; (b) intensitas cahaya gelap; (c) intensitas cahaya terang-gelap. 65
43. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat P5SIN pada berbagai intensitas cahaya. (a) intensitas cahaya terang; (b) intensitas cahaya gelap; (c) intensitas cahaya terang-gelap. 65

44. Pertumbuhan *Trichoderma* isolat WT2 pada berbagai intensitas cahaya. (a) intensitas cahaya terang; (b) intensitas cahaya gelap; (c) intensitas cahaya terang-gelap. 66

DAFTAR TABEL

| Tabel | Halaman |
|--|---------|
| 1. Pengaruh suhu terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TMT | 29 |
| 2. Pengaruh suhu terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TBU..... | 30 |
| 3. Pengaruh suhu terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN..... | 31 |
| 4. Pengaruh suhu terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat WT2 | 33 |
| 5. Pengaruh pH media terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TMT | 34 |
| 6. Pengaruh pH media terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TBU..... | 35 |
| 7. Pengaruh pH media terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN | 37 |
| 8. Pengaruh pH media terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat WT2..... | 38 |
| 9. Pengaruh intensitas cahaya terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TMT | 39 |
| 10. Pengaruh intensitas cahaya terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat TBU | 40 |
| 11. Pengaruh intensitas cahaya terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> isolat P5SIN | 42 |
| 12. Pengaruh intensitas cahaya terhadap kerapatan spora <i>Trichoderma</i> Isolat WT2 | 43 |
| 13. Daya hambat berbagai isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pertumbuhan <i>Fusarium</i> sp..... | 44 |
| 14. Perbandingan pertumbuhan diameter koloni beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh suhu..... | 54 |

| | |
|--|----|
| 15. Perbandingan pertumbuhan diameter koloni beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh pH | 55 |
| 16. Perbandingan pertumbuhan diameter koloni beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh intensitas cahaya..... | 56 |
| 17. Perbandingan kerapatan spora beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh suhu..... | 57 |
| 18. Perbandingan kerapatan spora beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh pH | 57 |
| 19. Perbandingan kerapatan spora beberapa isolat <i>Trichoderma</i> terhadap pengaruh Intensitas cahaya..... | 57 |
| 20. Analisis ragam uji antagonis hari ke-1 | 58 |
| 21. Analisis ragam uji antagonis hari ke-2 | 58 |
| 22. Analisis ragam uji antagonis hari ke-3 | 58 |
| 23. Analisis ragam uji antagonis hari ke-4..... | 59 |
| 24. Analisis ragam uji antagonis hari ke-5 | 59 |
| 25. Analisis ragam uji antagonis hari ke-6..... | 59 |
| 26. Analisis ragam uji antagonis hari ke-7 | 60 |
| 27. Analisis ragam uji antagonis hari ke-8..... | 60 |

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar belakang

Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) adalah salah satu tanaman yang banyak ditanam di dunia, termasuk Indonesia. Kebutuhan tanaman tomat semakin meningkat setiap tahunnya. Tomat tidak hanya memiliki rasa yang lezat dan segar, tetapi juga memiliki nilai gizi, termasuk sumber vitamin A dan C. Tomat tidak hanya dikonsumsi sebagai buah segar dan bumbu masak, tetapi juga dapat diolah sebagai bahan baku industri makanan seperti saus tomat dan jus buah (Wasonowati, 2011).

Menurut Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jendral Hortikultura (2019), kebutuhan produksi tanaman tomat di Lampung pada tahun 2015 memiliki produksi tanaman sebesar 24,490 ton/tahun namun, setiap tahunnya produksi tanaman tomat mengalami penurunan dan kenaikan. Pada tahun 2019 produksi tanaman tomat mengalami penurunan menjadi 19,604 ton/tahun. Salah satu penyebab penurunan hasil produksi tanaman tomat disebabkan oleh serangan patogen layu Fusarium. Jamur *Fusarium oxysporum* merupakan patogen tular tanah yang dapat bertahan hidup dalam waktu lama tanpa tanaman inang (Musfirah dkk., 2018).

Penyakit layu Fusarium pada tanaman tomat merupakan penyakit yang sering mengganggu budidaya tanaman tomat. Penyakit ini disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*. Mekanisme serangan *F. oxysporum* yaitu dengan menginfeksi jaringan pembuluh tanaman sehingga menyebabkan terjadinya penghambatan pada penyerapan air dan unsur hara. Tanaman tomat yang terserang *F. oxysporum* pada awal serangan bisa terjadi pada seluruh bagian

tanaman atau pada bagian cabang tertentu saja, namun akhirnya akan menyebar keseluruh bagian tanaman (Kumalasari dkk., 2021).

Pengendalian penyakit layu *Fusarium* selama ini masih mengandalkan penggunaan pestisida sintesis. Penggunaan pestisida sintesis secara terus-menerus telah diketahui menimbulkan dampak negatif seperti terjadinya resistensi, matinya organisme non-sasaran serta kerusakan lingkungan termasuk pada kematian manusia. Alternatif lain untuk mengendalikan penyakit layu *Fusarium* dapat dilakukan dengan memanfaatkan agen hayati yang bersifat antagonis seperti *Trichoderma*. Penggunaan agens hayati diharapkan dapat mengurangi dampak negatif yang ditimbulkan akibat penggunaan pestisida sintesis dan dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah (Kumalasari dkk., 2021).

Mekanisme antagonis *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan patogen yaitu dalam bentuk kompetisi, parasitasi, antibiosis, dan lisis. *Trichoderma* menghasilkan toksin berupa enzim β -1,3 glukonase, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh jamur patogen. *Trichoderma* mempunyai kemampuan antagonis yang tinggi dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan dalam upaya pengendalian penyakit layu pada tanaman tomat menggunakan *Trichoderma* yang didapat secara spesifik lokasi.

1.2 Tujuan penelitian

1. Mengetahui pengaruh suhu, pH dan cahaya terhadap pertumbuhan dan perkembangan beberapa isolat *Trichoderma* sp.,
2. Mengetahui kemampuan antagonis *Trichoderma* terhadap penyebab penyakit layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*).

1.3 Kerangka pemikiran

Pengaruh suhu terhadap pertumbuhan *Trichoderma* sp. dapat mempengaruhi mekanisme adaptasi, karena *Trichoderma* sp. berasal dari iklim yang lebih hangat dan memiliki suhu optimal lebih tinggi. *T. citrinoviride*, *T. saturnisporum* memiliki suhu optimum tertinggi (38-44 °C). Sementara itu, *T. polysporum* dan *T. viride* ditemukan berkembang dengan baik pada suhu yang lebih dingin (20–25 °C) (Harman and Kubicek, 1998).

