

**AKTIVITAS MIKOPARASITISME *Trichoderma* sp. (T10 dan T14)  
TERHADAP FUNGI PATOGEN TANAMAN *Fusarium* sp.  
dan *Curvularia* sp. SECARA IN VITRO**

**(Skripsi)**

**Khusnul Nur Afifah**

**2017061003**



**JURUSAN BIOLOGI  
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

**AKTIVITAS MIKOPARASITISME *Trichoderma* sp. (T10 dan T14)  
TERHADAP FUNGI PATOGEN TANAMAN *Fusarium* sp.  
dan *Curvularia* sp. SECARA IN VITRO**

**Oleh**

**KHUSNUL NUR AFIFAH**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA SAINS**

**Pada**

**Jurusan Biologi  
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2024**

## ABSTRAK

### **AKTIVITAS MIKOPARASITISME *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) TERHADAP FUNGI PATOGEN TANAMAN *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. SECARA IN VITRO**

Oleh

**Khusnul Nur Afifah**

Berbagai macam penyakit yang disebabkan oleh fungi patogen menjadi masalah utama dalam budidaya tanaman karena menyebabkan kerusakan pada tanaman. Pengendalian patogen pada penyakit tanaman dapat menggunakan jamur biokontrol untuk menghambat pertumbuhan fungi patogen. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk menekan pertumbuhan patogen penyakit tanaman dapat melalui mengetahui mekanisme mikoparasitisme yang dimiliki oleh *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui fase pertumbuhan isolat *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) dan mengetahui potensi isolat *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) dalam menghambat fungi patogen tanaman *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. secara in vitro dengan uji kompatibilitas dan uji antagonisme. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) memiliki laju pertumbuhan yang sangat cepat dengan bertambahnya waktu. Hasil uji kompatibilitas T10 dan T14 terhadap *Fusarium* sp. memiliki interaksi penghambatan titik, sedangkan T10 dan T14 terhadap *Curvularia* sp. memiliki interaksi invasi akhir. Hasil uji antagonisme menunjukkan bahwa T14 memiliki aktivitas mikoparasitisme yang menghambat pertumbuhan fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp., secara signifikan. Diameter koloni fungi patogen pada semua perlakuan lebih kecil daripada perlakuan kontrol. T10 dan T14 mampu menghambat kedua fungi patogen (*Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp.). Penghambatan terhadap *Curvularia* sp. lebih baik dibandingkan penghambatan terhadap *Fusarium* sp. Yaitu 73,08 dan 74,05 %.

Kata Kunci: Antagonisme, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., Mikoparasitisme, *Trichoderma* sp.

## ABSTRACT

### MICOPARASITISM ACTIVITY OF *Trichoderma* sp. (T10 and T14) AGAINST PLANT PATOGEN FUNGI *Fusarium* sp. and *Curvularia* sp. IN VITRO

By

Khusnul Nur Afifah

Various diseases caused by pathogenic fungi are a major problem in plant cultivation because they cause damage to plants. Pathogen control in plant diseases can use biocontrol fungi to inhibit the growth of pathogenic fungi. One way that can be done to suppress the growth of plant disease pathogens can be through knowing the mechanism of mycoparasitism owned by *Trichoderma* sp. in inhibiting pathogen growth. This study aims to determine the growth phase of *Trichoderma* sp. isolates (T10 and T14) and determine the potential of *Trichoderma* sp. isolates (T10 and T14) in inhibiting plant pathogenic fungi *Fusarium* sp. and *Curvularia* sp. in vitro by compatibility test and antagonism test. The results showed that *Trichoderma* sp. fungi (T10 and T14) had a very fast growth rate with increasing time. The compatibility test results of T10 and T14 against *Fusarium* sp. have point inhibition interaction, while T10 and T14 against *Curvularia* sp. have late invasion interaction. Antagonism test results showed that T14 has mycoparasitism activity that inhibits the growth of pathogenic fungi *Fusarium* sp. and *Curvularia* sp., significantly. The colony diameters of pathogenic fungi in all treatments were smaller than the control treatment. T10 and T14 were able to inhibit both pathogenic fungi (*Fusarium* sp. and *Curvularia* sp.). The inhibition of *Curvularia* sp. was better than the inhibition of *Fusarium* sp. 73.08 and 74.05 %.

Keywords : Antagonism, *Curvularia* sp., *Fusarium* sp., Mycoparasitism,  
*Trichoderma* sp.

## LEMBAR PENGESAHAN

**Judul Skripsi** : **Aktivitas Mikoparasitisme *Trichoderma* sp. (T10 Dan T14) Terhadap Fungi Patogen Tanaman *Fusarium* sp. Dan *Curvularia* sp. Secara In Vitro.**

**Nama Mahasiswa** : **Khusnul Nur Afifah**

**Nomor Pokok Mahasiswa** : **2017061003**

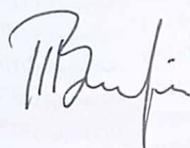
**Program Studi** : **Biologi Terapan**

**Fakultas** : **Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**

### MENYETUJUI

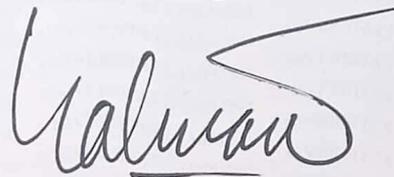
#### 1. Komisi Pembimbing

Pembimbing I



**Prof. Dr. Bambang Irawan., M.Sc.**  
NIP. 196503031992031006

Pembimbing II



**Ir. Salman Farisi., M.Si**  
NIP. 196104181987031001

#### 2. Ketua Jurusan Biologi FMIPA Unila

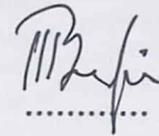


**Dr. Jani Master, S.Si., M.Si.**  
NIP. 198301312008121001

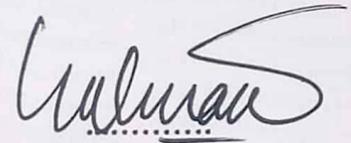
**MENGESAHKAN**

1. Tim Penguji

Ketua : Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc.



Sekretaris : Ir. Salman Farisi, M.Si



Penguji : Dra. Yulianty, M.Si



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si.  
NIP. 197110012005011002

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 15 Agustus 2024**

## SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khusnul Nur Afifah  
NPM : 2017061003  
Jurusan : Biologi/ Biologi Terapan  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sesungguhnya dan sejujurnya, bahwa skripsi saya yang berjudul :

**AKTIVITAS MIKOPARASITISME *Trichoderma* sp. (T10 dan T14)  
TERHADAP FUNGI PATOGEN TANAMAN *Fusarium* sp.  
dan *Curvularia* sp. SECARA IN VITRO**

Baik data maupun pembahasannya adalah benar karya saya sendiri berdasarkan oengetahuan dan informasi yang telah saya dapatkan. Skripsi ini saya susun dengan mengikuti pedoman dan norma akademik yang berlaku.

Demikian permyataan ini saya buat, apabila dikemudian hari dalam karya ilmiah ini ditemukan ada kecurangan, maka saya siap mempertanggungjawabkannya.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2024

Yang menyatakan,



**Khusnul Nur Afifah**  
NPM. 2017061003

## RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Panggung Rejo, Pringsewu, Provinsi Lampung pada 30 September 2002. Penulis merupakan putri kedua dari Bapak Sularno dan Ibu Suparti. Penulis beralamat di desa Hajimena, Kecamatan Natar, Kabupaten Lampung Selatan, Provinsi Lampung.

Penulis menempuh pendidikan pertamanya di TK Aisyiyah Bustanul Athfal Serbajadi pada tahun 2007. Kemudian melanjutkan Pendidikan di Madrasah Ibtidaiyah Muhammadiyah (MIM) Serbajadi, Natar Lampung Selatan pada tahun 2008 - 2014, kemudian melanjutkan Pendidikan di SMPN 3 Natar pada tahun 2014 – 2017. Penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Muhammadiyah 2 Bandar Lampung, pada tahun 2017-2020. Penulis menjadi mahasiswa Program Studi Biologi Terapan, Jurusan Biologi FMIPA Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020.

Selama menjadi mahasiswa di Jurusan Biologi FMIPA Unila, penulis pernah menjadi asisten praktikum mata kuliah Teknik Biomolekuler, Genetika, Mikrobiologi Lingkungan dan Mikrobiologi Bahan Pangan, Penulis juga aktif di berbagai organisasi kemahasiswaan diantaranya Himpunan Mahasiswa Biologi (HIMBIO) FMIPA Unila sebagai Anggota Bidang Dana dan Usaha (DANUS) di tahun 2020-2021, Anggota Biro Kesekretariatan dan Rumah Tangga (KRT) Rois FMIPA Unila di tahun 2021-2022, Anggota Dinas Sosial dan Pengabdian

Masyarakat (SPM) Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FMIPA Unila di tahun 2021 dan pada tahun 2023 penulis menjadi Sekretaris Dewan Perwakilan Mahasiswa (DPM) FMIPA Unila di tahun 2023.

Selama kuliah penulis melaksanakan Kerja Praktik di PT. Great Giant Pineapple, pada bagian Research and Development di Terbanggi Besar, Lampung Tengah pada 4 Januari - 11 Februari 2023 dan telah menyelesaikan seminar Kerja Praktik dengan judul “Isolasi Bakteri Patogen Penyebab Penyakit Moko Pada Daging Buah Pisang Cavendish (*Musa acuminata* Colla) Muda di PT Great Giant Pineapple”. Penulis juga melanjutkan untuk mengikuti Magang Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM Riset) di PT Great Giant Pineapple pada bulan Maret-Mei 2023, dan penulis juga melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Balairejo, Kecamatan Kalirejo, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juli-Agustus 2023.

## MOTTO

Cukuplah Allah (menjadi penolong) bagi kami dan Dia sebaik-baik pelindung.  
**(Q.S. Ali 'Imran: 173)**

Boleh jadi kamu membenci sesuatu, padahal ia amat baik bagimu, dan boleh jadi (pula) kamu menyukai sesuatu, padahal ia amat buruk bagimu; Allah mengetahui, sedang kamu tidak mengetahui.  
**(Q.S. Al-Baqarah: 216)**

Ketahuiilah bahwa kemenangan bersama kesabaran, kelapangan bersama kesempitan, dan kesulitan bersama kemudahan.  
**(HR. Tirmidzi)**

Jangan menjelaskan tentang dirimu kepada siapapun. Karena yang menyukaimu tidak membutuhkan itu, dan yang membencimu tidak mempercayai itu.  
**(Ali bin Abi Thalib)**

*“Only you can change your life, no body else do it for you”* Orang lain gak akan bisa faham *struggle* dan masa sulitnya, kita yang mereka tau hanya bagian *success stories*. Berjuanglah untuk diri sendiri, kelak diri kita di masa depan akan sangat bangga dengan apa yang kita perjuangkan hari ini.  
**(Khusnul Nur Afifah)**

## PERSEMBAHAN

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

*Alhamdulillahilahi robbil alamin*

*Dengan menghaturkan syukur serta melatunkan pujian setinggi-tingginya kepada Allah Tuhan Semesta Alam yang telah memberikan kesehatan, kemampuan, ketabahan, dan kekuatan serta pertolongannya diarah yang tidak disangka-sangka kepadaku*

*Sholawat beribu sholawat telah terlimpahkan kepada junjungan dan suri tauladan segala umat manusia, kekasih Allah dan utusanNya yang teramat mulia, Baginda Nabi Muhammad SAW yang kelak kurindukan syafaatnya dan pertemuannya nanti di yaumul mahsyar nanti*

*Dengan rahmat Allah SWT yang Maha Pengasih dan Maha Penyayang atas segala karunia-Nya kupersembahkan karya kecilku ini sebagai tanda cinta kasihku kepada :*

*Kedua orang tuaku tercinta yang selalu menyayangi, mengasih, mendo'akan serta mensupport dan menguatkan diriku dalam setiap Langkah perjalanan hidupku.*

*Kakakku Haris Prasetyo dan Adikku Raissa Nur Fauziah tersayang yang telah memberikan semangat, do'a dan dukungan lainnya sehingga penulis mampu menyelesaikan Pendidikannya.*

*Bapak Ibu Dosen yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat dengan penuh kesabaran, ketulusan dan keikhlasan.*

*Teman, kerabat dan sahabat perjuangan selama perkuliahan yang selalu ada dalam jalan hidupku, yang telah memberikan pengalaman, dukungan dalam bentuk apapun, motivasi, dan yang selalu menemani dan menguatka.*

## UCAPAN TERIMAKASIH

*Alhamdulillah* *rabbi'l'Alaamiin*, Segala puji dan syukur penulis haturkan kehadirat Allah SWT karena atas karunia, taufik, hidayah dan rahmat-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang merupakan salah satu syarat akademis menempuh Pendidikan di Program Studi Biologi Terapan Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Skripsi yang berjudul “**Aktivitas Mikoparasitisme *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) terhadap Fungi Patogen Tanaman *Fusarium* sp., dan *Curvularia* sp. Secara In Vitro**“ Shalawat beriring salam tak lupa dilantunkan oleh penulis kepada junjungan Nabi Besar Muhammad SAW yang telah memberikan rahmat dan karunia-Nya, semoga kita semua mendapatkan syafaat beliau di akhirat kelak, Aamiin.

Dalam menyelesaikan proses penulisan skripsi ini, penulis memahami bahwa masih terdapat kendala dan kekurangan. Namun berkat bantuan, bimbingan, kerjasama dan dukungan dari berbagai pihak dan berkah dari Allah SWT sehingga kendala-kendala yang dihadapi tersebut dapat diatasi. Untuk itu penulis mengucapkan terimakasih dan penghargaan kepada:

1. Allah Subhanahu wa ta'ala yang telah memberikan Rahmat dan karunia-NYA sehingga penulis dapat menyelesaikan Skripsi ini.
2. Kedua orang tuaku, Bapak Sularno dan Ibu Suparti, yang telah bekerja keras untuk mendidik, memberi motivasi, semangat, dukungan baik moril dan materi dan memberikan cinta dan kasih sayang yang tulus, serta yang selalu menyelipkan namaku dalam setiap untaian doanya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
3. Bapak Prof. Dr. Bambang Irawan, M.Sc. Selaku Pembimbing 1 yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, motivasi,