Menurut Mishra and Firoz (2015), laju pertumbuhan dan kerapatan spora *Trichoderma* sp. optimal pada pH 4-7. Pengaruh pH pada pertumbuhan miselia menunjukkan bahwa pH asam paling berpengaruh terhadap pertumbuhan miselia *Trichoderma* sp. (Singh *et al.*, 2014). Pengaruh pertumbuhan jamur terhadap intensitas cahaya menunjukkan bahwa dalam kondisi gelap tanpa cahaya hanya bisa membantu pertumbuhan miselia saja. Jamur membutuhkan cahaya untuk pertumbuhannya (Chen *et al.*, 2012).

Menurut Sallam *et al.* (2019), *Trichoderma* telah dianggap sebagai jamur biokontrol yang penting secara internasional, karena efeknya yang signifikan terhadap penyakit layu pada tanaman. *Trichoderma* juga berguna mengurangi keparahan penyakit layu pada tanaman tomat. *Trichoderma* di lapangan mudah ditemukan tetapi keefektifannya sangat beragam, oleh karena itu, diperlukan kegiatan eksplorasi untuk memperoleh jamur *Trichoderma* yang bermutu tinggi.

Menurut Fajrin dkk. (2013), mekanisme antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium* antara lain pembelitan hifa dan intervensi hifa. Intervensi hifa merupakan proses pembelitan hifa tahap lanjut, sehingga antagonis dapat melakukan penetrasi pada hifa patogen. Intervensi hifa oleh *Trichoderma* mengakibatkan adanya perubahan unsur kimia dan partikel pada dinding sel sehingga dapat memengaruhi permeabilitas dinding sel patogen (Nohemi *et al.*, 2012). Hifa antagonis yang berhasil melakukan intervensi dan penetrasi akan menyerap sari makanan sehingga hifa jamur patogen dapat mengecil dan mati (Purwantisari dan Hastuti, 2009).

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut.

1. Suhu, pH dan cahaya berpengaruh terhadap pertumbuhan dan perkembangan beberapa isolat *Trichoderma* sp.
2. Beberapa isolat *Trichoderma* sp. dapat menekan pertumbuhan *Fusarium oxysporum*

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman tomat

Tomat (*Lycopersicum esculentum* mill.) merupakan tanaman sayuran yang telah dibudidayakan selama ratusan tahun, namun kapan pertama kali tersebar luas belum dapat dipastikan. Berdasarkan sejarahnya, tomat berasal dari wilayah Amerika dari Bolivia, Chili, Kolombia, Ekuador, dan Peru. Di daerah asal, tomat awalnya hanya dikenal sebagai gulma. Seiring berjalannya waktu, tomat telah ditanam sebagai tanaman pangan dan tanaman pangan di ladang dan pekarangan rumah (Purwati dan Khairunisa, 2007).

2.2 Klasifikasi dan morfologi tanaman tomat

Menurut Abdi dkk. (2017), tanaman tomat memiliki kandungan gizi yang terdiri dari vitamin dan mineral yang sangat berguna untuk mempertahankan kesehatan dan mencegah penyakit. Menurut Pracaya (2012), klasifikasi tanaman tomat sebagai berikut.

Kingdom : Plantae
Devisi : Spermatophyta
Sub Devisi : Angiospermae
Kelas : Dicotyledonae
Ordo : Solanales
Family : Solanaceae
Genus : *Lycopersicum*
Spesies : *Lycopersicum esculentum* Mill.

Tomat memiliki akar tunggang, akar cabang, dan akar serabut, berwarna putih-keputihan, dan memiliki bau yang khas. Akar tanaman tidak terlalu dalam, rata-rata sedalam 30-40 cm ke segala arah, tetapi dapat mencapai kedalaman

maksimum 60-70 cm. Akar tanaman tomat membantu tanaman membentuk dirinya sendiri dan menyerap air dan unsur hara dari dalam tanah. Tingkat kesuburan tanah memiliki dampak yang signifikan terhadap pertumbuhan tanaman seperti produksi buah, dan pada benih tomat yang dihasilkan (Pitojo, 2005).

Batang tomat berbentuk bulat dan memiliki ruas pada batang tanaman yang membengkak. Bagian muda memiliki rambut normal, ada juga yang rambut kelenjar. Ini rapuh dan dapat dinaiki dengan bersandar pada garis lurus atau merangkak di atas tali, tetapi membutuhkan dukungan dari beberapa ikatan. Biarkan merata, cukup tebal untuk menutupi bagian bawah. Memiliki banyak cabang dan umumnya berbentuk perdu (Rismunandar, 2001).

Daun tomat mudah dikenali karena bentuknya yang lonjong, bergerigi, dan menyirip. Daun hijau berbulu panjang sekitar 20-30 cm dan lebar 15-20 cm. Daun tomat ini tumbuh di dekat ujung cabang dan ranting. Tangkai daun, sebaliknya, berbentuk bulat dan panjang, sekitar 7-10 cm dan tebal 0,3-0,5 m (Wiryanta, 2004).

Bunga pada tanaman tomat berkelamin dua atau biseksual, dengan kelompok 5 hijau dan trikoma, dan 5 mahkota kuning (Cahyono, 2008). Bunga tomat berwarna kuning dan tersusun dalam racemes, dengan 5 hingga 10 bunga per tandan atau tergantung varietasnya. Kuncup terdiri dari 5 kelopak dan 5 mahkota. *Bee pollen* memiliki kantong yang saling bersentuhan membentuk punggungan yang mengelilingi batang putik. Spesies berbunga *dioecious*, sehingga bunga tomat dapat melakukan penyerbukan sendiri. Hal ini tidak menutup kemungkinan terjadinya penyerbukan silang (Wiryanta, 2004).

Buah tomat memiliki warna hijau, berbulu, dan relatif keras ketika muda, menjadi merah muda, merah, atau kuning cerah, mengkilat, dan relatif lunak. Bentuk tomat bervariasi dari lonjong, pipih, kerucut dan bulat. Diameter buah tomat berkisar

antara 2 sampai 15 cm tergantung varietasnya. Jumlah poin pada buah juga bervariasi, dengan tomat ceri dan tomat Roma hanya memiliki dua, seperti tomat selai, memiliki dua lebih dari, seperti delapan. Buah masih memiliki tangkai yang berubah fungsi menjadi batang buah dan kelopak yang mengubah menjadi karpel (Sutapa dan I Gde, 2016).

Tanaman tomat memiliki bakal biji mulai dari 250 hingga 1000. Dari jumlah tersebut, sekitar 20% hingga 50% dari dapat tumbuh menjadi benih, tergantung pada strain, teknik budidaya dan lingkungan tanaman. Biji tomat berbentuk ginjal, berbulu, lebar 2-4 mm dan panjang 3-5 mm, berwarna coklat muda. Setiap tomat memiliki biji, tergantung varietas dan ukurannya. biasanya mengandung sekitar 4 g biji per kg tomat. Sebaliknya, 1 g biji mengandung 200-500 biji tomat. Benih kering yang disimpan dengan benar dapat bertahan 3 hingga 4 tahun (Sutapa dan I Gde, 2016).

2.3 Penyakit layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*)

Penyakit layu pada tanaman tomat merupakan penyakit yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici*. Serangan dari jamur ini menjadi penyakit utama pada budidaya tanaman tomat. Penyakit ini pernah dilaporkan menimbulkan kerugian yang besar di Jawa Timur dengan tingkat serangan mencapai 23%. Gejala permulaan yang ditimbulkan oleh serangan jamur *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* adalah tulang daun pucat terutama daun sebelah atas, kemudian diikuti merunduknya batang, dan akhirnya tanaman menjadi layu secara keseluruhan. Kelayuan seringkali diikuti klorosis daun, terutama daun pada bagian bawah. Pada tanaman muda, dapat menyebabkan tanaman mati secara mendadak karena pada pangkal batang terjadi kerusakan (Situmorang dkk., 2021).

Fusarium oxysporum f. sp. *lycopersici* merupakan patogen yang habitatnya dalam tanah dan menular melalui aliran air, terbawa pada alat pertanian dan menginfeksi melalui luka akar. *Fusarium* mampu bertahan hidup dalam tanah. Apabila tidak tersedia inang dan kondisi lingkungan tanah kurang sesuai untuk

pertumbuhan dan perkembangan maka jamur mampu membentuk alat pertahanan diri yaitu kladospora. Kladospora memungkinkan mampu bertahan lama dalam tanah (Rahayuniati dan Mugiastuti, 2009).

Usaha pengendalian telah banyak dilakukan oleh petani dengan cara penyiraman dengan pestisida sintetis tetapi belum memberikan hasil yang memuaskan dan mahal biayanya. Petani dalam praktek pengendalian budidaya tanamannya memasukan senyawa kimia berenergi tinggi. Hal ini membuat kritik dari konsumen karena penggunaan pestisida kimia yang tinggi dapat berpotensi resedu pada hasil produksi buah. Konsumen menghendaki bahan makanan aman dikonsumsi dan memenuhi kebutuhan gizi, serta tidak tercemarinya lingkungan hidup dengan residu bahan kimia yang bersifat racun dan berbahaya (Heriyanto, 2019).

Pemerintah telah mengeluarkan kebijakan dalam perlindungan tanaman dengan menerapkan teknik Pengendalian Hama Terpadu seperti tertuang dalam Undang Undang No.12 Tahun 1992 yang berisi tentang Sistem Budidaya Tanaman. Peraturan Pemerintah No.6 Tahun 1995 berisi tentang Perlindungan Tanaman. Peraturan Pemerintah tersebut telah mengatur tentang pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) diprioritaskan menggunakan agens hayati ramah lingkungan. Penggunaan pestisida kimia secara bijak juga menjadi sebagai alternatif terakhir dengan dosis sesuai keperluan yang sudah ditentukan (Heriyanto, 2019).

2.4 Karakteristik jamur *Fusarium oxysporum*

Menurut Soesanto (2013), klasifikasi jamur *Fusarium oxysporum* penyebab penyakit layu pada tanaman adalah sebagai berikut:

| | |
|---------|-------------------|
| Kingdom | : Fungi |
| Divisi | : Ascomycota |
| Kelas | : Sordariomycetes |
| Ordo | : Hypocreales |
| Family | : Nectriaceae |

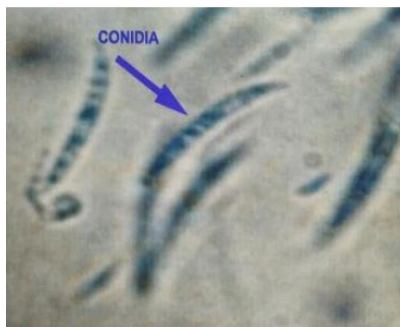
Genus : *Fusarium*
Spesies : *Fusarium oxysporum*

Menurut Wibowo dkk. (2008), sebagian besar isolat *Fusarium* spp. memiliki koloni yang berwarna putih atau disertai warna ungu atau merah muda pada pusat koloninya. Pada isolat yang membentuk sporodokium dalam jumlah yang banyak, koloni akan berubah dari putih menjadi oranye. Ciri *Fusarium* secara makroskopis terdapat pada Gambar 1.



Gambar 1. Koloni jamur *Fusarium oxysporum* pada media PDA (Sumber: Afriani dan Maria, 2018).

Menurut Widada dkk. (2015), telah dilaporkan mengenai *Fusarium*, bahwa genus ini merupakan jamur yang memiliki hifa bersekat, dan menghasilkan spora aseksual yang berupa mikrokonidium dan makrokonidium. Pada umumnya mikrokonidium dibentuk secara kelompok pada ujung konidiofor. Morfologi mikroskopi *Fusarium* ditunjukkan dari hasil pengamatan secara mikroskopi terlihat bahwa beberapa isolat memiliki mikrokonidium berbentuk oval atau elips, tidak bersekat atau bersekat 1–2, mikrokonidium tersusun pada ujung konidiofor yang panjang, tidak bercabang, bersifat monofialid tunggal. Sel kaki kurang berkembang sehingga makrokonidium memiliki ujung yang tumpul. Ciri *Fusarium* secara mikroskopis terdapat pada Gambar 2.



Gambar 2. Jamur *Fusarium oxysporum* secara mikrokopis pada perbesaran 400x (Sumber: Afriani dan Maria, 2018).

2.5 Pengendalian hayati menggunakan *Trichoderma*

Jamur *Fusarium oxysporum* fsp. *lycopersici* merupakan patogen tular tanah yang mampu bertahan dalam jangka waktu yang cukup lama meskipun tanaman inang tidak tersedia. *F. oxysporum* akan bertahan dalam bentuk klamidospora atau spora aseksual bersel satu yang ber dinding tebal dan sangat resisten terhadap keadaan lingkungan yang buruk. Selain itu sehingga *F. oxysporum* sangat mudah menginfeksi tanaman yang ditanam sejak dini (Semangun, 2001).

Pengendalian yang umum dilakukan oleh petani untuk penyakit layu Fusarium adalah penggunaan pestisida kimia karena dianggap lebih responsif. Pestisida kimia akan memberikan dampak negatif terhadap lingkungan dan Kesehatan masyarakat serta timbulnya jamur patogen yang lebih resisten. Maka perlu dilakukan pengendalian yang lebih ramah terhadap lingkungan. Salah satu cara pengendalian yang ramah terhadap lingkungan adalah pemanfaatan agens hayati (Situmorang dkk., 2021).