nasihat, saran dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi

4. Bapak Ir. Salman Farisi, M.Si. Selaku Pembimbing 2 yang dengan sabar memberikan ilmu pengetahuan, bimbingan, motivasi, nasihat, saran dan pengarahan, baik selama perkuliahan maupun penyusunan skripsi
5. Ibu Dra. Yulianty, M.Si. selaku Pembahas yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan, nasihat, arahan dan saran dalam perkuliahan dan penyusunan skripsi.
6. Ibu Prof. Dr. Endang Nurcahyani, M.Si., selaku Pembimbing Akademik yang senantiasa membimbing penulis selama perkuliahan.
7. Ibu Prof. Dr. Lusmeilia Afriani, D.E.A, I.P.M. selaku rektor Universitas Lampung.
8. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S.Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
9. Bapak Dr. Jani Master, M.Si. Selaku Ketua Jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
10. Ibu Gina Dania Pratami, S.Si., M.Si. selaku Ketua Program Studi Biologi Terapan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
11. Ibu Oni Mastuti S.Si. dan rekan-rekan peneliti di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA Unila yang telah membantu serta memberikan semangat, motivasi dan hiburan kepada penulis ketika melaksanakan penelitian.
12. Kakakku Haris Prasetyo dan adikku Raissa Nur Fauziah yang tersayang. Terimakasih atas do'a, dukungan dan motivasinya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
13. Kepada Sahabat ku tersayang, Melga Fadilah Putri, Riska Amelia Dewi, Khofifatus Suryani harahap dan Riska Nava Mutiara yang telah berproses bersama dari awal perkuliahan dan selalu saling mendoakan serta memberi dukungan, motivasi dan bantuan kepada penulis.
14. Keluargaku di kampus "*kiw<sup>2</sup>fams*" Annisa Salsabila, Evita Wulandari, Oktavia Nur Azizah, Fitri Ayu Awaliyah, Ahmad Al Farizi, Hendro

Prasetyo Subakti, dan Abdul Kholiq yang selalu memberikan dukungan dan menjadi tempat untuk bercerita dan menyampaikan keluh kesah. Terimakasih telah kebersamai dan memberikan uluran tangan kepada penulis dalam proses menyelesaikan skripsi.

15. Kepada teman perkuliahan ku Siti Nurlela Wati, Aina Tusa'diah, Hana Nur Qolbi, Indah Ayu Lestari dan Nabela Harfiani yang telah memberikan dukungan, pengalaman, dan yang telah kebersamai selama perkuliahan dan proses penyusunan skripsi.
16. Kepada keluarga besar DPM FMIPA Unila tahun 2023 yang telah kebersamai yang telah memberikan warna semasa proses penyusunan skripsi hingga akhir perkuliahan.
17. Kepada teman-teman seperjuangan Biologi Terapan dan Biologi angkatan 2020, terimakasih atas pengalaman, dukungan dan bantuan selama proses perkuliahan di jurusan Biologi.
18. Kepada seluruh pihak yang telah membantu dan mendoakan dalam proses perkuliahan hingga akhir, yang tidak dapat dituliskan satu persatu, saya ucapkan terimakasih, Jazakumullah Khoiron Katsiron.
19. Serta almamater tercinta, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa dalam penulisan dan penyusunan skripsi ini masih banyak kekurangan Oleh karena itu, penulis akan dengan senang hati menerima kritik, saran dan masukan yang membangun sangat diharapkan. Semoga skripsi ini dapat berguna serta bermanfaat bagi kita semua, Aamiin.

Bandar Lampung, 15 Agustus 2024  
Penulis



Khusnul Nur Afifah

## DAFTAR ISI

<b>HALAMAN JUDUL .</b> .....	<b>i</b>
<b>HALAMAN JUDUL DALAM</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRAK</b> .....	<b>iii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iv</b>
<b>LEMBAR PENGESAHAN</b> .....	<b>v</b>
<b>MENGESAHKAN</b> .....	<b>vi</b>
<b>SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI</b> .....	<b>vii</b>
<b>RIWAYAT HIDUP</b> .....	<b>viii</b>
<b>MOTTO</b> .....	<b>x</b>
<b>PERSEMBAHAN</b> .....	<b>xi</b>
<b>UCAPAN TERIMAKASIH</b> .....	<b>xii</b>
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>xv</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xviii</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>xix</b>
<b>I PENDAHULUAN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Kerangka Pikir .....	4
1.4 Hipotesis .....	5
<b>II TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>6</b>
2.1 Mikoparasitisme.....	6
2.2 Jamur.....	7
2.3 Antagonisme Jamur Biokontrol Terhadap Jamur Patogen .....	12
2.4 <i>Trichoderma</i> sp. ....	13
2.4.1 Klasifikasi <i>Trichoderma</i> sp. ....	14

2.4.2 Morfologi <i>Trichoderma</i> sp. ....	14
2.5 <i>Fusarium</i> sp. ....	15
2.5.1 Klasifikasi <i>Fusarium</i> sp. ....	16
2.5.2 Morfologi <i>Fusarium</i> sp. ....	17
2.6 <i>Curvularia</i> sp. ....	18
2.6.1 Klasifikasi <i>Curvularia</i> sp. ....	20
2.6.2 Morfologi <i>Curvularia</i> sp. ....	20
<b>III METODE PENELITIAN.....</b>	<b>22</b>
3.1 Waktu dan Tempat.....	22
3.2 Alat dan Bahan.....	22
3.3 Rancangan Penelitian.....	22
3.4 Prosedur Kerja .....	23
3.4.1 Peremajaan Isolat Jamur <i>Trichoderma</i> sp. <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Curvularia</i> sp. ....	23
3.4.2 Pembuatan Kurva Laju Pertumbuhan Diameter Koloni Radial Jamur Biokontrol <i>Trichoderma</i> sp. (T10 dan T14). ....	24
3.4.3 Pembuatan <i>Slide Culture Trichoderma</i> sp (T10 dan T14) .....	25
3.4.4 Uji Kompatibilitas .....	27
3.4.5 Uji Antagonis <i>Trichoderma</i> sp. Terhadap Jamur Patogen <i>Fusarium</i> sp. dan <i>Curvularia</i> sp.....	29
3.4.6 Analisis Data .....	31
3.5 Diagram Alir Penelitian .....	32
<b>IV HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>33</b>
4.1 Karakterisasi Morfologis Jamur Biokontrol <i>Trichoderma</i> sp. ....	33
4.2 Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T10 & T14) Melalui Pengamatan Diameter Koloni Arah Radial. ....	35
4.2.1 Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T10 & T14) Melalui Pengamatan Diameter Koloni Arah Radial .....	35
4.2.2 Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T10 & T14) Melalui Pengukuran Panjang Hifa Pada <i>Slide Culture</i> .....	38
4.3 Pengujian Kompatibilitas <i>Trichoderma</i> sp. (T10 & T14) dengan Fungi Patogen Tanaman .....	39
4.4 Pengujian Antagonisme <i>Trichoderma</i> sp. (T10 & T14) dengan Fungi Patogen Tanaman .....	41
4.4.1 Diameter Koloni Jamur Patogen .....	45
4.4.2 Persentase Daya Hambat Jamur .....	50
<b>V KESIMPULAN .....</b>	<b>54</b>
5.1 Simpulan .....	54
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Bentuk Pertumbuhan Fungi.....	9
2. Strategi Pertumbuhan Jamur pada Polimer Tidak Larut.....	11
3. Morfologi <i>Trichoderma</i> sp.....	15
4. Morfologi <i>Fusarium</i> sp. ....	18
5. Morfologi <i>Curvularia</i> sp.....	20
6. Tata Letak Penelitian.....	23
7. Pembuatan <i>Slide Culture Trichoderma</i> sp.....	26
8. Jenis Interaksi pada Pengujian Kompatibilitas .....	28
9. Skema Penempatan Uji Antagonis .....	30
10. Diagram Alir Penelitian.....	32
11. Bentuk Koloni <i>Trichoderma</i> sp.....	33
12. Morfologi <i>Trichoderma</i> sp.....	34
13. Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T10) pada Media PDA .....	36
14. Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T14) pada Media PDA .....	37
15. Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. ....	37
16. Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. (T10 dan T14) Melalui Pengukuran Panjang Hifa. ....	38
17. Hasil Uji Kompatibilitas .....	40
18. Hasil Uji Antagonis .....	42
19. Diameter Koloni Patogen pada Kontrol.....	45
20. Persentase Penghambatan Perlakuan T1P1 dan T2P1. ....	53
21. Persentase Penghambatan Perlakuan T1P2 dan T2P2. ....	54
22. Dokumentasi Penelitian .....	65
23. Hasil Uji Antagonis.....	66

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakterisasi Secara Morfologis <i>Trichoderma</i> sp. (T14 dan T10).....	34
2. Pertumbuhan <i>Trichoderma</i> sp. melalui Diameter Koloni .....	35
3. Diameter Koloni Jamur Patogen (2 HSI) .....	46
4. Diameter Koloni Jamur Patogen (4 HSI) .....	47
5. Diameter Koloni Jamur Patogen (6 HSI) .....	48
6. Penghambatan Jamur Patogen (2 HSI) .....	50
7. Penghambatan Jamur Patogen (4 HSI) .....	51
8. Penghambatan Jamur Patogen (6 HSI) .....	52
9. Uji Normalitas Diameter Koloni Jamur Patogen Umur 2, 4, 6 HSI .....	67
10. Uji Normalitas Persentase Penghambatan Jamur Umur 2,4,6 HSI.....	68
11. Uji Homogenitas Diameter Koloni Jamur Patogen Umur 2,4,6 HSI.....	68
12. Uji Homogenitas Persentase Penghambatan Jamur Umur 2,4,6 HSI .....	69
13. Uji <i>One Way Anova</i> Diameter Koloni Jamur Patogen Umur 2,4,6 HSI.....	70
14. Uji <i>One Way Anova</i> Persentase Daya Hambat 2,4,6 HSI.....	70
15. Uji Duncan Diameter Koloni Jamur Patogen Umur 2,4,6 HSI.....	71
16. Uji Duncan Persentase Daya Hambat Umur 2,4,6 HSI .....	72

# I PENDAHULUAN

## 1.1 Latar Belakang

Aktivitas mikoparasit adalah salah satu metode yang biasa digunakan dalam pengendalian biokontrol pada patogen tanaman. Mikoparasit didefinisikan secara sederhana sebagai jamur yang menjadi parasit bagi jamur lain.

Definisi parasit secara umum, yaitu memperoleh sebagian atau seluruh kebutuhan nutrisinya dari sel atau jaringan organisme lain yang masih hidup dan berfungsi (dalam hal ini inang jamur) yang hidup secara bersama.

Keduanya akan dapat melakukan hal ini dengan membunuh sel inang kemudian memakannya (parasit nekrotrofik) atau dengan menyerap nutrisi dari sel inang yang masih hidup (parasit biotrofik) (Octriana, 2011).

*Trichoderma* sp. banyak digunakan sebagai agen biokontrol penyakit tanaman di bidang pertanian. Mikoparasitisme merupakan sifat leluhur *Trichoderma* sp. yang merupakan salah satu mekanisme terpenting dalam mengurangi jamur patogen. Mikoparasitisme adalah proses fisiologis yang kompleks dan harus dilihat dalam perspektif persaingan mikroba yang luas, dan melibatkan produksi enzim dan metabolit sekunder. *Trichoderma* sp. dipandang sebagai mikoparasit nekrotrofik, namun terdapat bukti lain bahwa, setidaknya dalam beberapa kasus, berperilaku sebagai hemibiotrof, menyebabkan kerusakan kecil pada dinding sel inang dan memiliki keberadaan intraseluler di dalam sel inang untuk jangka waktu yang lama. (Mukherjee *et al.*, 2022).

Mikoparasitisme adalah salah satu mekanisme utama yang terlibat dalam antagonisme *Trichoderma* sp. sebagai agen biokontrol. Proses tersebut mencakup pertumbuhan kemotropik *Trichoderma* sp. sekresi enzim

ekstraseluler, penetrasi hifa dan lisis *Trichoderma* sp. mengenali sinyal dari jamur inang, memicu *coiling* dan penetrasi inang. Proses mikoparasitisme melibatkan serangan langsung dari satu spesies jamur ke jamur lainnya. Proses kompleks ini mencakup peristiwa berurutan, yang melibatkan siklus pengenalan strain jamur oleh *Trichoderma* sp. dalam serangan seluler, dan penetrasi berikutnya ke dalam host dan akhirnya membunuh host (Kubicek dkk, 2019).

Faktor utama yang menentukan aktivitas mikroorganisme antagonis yaitu memiliki kecepatan pertumbuhan yang tinggi untuk melakukan kompetisi dalam hal makanan dan penguasaan ruang sehingga dapat menekan pertumbuhan fungi patogen. Kompetisi antara jamur antagonis dengan jamur patogen menyebabkan jamur patogen tidak mempunyai ruang untuk tempat hidupnya, sehingga pertumbuhan jamur patogen terhambat (Octriana, 2011). Disamping itu, kemampuan pertumbuhan yang cepat dari *Trichoderma* sp. ini sangat cocok untuk digunakan dalam pengendalian hayati jamur patogen pada tanaman

Mekanisme *Trichoderma* sp. dalam penghambatan terhadap jamur patogen tanaman yaitu dengan kompetisi terhadap tempat tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan mikoparasitisme. Antibiosis mempunyai peran dalam proses pengendalian dan hampir selalu terkait dengan mekanisme lain yaitu kompetisi dan mikoparasitisme. Mekanisme mikoparasitisme adalah kontak fisik antara miselium jamur caranya adalah dengan pengikatan miselium (*coiling*) dan sekresi enzim-enzim hidrolitik yang menyebabkan dinding membran sel patogen menjadi larut (Purwantisari dan Hastuti, 2009). *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan senyawa antibiotik yang termasuk kelompok furanon yang dapat menghambat pertumbuhan spora dan hifa dari jamur patogen (Herliyana dkk., 2013).

*Trichoderma* sp. melakukan aktivitas biokontrol dengan mekanisme mikoparasit yaitu diawali dengan hifa *Trichoderma* sp. melingkar (membelit) hifa patogen dan kemudian melakukan penetrasi terhadap hifa jamur patogen sehingga pada akhirnya jamur patogen kehilangan

sitoplasmanya dan lisis (Howell, 2003). Selain itu juga kelebihan dari jamur ini karena mudah diisolasi, daya adaptasinya luas, dapat tumbuh cepat pada berbagai substrat, dan jamur ini juga memiliki kisaran mikoparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Gusnawaty *et al.*, 2015).

Mikoparasitisme pada *Trichoderma* sp. melibatkan antara pengenalan dan keterikatan inang dan melingkar di sekitar hifa inang. Hal ini adalah proses kompleks yang melibatkan pertumbuhan tropik dari agen biokontrol menuju jamur yang ditargetkan, kumparan yang dimediasi lektin *Trichoderma* sp. ke hifa patogen, dan akhirnya serangan. Fenomena ini melibatkan sekresi metabolit antibiotik, yang mengakibatkan pelucutan dan pembunuhan patogen. Cara kerja termasuk pelepasan atpenin, penghambat kuat dan spesifik dari metabolisme mitokondria dalam parasit (Waghunde dkk, 2016).