Trichoderma merupakan genus jamur yang dapat dijadikan sebagai agens pengendali patogen tanaman secara hayati. Sebagai agens hayati, jamur ini bertindak sebagai agens antagonis. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan patogen antara lain dalam bentuk kompetisi, parasitasi, antibiosis, dan lisis. *Trichoderma* menghasilkan toksin berupa enzim β -1,3 glukukanase, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh jamur patogen (Dwiasusti dkk., 2015).

Penggunaan *Trichoderma* sebagai agens hayati memiliki kelebihan. Sifat antagonis *Trichoderma* dapat dimanfaatkan sebagai alternatif dalam pengendalian patogen yang bersifat ramah lingkungan (Dwiasusti dkk., 2015). *Trichoderma* akan tetap tinggal dalam tanah hanya dengan satu kali aplikasi. Hal ini merupakan salah satu kelebihan pemanfaatan *Trichoderma* sebagai agen pengendalian hayati khususnya untuk patogen tular tanah (Berlian dkk., 2013).

2.6 Karakteristik beberapa spesies jamur *Trichoderma*

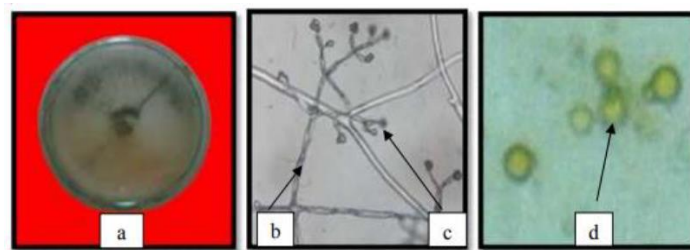
Klasifikasi ilmiah jamur *Trichoderma* menurut Jumandi dkk. (2020) adalah sebagai berikut:

Kingdom : Fungi
 Subkingdom : Dikarya
 Super divisi : Ascomycota
 Divisi : Pezizomycotina
 Kelas : Sordariomycetes
 Subkelas : Hypocreomycetidae
 Ordo : Hypocreales
 Family : Hypocreaceae
 Genus : *Trichoderma*
 Species : *Trichoderma* spp.

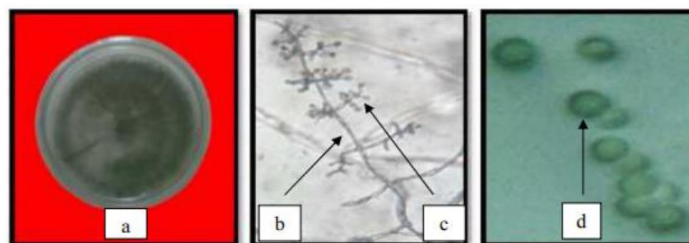
Menurut Nadhifah dkk. (2016), genus *Trichoderma* memiliki ciri khas makroskopis koloni yang mudah dikenali secara visual serupa serbuk, berwarna kehijauan dengan bagian dasar sama seperti warna koloni bagian atas. Sedangkan ciri *Trichoderma* secara mikroskopis yaitu berupa miselium berseptata, konidioforanya bercabang dengan arah yang berlawanan, konidianya berbentuk bulat atau oval dan satu sel melekat satu sama lain, warna hijau terang setelah konidia atau tubuh buahnya terbentuk maka jamur ini akan terlihat berwarna hijau kebiruan.

Menurut Gusnawaty dkk. (2014), karakteristik morfologis secara mikroskopis lima spesies *Trichoderma* yang diperoleh dapat dibedakan berdasarkan bentuk konidiofor, fialid dan konidia. Bentuk konidiofor yang sama yaitu tegak dan bercabang tersusun secara vertikal terdapat pada *T. hamantum*, *T. koningii* dan *T.*

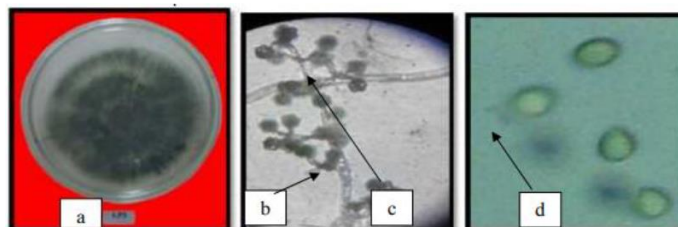
harzianum. tetapi pada *T. hamantum* memiliki fialid pendek dan tebal serta konidia ber dinding halus dan berbentuk oval, sedangkan pada *T. koningii* fialid yang terbentuk lancip ke arah puncak dan dinding konidia ada yang kasar, berbeda dengan *T. harzianum* yang memiliki fialid pendek dan lebih tebal serta konidia berwarna hijau dan berbentuk oval, sedangkan pada *T. polysporum* memiliki bentuk konidiofor bercabang dan berakhir steril serta fialidnya relatif luas, berbeda dengan *T. aureoviride* memiliki bentuk konidiofor bercang pada setiap fialid terdapat konidium, dan fialidnya berbentuk vertikal, pendek dan tebal. Ciri morfologi *T. hamantum*, *T. koningii*, *T. harzianum*, *T. polysporum* dan *T. auroviride* dapat dilihat pada Gambar 3-6.



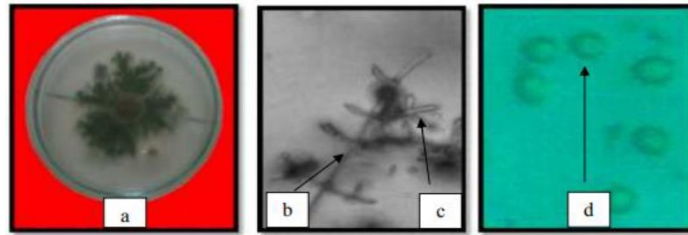
Gambar 3. Ciri morfologi *Trichoderma hamantum*. a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014).



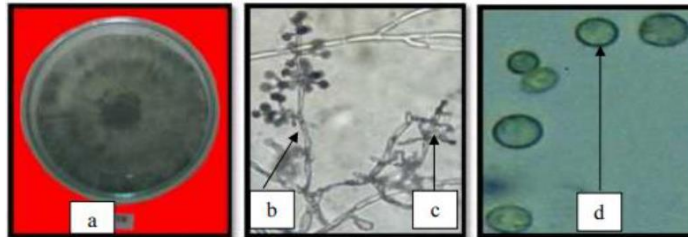
Gambar 4. Ciri morfologi *Trichoderma koningii*. a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014).



Gambar 5. Ciri morfologi *Trichoderma harziaum*. a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014).



Gambar 6. Ciri morfologi *Trichoderma polysporum*. a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014).