Uji antagonis adalah suatu cara yang digunakan membuktikan mikroorganisme yang bersifat antagonis dapat menghambat aktivitas mikroorganisme lain yang berada di tempat yang berdekatan. Tujuannya untuk mengukur dan mengetahui kemampuan jamur patogen pada skala *in vitro* (skala laboratorium). Jamur yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Trichoderma* sp. (T10 dan T14), *Fusarium* sp. merupakan fungi penyebab penyakit layu pada tanaman pisang dan *Curvularia* sp. penyebab penyakit bercak daun pada kelapa sawit.

Uji kompatibilitas dilakukan untuk melihat patogen antar fungi dalam mendapatkan nutrisinya. Fungi yang dominan menguasai nutrisinya akan mampu tumbuh cepat dan menguasai bidang luas pertumbuhan (Mohammad *et al.*, 2011).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Adapun tujuan dilakukan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui fase pertumbuhan jamur biokontrol *Trichoderma* sp. (T10 dan T14).
2. Mengetahui aktivitas mikoparasitisme *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) terhadap jamur patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. melalui uji kompatibilitas dan uji antagonisme.

## 1.3 Kerangka Pikir

Mekanisme mikoparasitisme *Trichoderma* sp. terhadap jamur patogen tanaman *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. dapat dilakukan dengan uji kompatibilitas dan uji antagonisme. Uji kompatibilitas dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Trichoderma* sp. atau jamur biokontrol dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. Uji antagonisme dilakukan untuk mengetahui kemampuan *Trichoderma* sp yang memiliki senyawa antibiotik sehingga dapat menghambat pertumbuhan Jamur Patogen Tanaman *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp.

Pengendalian jamur patogen tumbuhan menggunakan jamur biokontrol memiliki mekanisme yaitu dengan kompetisi terhadap tempat tumbuh dan nutrisi, antibiosis, dan mikoparasitisme. Antibiosis mempunyai peran dalam proses pengendalian dan hampir selalu terkait dengan mekanisme lain yaitu kompetisi dan mikoparasitisme. Mekanisme mikoparasit yang dimiliki oleh jamur *Trichoderma* sp. yaitu dengan membelit (*coiling*) hifa kapang patogen sehingga dapat menyebabkan kerusakan pada hifa inangnya, akhirnya dapat menyebabkan kematian pada jamur patogen. Selain itu, *Trichoderma* sp. diketahui dapat menghasilkan berbagai macam senyawa kimia yang bersifat toksik bagi jamur patogen.

Pengendalian hayati yang ramah dan aman yaitu salah satunya dengan menggunakan agen biokontrol untuk mengendalikan penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur patogen. Penggunaan agen biokontrol sangat penting untuk mengatasi penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur

patogen yaitu salah satunya menggunakan jamur *Trichoderma* sp. yang digunakan sebagai pengendalian hayati untuk mengendalikan beberapa penyakit tanaman. *Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme tanah yang bersifat saprofit sehingga memiliki kemampuan menyerang jamur patogen. Mekanisme yang dilakukan oleh agen antagonis *Trichoderma* sp. terhadap patogen adalah mikoparasit dan antibiosis. Di dalam tanah, aktivitas *Trichoderma* sp. menjadi kompetitor terhadap ruang dan nutrisi sehingga mampu menekan patogen tanah.

*Trichoderma* sp. dapat berperan sebagai agen hayati pengendali mikroba patogen pada tanaman, karena mekanisme antagonis yang dimilikinya dalam menghambat pertumbuhan patogen, yaitu dengan cara menghasilkan senyawa antibiotik yang dapat menghambat pertumbuhan hifa dan spora mikroba patogen. Mikroorganisme tersebut mampu menghasilkan senyawa toksin berupa enzim  $\beta$ 1,3 glukukanase, kitinase, dan selulase yang dapat menghambat pertumbuhan bahkan dapat membunuh mikroba patogen lainnya. Agen biokontrol yang digunakan pada penelitian ini adalah isolat *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) yang akan di uji antagonismenya terhadap jamur patogen yaitu *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp.

#### 1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Terdapat fase pertumbuhan *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) dengan bertambahnya waktu.
2. *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) memiliki aktivitas mikoparasit terhadap jamur patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. melalui uji kompatibilitas dan uji antagonisme.

## II TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Mikoparasitisme

Mikoparasitisme merupakan kontak langsung jamur antagonis dengan jamur patogen. Peristiwa ini diawali dengan pengenalan patogen, serangan serta penetrasi sel inang berikutnya, dan kematian (Gajera *et al.*, 2020).

*Trichoderma* sp. awalnya menghasilkan enzim pengurai dinding sel pada tingkat rendah dalam upaya untuk mengidentifikasi mangsanya. Setelah dikenali, pertumbuhan ke arah area target patogen diinduksi bersama dengan produksi yang lebih tinggi dari enzim pendegradasi dinding sel, terutama kitinase, glukonase dan protease (Almeida *et al.*, 2021).

*Trichoderma* sp. sebagai mikoparasit yang agresif, mampu menyerang patogen yang sebelumnya telah berada di suatu habitat tertentu.

*Trichoderma* sp. merupakan salah satu agen pengendali hayati yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai pengendali hayati jamur tanah (Tasik *et al.*, 2015)

Mikoparasit didefinisikan secara sederhana sebagai jamur yang menjadi parasit pada jamur lain. Jadi, menurut definisi parasit secara umum, mereka memperoleh sebagian atau seluruh kebutuhan nutrisinya dari sel atau jaringan organisme lain yang hidup dan berfungsi (dalam hal ini inang jamur) yang hidup dalam hubungan dekat dengan mereka. Mereka dapat melakukan hal ini dengan membunuh sel inang kemudian memakannya (parasit nekrotrofik) atau dengan menyerap nutrisi dari sel inang yang hidup (parasit biotrofik) (Deacon, 1997).

*Trichoderma* sp. kemudian akan menempel pada jamur patogen dengan mengikat karbohidrat yang ada di *Trichoderma* sp. ke hifa patogen, diikuti dengan melingkar di sekitar hifa patogen dan perkembangan apresoria untuk menembus hifa, yang kemudian diserang dan didegradasi melalui produksi hidrolitik, enzim dan metabolit sekunder. Enzim pendegradasi dinding sel lain yang merupakan polimer hidrolisis seperti -1,6- glukukan dan -1,3-glukan dilaporkan lebih lanjut memastikan disintegrasi lengkap miselia jamur atau konidia (Chao dan Wen-Ying, 2019).

Mikoparasitisme adalah salah satu mekanisme utama yang terlibat dalam antagonisme *Trichoderma* sp. sebagai agen biokontrol. Proses tersebut mencakup pertumbuhan kemotropik *Trichoderma* sp. sekresi enzim ekstra seluler, penetrasi hifa dan lisis *Trichoderma* sp. mengenali sinyal dari jamur inang, memicu *coiling* dan penetrasi inang. Proses mikoparasitisme melibatkan serangan langsung dari satu spesies jamur ke jamur lainnya. Proses kompleks ini mencakup peristiwa berurutan, yang melibatkan siklus pengenalan strain jamur oleh *Trichoderma* sp. serangan pada mesin seluler, dan penetrasi berikutnya ke dalam host dan akhirnya membunuh host (Kubicek dkk, 2019).

## 2.2 Jamur

Menurut Deacon (2007) jamur sejati dari kerajaan fungi memiliki karakteristik unik yang membedakan jamur dengan organisme lain.