Gambar 7. Ciri morfologi *Trichoderma aureoviride*. a) Koloni pada media PDA; b) Konidiofor; c) Fialid; d) Konidia (Sumber: Gusnawaty dkk., 2014).

2.7 Eksplorasi jamur *Trichoderma*

Kegiatan eksplorasi merupakan langkah awal dalam pengendalian hayati.

Menurut Darmawan (2016), kegiatan eksplorasi dapat dilakukan dengan cara mencari bagian tanaman (daun, akar, batang) dan tanah di sekeliling tanaman. Penelitian ini dilakukan eksplorasi *Trichoderma* di Desa Jatimulyo pada lahan tanaman tomat.

2.8 Pengaruh suhu, pH dan cahaya dalam pertumbuhan dan perkembangan *Trichoderma*

Trichoderma sp. banyak dijumpai hampir pada semua jenis tanah dan merupakan salah satu jenis jamur yang dapat dimanfaatkan sebagai agens hayati pengendali patogen tanah. Pertumbuhan serta perkembangan *Trichoderma* umumnya sangat dipengaruhi oleh beberapa faktor di antaranya ialah suhu, cahaya, udara, pH serta nutrisi seperti karbon dan nitrogen.

Menurut Semangun (2010), suhu optimum untuk tumbuhnya *Trichoderma* berbeda-beda setiap spesiesnya. Ada beberapa spesies yang dapat tumbuh pada

suhu rendah ada pula yang tumbuh pada suhu cukup tinggi, kisarannya sekitar 7-41 °C. *Trichoderma* yang dikultur dapat bertumbuh cepat pada suhu 25-30 °C, namun pada suhu 35 °C jamur ini tidak dapat tumbuh. Perbedaan suhu mempengaruhi produksi beberapa enzim seperti karboksimetil selulase dan xilanase.

Menurut Singh *et al.* (2017), spesies *Trichoderma* mampu tumbuh pada kisaran pH 2,0 hingga 6,0 dengan laju pertumbuhan maksimal 4,0, kisaran optimum 4,6 hingga 6,8. Menurut Day dkk. (2022), derajat keasaman sangat penting dalam mengatur metabolisme dan sistem-sistem enzim, bila terjadi penyimpangan pH maka proses metabolisme jamur dapat terhenti, sehingga untuk pertumbuhan maksimal jamur diperlukan pH yang optimum.

Kondisi intensitas cahaya rendah dapat membantu pertumbuhan miselia *Trichoderma*, sedangkan intensitas cahaya terang pertumbuhan konidia dewasa berwarna hijau tua dan membentuk cincin. *Trichoderma* sp. bisa tumbuh dengan baik pada kondisi intensitas cahaya rendah, tetapi diameter koloninya lebih besar pada kondisi intensitas cahaya terang (Triasih dan Sri, 2023). Hal ini sesuai dengan pernyataan (Chen *et al.*, 2012), bahwa perkembangan jamur *Trichoderma* membutuhkan cahaya untuk pertumbuhan koloni dan kerapatan sporanya..

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Isolat *Trichoderma* TMT dan *Fusarium* diperoleh dari lahan pertanaman tomat di Jatimulyo. Penelitian ini dilakukan pada Januari-Oktober 2023.

3.2 Alat dan bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini yaitu LAF (*Laminar Air Flow*), timbangan analitik, oven, *elenmeyer*, autoklaf, *showcase*, pinset, botol kaca, gunting, botol semprot, jarum ose, pisau, plastik, cawan petri, pisau, tabung reaksi, bor gabus, jarum suntik/mikropipet, tip, pH meter, wankil, batang L, preparat, *cover glass*, *scapel*, gunting, bunsen, *haemocytometer*, mikroskop, penggaris, dan kamera.

Bahan yang digunakan adalah *Potato Sucrose Agar* (PSA), isolat *Trichoderma* hasil eksplorasi yaitu TMT dan isolat *Trichoderma* dengan kode (TBU, P5SIN, dan WT2), isolat *Fusarium*, *plastik wrap*, plastik tahan panas, plastik ukuran sedang, akuades, alkohol, NaOCL 2%, gula, tisu, karet, cangkul, tanah, *polybag*, KOH, HCL, kain hitam, *aluminium foil*, label, spirtus, spidol permanen, dan tisu.

3.3 Pelaksanaan penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dengan langkah-langkah adalah sebagai berikut.

3.3.1 Eksplorasi dan seleksi isolat *Fusarium* penyebab penyakit layu

Eksplorasi jamur *Fusarium* dilakukan dengan mengambil sampel bagian akar tanaman tomat sakit dengan ciri makroskopis terjadinya layu yang disebabkan oleh jamur. Sampel tanaman dimasukkan ke dalam kantong plastik dan dibawa ke Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung untuk dilakukan isolasi.

Isolasi dilakukan pada sampel tanaman tomat yang bergejala dan dicuci menggunakan air hingga bersih. Setelah itu sampel tanaman bagian akar dipotong menggunakan gunting dengan ukuran 5 mm. Sampel direndam pada larutan NaOCL 2% dan dibilas menggunakan aquades steril, lalu dikeringkan. Sampel diletakkan pada media PSA baru dan diinkubasi hingga tumbuhnya jamur dugaan *Fusarium*.

3.3.2 Uji patogenesis isolat *Fusarium* penyebab penyakit layu

Kegiatan uji patogenesis dimulai dengan menanam tanaman tomat yang berumur ± 2 minggu menggunakan tanah steril. Benih yang dipakai merupakan benih yang rentan terhadap *Fusarium* dengan merek dagang Servo F1. Selanjutnya isolat-isolat yang diduga *Fusarium* dilakukan pengenceran menggunakan 10 mL air steril yang dituangkan ke dalam cawan yang berisi dugaan isolat *Fusarium*. Beberapa isolat dugaan *Fusarium* dipanen menggunakan kaca preparate, lalu dimasukkan ke dalam tabung reaksi dan ditutup rapat menggunakan tisu steril. Larutan dihomogenkan menggunakan *rotary mixer* selama ± 3 menit. Sebelum tanaman diaplikasikan larutan dugaan *Fusarium* tanaman tomat disiram menggunakan air bersih. Proses pengaplikasian larutan dugaan *Fusarium* untuk uji patogenesis dilakukan dengan menggali tanah hingga terlihat akar tanaman. Selanjutnya akar tanaman tomat yang berumur ± 2 minggu dilukai menggunakan jarum pentul steril dan dituangkan larutan dugaan

Fusarium, kemudian tanaman diinkubasi \pm 4 hari dan diamati sampai tanaman bergejala.

3.3.3 Eksplorasi dan isolasi *Trichoderma* sebagai agens antagonis

Isolasi *Trichoderma* dilakukan dengan cara mengambil sampel tanah di lahan perakaran tomat di Desa Jatimulyo Kecamatan Jatiagung pada kedalaman 15-30 cm dan dibawa ke Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Selanjutnya sampel tanah ditimbang sebesar 10 g dan dilakukan pengenceran bertingkat sampai 10^3 . Larutan diambil sebanyak 0,2 mL dan letakkan pada media PSA baru. Ratakan pada seluruh bagian media menggunakan batang L, serta diinkubasi hingga munculnya jamur dugaan *Trichoderma*.

3.3.4 Seleksi isolat *Trichoderma* yang berperan sebagai agens antagonis

Kegiatan seleksi isolat *Trichoderma* dilakukan dengan mencuplik koloni jamur yang diduga sebagai *Trichoderma* dengan ciri koloni yang berwarna hijau. Kemudian pindahkan pada media PSA baru dan diinkubasi menggunakan suhu ruang.

3.3.5 Identifikasi jamur *Fusarium* dan *Trichoderma*

Identifikasi dilakukan dengan pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis sampai tingkat genus. Pengamatan makroskopis dilakukan berdasarkan warna, bentuk, permukaan, pola sebaran koloni dan waktu yang dibutuhkan koloni untuk memenuhi cawan petri. Pengamatan mikroskopis dilakukan dengan metode *slide culture*.

Metode *slide culture* dilakukan dengan cara menyiapkan karet steril yang sudah dibagi dua ke dalam botol kaca yang berisi alkohol 70% dan diamkan sekitar 3 menit. Selanjutnya letakkan tisu steril pada permukaan cawan petri dan tetesi air steril secukupnya untuk menjaga kelembapan cawan petri. Kemudian karet yang sudah steril diletakkan pada bagian kiri dan kanan cawan petri. Selanjutnya

letakkan preparat pada bagian atas karet dan masukkan 5 mm media PSA. Ambil secukupnya isolat jamur *Trichoderma* atau *Fusarium* menggunakan jarum ose dan inokulasikan jamur pada bagian samping media PSA. Letakkan *cover glass* pada bagian atas media PSA, tutup cawan petri dan rekatkan menggunakan *plastic wrap* serta diinkubasi selama 3-5 hari. Jika sudah 3-5 hari isolat jamur dapat diidentifikasi menggunakan mikroskop.

3.3.6 Pengujian pengaruh suhu, pH dan cahaya terhadap pertumbuhan *Trichoderma*

3.3.6.1 Suhu

Penelitian ini dilakukan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 ulangan dan 5 perlakuan. Kegiatan ini dilakukan menggunakan inkubator. Media PSA baru diinokulasikan masing-masing isolat *Trichoderma* dengan ukuran 0,5 cm. Pengambilan ukuran 0,5 cm dilakukan dengan menggunakan bor gabus. Setelah itu media dimasukkan ke dalam inkubator \pm 5 hari dengan masing-masing suhu yang berbeda yaitu 21°C, 25°C, 29°C, 33°C, 37°C dengan 5 kali ulangan.

3.3.6.2 pH

Penelitian ini dilakukan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 ulangan dan 5 perlakuan. Kegiatan pengujian pada pH jamur *Trichoderma* dilakukan dengan menyiapkan media asam dan media basa. Media asam dilakukan dengan pemberian HCL pada saat pembuatan PSA, sedangkan media basa dilakukan dengan pemberian KOH pada saat pembuatan PSA. pH yang dipakai pada penelitian ini yaitu pH 5, 6, 7, 8, dan 9, pada masing-masing pH dilakukan sebanyak 5 kali ulangan. Pengukuran pH pada media dilakukan menggunakan pH meter. Selanjutnya masing-masing media dituang ke dalam cawan petri dan ditunggu hingga padat. Setelah media padat inokulasikan jamur *Trichoderma* dengan ukuran 0,5 cm menggunakan bor gabus dan diinkubasi selama 5 hari.

3.3.6.3 Cahaya

Penelitian ini dilakukan menggunakan RAL (Rancangan Acak Lengkap) dengan 5 ulangan dan 3 perlakuan. Kegiatan ini dilakukan dengan menguji pertumbuhan jamur *Trichoderma* pada intensitas cahaya terang, intensitas cahaya gelap, dan intensitas cahaya terang-gelap. Intensitas cahaya terang dilakukan dengan menyinari media PSA yang sudah diinokulasi jamur *Trichoderma* dengan cahaya lampu dan diletakkan di ruangan yang terang. Intensitas cahaya gelap dilakukan dengan melapisi media PSA yang sudah diinokulasi jamur *Trichoderma* dengan kain hitam. Intensitas cahaya terang-gelap dilakukan dengan meletakkan media PSA yang sudah diinokulasi jamur *Trichoderma* pada dekat jendela. Masing-masing isolat *Trichoderma* yang dipakai berukuran 0,5 cm menggunakan bor gabus, lalu masing-masing media yang berisi isolat *Trichoderma* diletakkan pada laboratorium dengan waktu yang sama dan diinkubasi selama 5 hari.

3.3.6.4 Parameter yang diamati

3.3.6.4.1 Diameter koloni

Kegiatan ini dilakukan dengan mengukur diameter *Trichoderma* menggunakan penggaris. Pengukuran diameter dilakukan dengan cara menggarisi cawan petri tampak belakang yang berisi *Trichoderma* pada setiap perlakuan secara vertikal, horizontal, dan diagonal. Pengukuran dilakukan setiap hari \pm 5 hari, setelah itu didokumentasi menggunakan kamera.

3.3.6.4.2 Kerapatan spora

Kegiatan ini dilakukan dengan mengukur kerapatan spora *Trichoderma* pada masing-masing perlakuan. Pengukuran kerapatan spora dilakukan dengan pengenceran bertingkat, setelah itu tuang satu tetes larutan hasil pengenceran ke dalam kotak *haemocytometer* dan diberi *cover glass*. Lalu hitung kerapatan spora pada kotak sedang *haemocytometer* dan amati kerapatan spora pada mikroskop majemuk.

Kerapatan spora dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

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

Keterangan:

S = Kerapatan spora/ml,

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

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

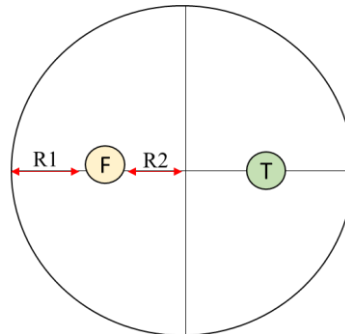
F= Faktor Pengenceran yang digunakan.

3.3.7 Uji antagonis jamur *Trichoderma* terhadap *Fusarium*

Penelitian ini akan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL). Penelitian ini dilakukan dengan 4 perlakuan diantaranya beberapa isolat *Trichoderma* yang ditemukan di lahan petani dan kontrol yang diulang sebanyak 5 kali ulangan, sehingga terdapat 20 satuan percobaan.