Karakteristik tersebut sebagai berikut:

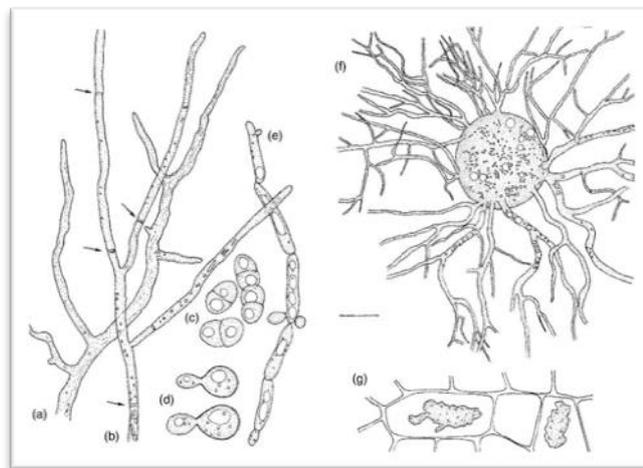
1. Semua jamur adalah eukariotik yang memiliki inti yang terikat membran yang mengandung beberapa kromosom, dan mereka memiliki berbagai organel sitoplasma yang terikat membran (mitokondria, vakuola, dll.). Karakteristik lain yang dimiliki oleh semua eukariota meliputi: aliran sitoplasma, DNA yang mengandung daerah non-kode yang disebut intron, membran yang biasanya mengandung sterol, dan ribosom tipe 80S yang berbeda dengan ribosom 70S pada bakteri
2. Jamur tumbuh sebagai filamen, yang disebut hifa, yang memanjang

hanya pada ujungnya (pertumbuhan apikal). Hifa bercabang banyak di belakang ujungnya, sehingga membentuk jaringan yang disebut miselium. Namun, beberapa jamur tumbuh sebagai ragi bersel tunggal (misalnya *Saccharomyces cerevisiae*) yang berkembang biak dengan cara bertunas, dan beberapa lainnya dapat berganti-ganti antara fase ragi dan fase hifa sebagai respons terhadap kondisi lingkungan (jamur dimorfik).

3. Fungi merupakan organisme heterotrof (kemo-organotrof). Dengan kata lain, mereka membutuhkan senyawa organik yang telah terbentuk sebelumnya sebagai sumber energi dan juga sebagai kerangka karbon untuk sintesis sel. Dinding sel mencegah fungi menelan makanan dengan cara fagositosis, sehingga fungi menyerap nutrisi yang sederhana dan mudah larut melalui dinding dan membran sel. Terdapat banyak kasus lain, hal ini dilakukan dengan mengeluarkan enzim pada ujung hifa untuk mendegradasi polimer kompleks dan kemudian menyerap nutrisi sederhana yang mudah larut yang dilepaskan oleh enzim depolimerase (pengurai polimer).
4. Fungi memiliki berbagai komponen dinding yang khas, yang biasanya meliputi kitin dan glukukan (polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,3 dan  $\beta$ -1,6). Selulosa yang pendek (polimer glukosa dengan ikatan  $\beta$ -1,4) telah terdeteksi pada beberapa dinding fungi, terutama pada beberapa fungi primitif. Namun fungi berbeda dengan tanaman karena tidak memiliki dinding sel yang kaya selulosa.
5. Fungi memiliki berbagai karakteristik karbohidrat larut dan senyawa penyimpanan, termasuk manitol dan gula alkohol lainnya, trehalosa (disakarida glukosa), dan glikogen.
6. Fungi biasanya memiliki inti haploid. Namun, hifa jamur seringkali memiliki beberapa inti di dalam setiap kompartemen hifa, dan banyak ragi yang sedang bertunas adalah diploid.
7. Fungi berkembang biak dengan cara seksual dan aseksual, dan biasanya menghasilkan spora. Spora fungi sangat bervariasi dalam bentuk, ukuran, dan sifat-sifat lainnya, yang berkaitan dengan

berbagai perannya dalam penyebaran atau kelangsungan hidup yang tidak aktif.

Ascomycota adalah filum dari kingdom fungi yang bereproduksi secara seksual maupun seksual. Ascomycota dan Basidiomycota dan kondisi aseksual yang terkait umumnya memiliki hifa septat (Gambar 1b) di mana setiap segmen mengandung satu, dua atau lebih inti. Jika nukleusnya identik secara genetik, seperti pada miselium yang berasal dari spora tunggal yang tidak berinti, miselium tersebut dikatakan homokariotik, tetapi jika sel atau miselium mengandung nukleus dengan genotipe yang berbeda, misalnya sebagai hasil fusi (anastomosis) hifa yang berbeda secara genetik, miselium tersebut dikatakan heterokariotik. Kondisi khusus ditemukan pada miselium Basidiomycota di mana setiap sel mengandung dua inti yang berbeda secara genetic yang disebut dikariotik, untuk membedakannya dari miselia yang monokariotik. Septa biasanya berlubang dan memungkinkan pertukaran sitoplasma atau organel (Webster dan Weber, 2007).



**Gambar 1.** Bentuk Pertumbuhan Fungi (Webster dan Weber, 2007).

Berdasarkan Gambar 1 menunjukkan bahwa terdapat beberapa bentuk pertumbuhan fungi yaitu :

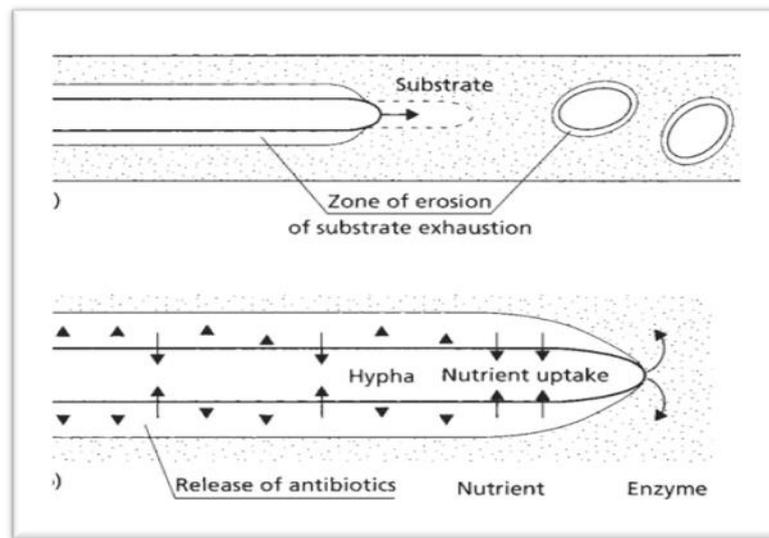
- a. Hifa aseptat dari *Mucor mucedo* (Zygomycota), hifa bercabang membentuk miselium.
- b. Hifa bercabang septat dari *Trichoderma viride* (Ascomycota). Septa ditunjukkan oleh panah.

- c. Sel-sel ragi dari *Schizosaccharomyces pombe* (Ascomycota) membelah dengan pembelahan biner.
- d. Sel-sel ragi *Dioszegia takashimae* (Basidiomycota) membelah dengan pertunasan.
- e. Pseudohifa *Candida parapsilosis* (Ascomycota), yang dianggap sebagai tahap peralihan antara sel ragi dan hifa sejati.
- f. Talus *Rhizophlyctis rosea* (Chytridiomycota) dari sistem rizoid bercabang memanjang ke dalam substrat.

Plasmodia dari *Plasmodiophora brassicae* (*Plasmodiophoromycota*) di dalam sel akar kubis. Batang skala = 20 mm (a, b, f, g) atau 10 mm (c-e). (Webster dan weber, 2007).

Beberapa strategi jamur (Gambar 2) untuk tumbuh pada polimer yang tidak larut berdasarkan (Deacon, 2007) sebagai berikut:

- a. Hifa memanjang terus menerus di bagian ujung, menarik protoplasma kedepan untuk menghindari zona erosi enzim pada substrat. Ragi tidak menggunakan polimer yang tidak larut (nondiffusible) karena mereka akan terperangkap dalam zona erosi substrat mereka sendiri. (Gambar 2a)
- b. Jamur pengurai polimer melakukan pertahanan pada substrat. Enzim disekresikan di ujung hifa untuk mendegradasi polimer, dan nutrisi terlarut yang dilepaskan diserap pada bagian sub apikal. Antibiotik atau penghambat lainnya (ditunjukkan sebagai panah) dapat dilepaskan oleh bagian sub apikal ke dalam zona erosi substrat untuk mencegah organisme pesaing memanfaatkan produk hasil degradasi enzim. (Gambar 2b)



**Gambar 2.** Strategi Pertumbuhan Jamur pada Polimer Tidak Larut (Deacon, 2007).

Strategi pertumbuhan fungi menurut Deacon (2007) membagi sifat jamur jamur berdasarkan cara mendapatkan nutrisi sebagai berikut:

**a.** Sebagai parasit atau patogen terhadap organisme lain. Parasit diartikan sebagai organisme yang mendapatkan semua atau sebagian kebutuhan nutrisinya dari jaringan hidup organisme lain atau inang, parasit menggambarkan hubungan nutrisi. Patogen diartikan sebagai organisme yang menyebabkan penyakit, dan umumnya juga bersifat parasit, namun parasit tidak selalu menyebabkan penyakit yang serius.

**b.** Saprofit

Saprofit adalah jamur yang tumbuh pada material yang tak hidup.

Jamur saprofit merupakan jamur pelapuk dan mampu mengubah bahan organik yang telah mati seperti kayu tumbang dan buah yang jatuh.

Jamur saprofit mensekresikan enzim hidrolase untuk mendegradasi substrat berupa molekul kompleks menjadi molekul sederhana sehingga mudah diserap oleh hifa, sedangkan molekul sederhana yang dikeluarkan oleh inangnya dapat langsung diserap melalui hifa (Sumarsih, 2003).

**c.** Simbion

Jamur terlibat dalam berbagai asosiasi simbiosis yang intim dengan organisme lain.

Dalam beberapa kasus, jamur dan pasangannya menjadi sangat bergantung satu sama lain sehingga mereka kehilangan

kemampuan untuk hidup sendiri. Hubungan timbalbalik dilakukan jamur dengan menyerap makanan dari organisme lain dan menghasilkan zat tertentu yang bermanfaat bagi simbiannya.

### 2.3 Antagonisme Jamur Biokontrol Terhadap Jamur Patogen

Jamur antagonis mempunyai kemampuan dalam menghambat perkembangan patogen dengan berbagai mekanisme, antara lain melalui kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis dengan menghasilkan antibiotik tertentu berupa senyawa kimia yang mudah menguap (*volatile*) dan tidak menguap (*non volatile*) (Ajith dan Lakshmidēvi, 2010; Vinale *et al.*, 2014). Antagonisme meliputi aktivitas suatu organisme dengan cara tertentu dan memberikan pengaruh yang merugikan organisme lain. Aktivitas antagonisme meliputi persaingan, parasitisme atau predasi dan pembentukan toksin termasuk antibiotik (Cornejo dkk, 2016).

Umumnya kematian mikroorganisme disebabkan kekurangan nutrisi, oleh karena itu pengendalian dengan agen hayati salah satunya bertujuan untuk memenangkan kompetisi dalam mendapatkan nutrisi. Beberapa jenis *Trichoderma sp.* menghasilkan siderofor yang mengkhelat besi dan menghentikan pertumbuhan jamur lain. (Mohidin *et al.*, 2010).

Berdasarkan mekanisme mikoparasitisme, agen hayati memanfaatkan secara langsung nutrisi dengan bantuan enzim litik. Antibiosis merupakan kemampuan antagonis untuk memproduksi metabolit atau racun penghambat inangnya, sedangkan kompetisi terjadi ketika pertumbuhan *Trichoderma sp.* dapat menekan pertumbuhan patogen (Berlian *et al.*, 2013). Kompetisi juga merupakan faktor penting dalam menentukan aktivitas fungi antagonis. Kompetisi antara agen hayati dengan patogen menyebabkan patogen tidak punya ruang untuk tempat hidupnya sehingga pertumbuhannya terhambat (Octriana, 2011).

Mekanisme antagonis meliputi hiperparasitisme (mikoparasit), antibiosis dan kompetisi. *Trichoderma sp.* bertindak sebagai mikoparasitisme bagi jamur lain dengan tumbuh mengelilingi miselium patogen. Mikoparasitisme

adalah aktivitas untuk memarasit miselium jamur lain dengan menembus dinding sel dan masuk ke dalam sel untuk mengambil zat makanan dari dalam sel sehingga jamur patogen akan mati (Sudantha *et al.*, 2011).

*Trichoderma* sp. mempunyai kemampuan menghambat fungi patogen karena dapat menghasilkan enzim dan toksin sehingga menyebabkan rusak dinding sel fungi patogen. *Trichoderma* sp. mempunyai kemampuan untuk menghasilkan enzim hidrolitik  $\beta$  1,3 glukukanase, kitinase dan selulase. Enzim-enzim inilah yang secara aktif merusak sel-sel jamur yang sebagian besar tersusun dari  $\beta$  1,3 glukukan (linamirin) dan kitin sehingga dengan mudah *Trichoderma* sp. dapat melakukan penetrasi ke dalam hifa jamur inangnya (Berlian *et al.*, 2013). *Trichoderma* sp. mengandung toksin harzianic acid, tricholin, peptaibols, gliotoxin, viridian, T22azaphilone, 1 hydroxy-3-methyl-anthraquinone, 1,8-dihydroxy-3-methyl-anthraquinone, T39butenolide, harzianolide, dan harzianopyridone (Mukherjee *et al.* 2012).

#### 2.4 *Trichoderma* sp.

*Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme tanah yang bersifat saprofit sehingga memiliki kemampuan menyerang fungi patogen (Purwantisari, 2009). Mekanisme yang dilakukan oleh agen antagonis *Trichoderma* sp. terhadap patogen adalah mikoparasit dan antibiosis (Arwiyanto, 2003). Di dalam tanah, aktivitas *Trichoderma* sp. menjadi kompetitor terhadap ruang dan nutrisi sehingga mampu menekan patogen tanah (Sudantha *et al.*, 2011). Tidak hanya itu, fungi ini juga dapat berkembang biak dengan cepat pada daerah perakaran tanaman (Gusnawaty *et al.*, 2014).

*Trichoderma* sp. banyak dimanfaatkan sebagai agen pengendali hayati. Agen pengendali hayati tidak memberi peluang pada patogen untuk mencapai populasi yang cukup tinggi hingga dapat menyebabkan tingkat keparahan penyakit yang tinggi (Kartikowati dkk, 2019). Keuntungan menggunakan *Trichoderma* sp. yang berpotensi sebagai agen hayati adalah pertumbuhannya cepat, mudah dikulturkan dalam biakkan maupun kondisi alami. Selain itu, beberapa jenis *Trichoderma* sp. dapat bertahan hidup

dengan membentuk kladiospora pada kondisi yang tidak menguntungkan dan cukup tahan terhadap fungisida dan herbisida (Berlian *et al.*, 2013).