Menurut Suazo *et al.* (2011), pengujian kemampuan antagonis *Trichoderma* dilakukan dengan menuangkan secukupnya media PSA ke cawan petri lalu tunggu hingga memadat. Setelah media PSA memadat cawan petri diberi pola dengan menambahkan garis horizontal dan vertikal pada tengah cawan. Sampel *Trichoderma* dan *Fusarium* diambil menggunakan alat bor gabus dengan menekan bor pada media agar yang berisi isolat *Trichoderma* dan *Fusarium* \pm 5 sampel dan dipindahkan pada media PSA baru. Masing-masing media PSA berisi 1 sampel isolat *Trichoderma* dan *Fusarium*. Cara menguji kemampuan antagonis *Trichoderma* yaitu dengan meletakkan sampel *Trichoderma* yang sudah dibor gabus disisi kiri petri dan sampel *Fusarium* yang sudah dibor gabus disisi kanan petri, kemudian diinkubasi dengan suhu ruang.

Bentuk bagan Uji Antagonis *Trichoderma* terhadap layu Fusarium dapat dilihat pada Gambar 8.



Gambar 8. Tata letak Jamur *Fusarium* dan *Trichoderma*

Keterangan:

F : Koloni *Fusarium*,

T : Koloni *Trichoderma*,

R1 : Diameter koloni *Fusarium*,

R2 : Diameter koloni *Trichoderma*.

3.3.7.1 Parameter yang diamati

3.3.7.2 Daya hambat

Menurut Jeyaseelan *et al.* (2012) daya hambat dapat dihitung menggunakan rumus.

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

Keterangan:

P : Presentase daya hambat (%),

R1 : Diameter koloni patogen (kontrol),

R2 : Diameter koloni patogen (perlakuan).

3.3.8 Analisis data

Analisis data dilakukan dengan metode deskriptif dan kuantitatif

- a. Metode deskripsif berupa penyajian data melalui tabel atau grafik. Metode ini dilakukan pada uji pengaruh suhu, pH media dan intensitas cahaya terhadap pertumbuhan diameter beberapa isolat *Trichoderma* sp.

- b. Metode kuantitatif dilakukan pada data pengamatan uji antagonis yang diperoleh, lalu data diuji homogenitas menggunakan uji *Barlet*. Selanjutnya diuji keaditifitas atau keselarasan data menggunakan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, maka data dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA) dan diuji lanjut menggunakan uji DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 1%. Metode ini dilakukan pada uji daya hambat beberapa isolat *Trichoderma* terhadap pertumbuhan *Fusarium* sp.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, dapat disimpulkan bahwa:

1. *Trichoderma* isolat TMT, TBU, P5SIN, dan WT2 memiliki pertumbuhan koloni yang optimal pada suhu 25 °C, pH 5 dan intensitas cahaya (terang, gelap dan terang-gelap) dan memiliki kerapatan spora yang tinggi pada suhu 25 °C, pH 5 dan intensitas cahaya terang.
2. Pada uji antagonis semua isolat *Trichoderma* mampu menekan pertumbuhan *Fusarium*. *Trichoderma* isolat P5SIN dan WT2 memiliki kemampuan yang baik dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan daya hambat sebesar 77,95% dan 76,26%.

5.2 Saran

Perlu dilakukannya uji lebih lanjut terhadap potensi isolat *Trichoderma* TMT, TBU, P5SIN dan WT2 dalam menghambat penyakit layu *Fusarium* secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdi, Y., Rostiati, dan Syahraeni, K. 2017. Mutu fisik, kimia dan organoleptik buah tomat berbagai jenis pati selama penyimpanan. *Jurnal Agrotekbis*. 5(5): 548.
- Afriani, A. dan Maria, H. 2018. Karakteristik jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *cepae* penyebab penyakit busuk umbi pada bawang merah (*Allium ascalonicum*). *Prosiding Seminar Nasional Pertanian dan Perikanan*. 1:72-73.
- Badan Pusat Statistik dan Direktorat Jenderal Hortikultura. 2019. *Produksi Tanaman Tomat 2015-2019*. Kementerian Pertanian. Jakarta.
- Berlian, I., Budi, S. dan Hananto, H. 2013. Mekanisme antagonisme *Trichoderma* terhadap beberapa patogen tular tanah. *Warta Perikaretan*. 32(2): 74-82.
- Chen, C. L., Kuo, H. C., Tung, S. Y., Hsu, P.W.C., Wang, C. L., Seibel, C., Schmoll, M., Chen, R. S. and Wang, T. F. 2012. Blue light acts as a double-edged sword in regulating sexual development of *Hypocrea jecoria* (*Trichoderma reesei*). *Plos One*. 7(9): 1-12.
- Day, T. M. W., Henderikus, D. B. dan Julianus, J. 2022. Teknik perbanyakan massal jamur *Trichoderma* sp. pada beberapa media tumbuh sebagai agens pengendali hayati. *Jurnal Locus Penelitian & Pengabdian*. 1(2): 82-88.
- Darmawan, E. 2016. Eksplorasi jamur entomopatogen *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* dan jamur antagonis *Trichoderma* pada beberapa sampel tanah pertanaman tembakau. *Skripsi*. Universitas Jember. Jember.
- Dendang, B. 2015. Uji antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* sp. yang menyerang tanaman sengon secara in-vitro. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallace*. 4(2): 147-156.
- Dwiastuti, M. E., Fajri, M. N. dan Yunimar. 2015. Potensi *Trichoderma* sebagai agens pengendali *Fusarium* penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *J. Hort*. 25(4): 331-339.

- Fajrin, M. N., Suharjono, dan Mutia, E. D. 2013. Potensi *Trichoderma* sebagai agen pengendali *Fusarium* patogen tanaman strawbery (*Fragaria* sp.). *Jurnal Biotropika*. 1(4): 179.
- Gao, L. 2016. An improved method to optimize the culture conditions for biomass and sporulation mycoparasitic fungus *Trichoderma viride* TV-1. *Journal Yeast Fungal Res*. 7: 1-6.
- Gusnawaty, H. S., Muhammad, T., Leni, T. dan Asniah. 2014. Karakterisasi morfologis *Trichodermap*. Indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. 4(2): 88-94.
- Harman, G. E. and Kubicek, C. P. 1998. *Trichoderma and Gliocladium, volume 2 enzymes, biological control and commercial applications*. CRC Press. London.
- Heriyanto. 2019. Kajian pengendalian penyakit layu *Fusarium* dengan *Trichoderma* pada tanaman tomat. *Jurnal Triton*. 10(1): 45-58.
- Jeyaseelan, E. C., Tharmila, S. and Niranjana, K. 2012. Antagonistic activity of *Trichoderma* spp. and *Bacillus* spp. against *Pythium aphanidermatum* isolated from tomato damping off. *Arch. Appl. Sci. Res*. 4(4): 1623-1627.
- Jumandi, O., Muh, J., Muh, W. C. dan Syafrudin. 2020. *Trichoderma dan Pemanfaatannya*. UNM Parangtambung. Makassar.
- Kubicek, C. P. and Harman, G. E. 2002. *Trichoderma and Gliocladium*. Basic biology, taxonomy and genetics. *The Taylor & Francis e- Library*. 1(1): 3-278.
- Kucuk, C. and Kivanc, M. 2003. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. *Turkey Journal Biology*. 27(4): 247-253.
- Kullnig, C., Mach, R. L., Lorito, M. and Kubicek, C. P. 2000. Enzyme diffusion from *Trichoderma auroviride* to *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma* ech 42 gene expression before mycoparasitic contact. *Appl. Environ. Microbiol*. 66: 2232-2234.
- Kumalasari, A. S., Jahuddin, R. dan Anggun. 2021. Uji antagonis *Trichoderma* terhadap penyebab penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculantum* Mill). *Agriculture System Journal*. 1(1): 16-22.

- Mishra, P. K. and Firoz, N. K. 2015. Effect of different growth media and physical factors on biomass production of *Trichoderma viride*. *Journal of scientific research*. 8(2): 11-17.
- Musfirah, R., Sriwati, R. dan Chamzurni, T. 2018. Uji masa simpan pelet *Trichoderma harzianum* dan kemampuannya dalam menghambat perkembangan penyakit layu Fusarium pada bibit tomat. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian Unsyiah*. 3(2): 117-127.
- Nadhifah, Y. M., Hastuti, U. S. dan Istamar, S. 2016. Isolasi, karakterisasi, dan identifikasi mikoflora dari rizosfer tanah pertanian tebu (*Saccharum officinarum* L.) sebagai bahan ajar kingdom fungi untuk Siswa kelas x sma. *Jurnal Pendidikan*. 1(10): 2023-2030.
- Nohemi, C., Jose, A. and Alfredo, H. 2012. *Trichoderma*: Sensing the environment for survival and dispersal. *Microbiology*. 158(1): 3-16.
- Octriana, L. 2011. Potensi agen hayati dalam menghambat pertumbuhan *Phyitium* sp. secara in vitro. *Buletin Plasma Nutfah*. 17(2): 138-142.
- Pitojo, S. 2005. *Benih Tomat*. Kanisius. Yogyakarta.
- Purwati, E. dan Khairunisa. 2007. *Budidaya Tomat Dataran Rendah*. Penebar benih Swadaya. Depok.
- Purwantisari, S. dan Hastuti, R. B. 2009. Isolasi dan identifikasi jamur indigenous rhizosfer tanaman kentang dari lahan pertanian kentang organik di Desa pakis. *BIOMA*. 11(2): 45-53.
- Pracaya. 2012. *Bertanam Tomat*. Kanisius. Yogyakarta.
- Rahayuniati, R. F. dan Mugiastuti, E. 2009. Pengendalian penyakit layu Fusarium tomat: aplikasi abu bahan organik dan jamur antagonis. *Jurnal Pembangunan Pedesaan*. 9(1): 26-34.
- Rismunandar. 2001. *Tanaman tomat*. Sinar Baru Algesindo. Jakarta.
- Sallam, N. M. A., Eraky, A. M. I. dan Sallam, A. 2019. Effect of *Trichoderma* sp. on *Fusarium* wilt disease of tomato. *Molecular Biology Reports*. 9(13): 1-8.
- Semangun, H. 2001. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.

- Semangun, H. 2010. *Penyakit-Penyakit Tanaman Perkebunan di Indonesia*. Gadjah Mada. Yogyakarta.
- Somesh., Narendra, S., Lopamudra, B., Rajendra, K. B., Ashutosh, T. and Sumit, K. 2019. Effect of media, temperature, pH and light on the growth and sporulation of *Fusarium oxysporum* f. sp. *lini* (Bolley) Snyder and Hensan causing linseed wilt under environmental condition. *Journal of Pharmacognosy and Phytochemistry*. 8(2): 1427-1430.
- Singh, A., Shahid, M., Srivastava, M., Pandey, S., Sharma, A. and Kumar, V. 2014. Optimal physical parameters for growth of *Trichoderma* species and varying pH, temperatur and agitation. *Virology & Mycology*. 3(1): 5-7.
- Singh, V. K., Singh H. B. and Upadhyay, R. S. 2017. Role of fusaric acid in the development of 'Fusarium wilt' symtoms in tomato: physiological, biochemical and proteomic perspectives. *Plant physiol Biochem*. 118: 320-332.
- Situmorang, D., Khamdan, K. dan Trisna, A. P. 2021. Pengembangan formula biofungisida dan aplikasinya dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium pada tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 10(4): 428-429.
- Soesanto, L. 2013. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. PT. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Suazo, M. P., Opazo, A., Zaldua, S., Gonzalez, G. and Sanfuentes, E. 2011. Evaluation of *Trichoderma* spp. and *Clonostachys* spp. strains to control *Fusarium circinatum* in *Pinus radiata* seedlings. *Cheilean Journal of Agricultural Research*. 71(3): 412-417.
- Sutapa, G. N. dan I Gde, A. K. 2016. Efek induksi mutasi radiasi samma 60 Co pada pertumbuhan fisiologis tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* L.). *J. Kes. Rad & Ling*. 1(2): 5-11.
- Thamrin, A. dan Martina, A. 2022. *Pertumbuhan agen antagonis Trichoderma PNE4 pada berbagai media pembawa*. Universitas Riau. Riau.
- Triasih, U. dan Sri, W. 2023. Uji fisiologi pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. dan *Gliocladium* sp. yang berasal dari tanaman jeruk. *Agtotech Science Journal*. 9(1): 1-10.

- Wasonowati, C. 2011. Meningkatkan pertumbuhan tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill). *J. Agrovigor*. 4(1): 21-27.
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial atlas of soil and seed fungi morphologies of cultured fungi and key to species*. CRC Press LLC. USA.
- Wibowo, A., Priyatmojo, A. dan Sutejo, M. A. 2008. Identifikasi morfologi beberapa spesies jamur *Fusarium*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1): 7-13.
- Widada, J., Mulyadi, Hadisutrisno, B. dan Suryanti. 2015. Identifikasi *Fusarium* dan nematoda parasit yang berasosiasi dengan penyakit lada di Kalimantan Barat. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 19(1): 19-26.
- Wiryanta, W. T. B. 2004. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka. Jakarta.