*Trichoderma* sp. merupakan mikroorganisme yang bersifat saprofit dan memiliki kelebihan yang menguntungkan untuk tanaman. *Trichoderma* sp. salah satu jenis Jamur yang dapat digunakan sebagai agen kontrol pengendali patogen tular tanah. *Trichoderma* sp. mudah ditemukan pada berbagai habitat dan pada hampir semua jenis tanah. *Trichoderma* sp. berkembangbiak pada daerah perakaran tanaman dengan cepat (Gusnawaty *et al.*, 2014).

*Trichoderma* sp. merupakan penghasil metabolit sekunder yang efektif, yang berfungsi tidak hanya dalam antagonisme (serangan antibiosis dan mikoparasit) dengan bertindak sebagai senjata kimia tetapi juga dalam interaksi dengan tanaman serta dalam sinyal diri ( Mukherjee dkk.,2012) Banyaknya metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* sp. Yaitu poliketida, peptida non-ribosom, terpenoid, piron, dll., dan termasuk zat yang mudah menguap dan tidak mudah menguap (Zeilinger dkk.,2016).

#### **2.4.1 Klasifikasi *Trichoderma* sp.**

Klasifikasi ilmiah *Trichoderma* sp. menurut Hibbet (2007) adalah sebagai berikut:

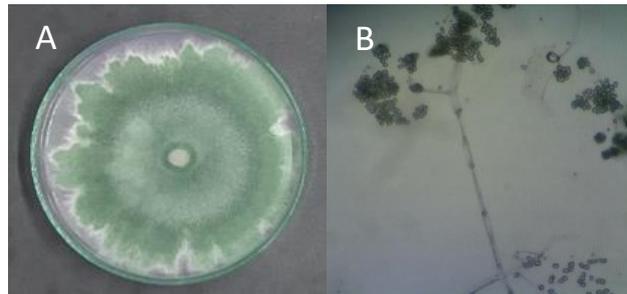
Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Bangsa	: Hypocreales
Suku	: Hypocreaceae
Marga	: <i>Trichoderma</i>
Jenis	: <i>Trichoderma</i> sp.

#### **2.4.2 Morfologi *Trichoderma* sp.**

Pada pengamatan makroskopis, terlihat *Trichoderma* sp. memiliki koloni berwarna putih, hingga hijau muda dan hijau tua.

*Trichoderma* sp. memiliki konidiofora dan konidia bening (hylin),

tegak lurus, bersepta, bercabang, phialida Tunggal atau kelompok serta bantalan konidia berwarna hijau.



**Gambar 3.** Morfologi *Trichoderma* sp.  
(Dokumentasi Pribadi)

Keterangan:

A. Bentuk koloni *Trichoderma* sp. pada media PDA

B. Morfologi *Trichoderma* sp. berdasarkan pengamatan secara mikroskopis dengan perbesaran 40 x.

Berdasarkan Gambar 3 menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. mempunyai tingkat pertumbuhan yang cukup cepat, mampu bertahan pada kondisi yang kurang menguntungkan dan konidia yang dihasilkan melimpah (Suanda, 2019).

## 2.5 *Fusarium* sp.

Salah satu jenis patogen yang menyerang tanaman hortikultura adalah jamur *Fusarium* sp. (Sholilah dkk., 2019). Mekanisme *Fusarium* pada tanaman menginfeksi melalui luka yang terjadi pada akar, mampu bertahan hidup pada lingkungan yang tidak sesuai untuk hidupnya dengan membentuk klamidospora sebagai bentuk pertahanan diri untuk bertahan dalam tanah (Heriyanto, 2019).

Gejala awal dari penyakit yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. yaitu terjadinya pemucatan daun dan tulang daun, diikuti dengan merunduknya tangkai daun yang lebih tua. Kadang-kadang kelayuan didahului dengan menguningnya daun. Pada tahap selanjutnya tanaman menjadi kerdil dan merana, jika tanaman yang sakit tersebut dipotong dekat pangkal batang atau dikelupas dengan pisau akan terlihat suatu cincin berwarna coklat dari

berkas pembuluh. Pada serangan berat, gejala tersebut juga terdapat pada tanaman bagian atas (Semangun, 2007).

Keberadaan jamur *Fusarium* sp. dapat menimbulkan dampak secara ekonomi karena *Fusarium* sp. adalah patogen bagi tanaman hortikultura. Penyakit layu *Fusarium* menyerang akar dan menimbulkan kerugian yang cukup besar, jamur *Fusarium* sp. bersifat *Soil inhabitat* sehingga dapat bertahan lama berada dalam tanah dengan jangka waktu yang lama hingga beberapa tahun tanpa adanya inang dari jamur patogen *Fusarium* sp. tersebut (Nugraheni, 2010).

Layu fusarium pada pisang disebabkan oleh sekelompok jamur dari genus *Fusarium*. Tanaman yang terserang akan terlihat layu, daun berwarna kuning, dan bagian dalam batang semu (pseudostem) menunjukkan diskolorasi berwarna coklat kemerahan (Maryani, 2018). Pisang yang terserang layu *Fusarium* sp. menjadi tidak produktif menghasilkan buah dan lama kelamaan mati. Anakan pisang yang induknya terserang juga terinfeksi, sehingga tanaman tidak mampu menghasilkan anakan yang dapat ditanam kembali. *Fusarium* sp. merupakan jamur tular tanah (*soilborne*) yang mudah menyebar melalui tanah, air, alat pertanian yang terkontaminasi, dan tanaman yang terinfeksi (Salacinas *et al.*, 2022).

### 2.5.1 Klasifikasi *Fusarium* sp.

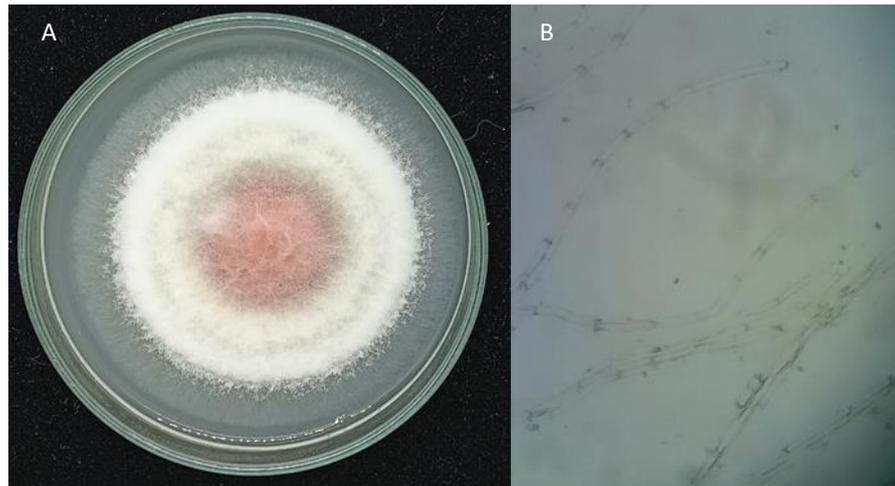
Menurut menurut Hibbet (2007), jamur *Fusarium* sp. sebagai penyebab penyakit layu dan diklasifikasikan sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Sordariomycetes
Bangsa	: Hypocreales
Suku	: Netriceae
Marga	: <i>Fusarium</i>
Jenis	: <i>Fusarium</i> sp.

### 2.5.2 Morfologi *Fusarium* sp.

*Fusarium* sp. termasuk ke dalam jenis fungi saprofitik dengan filamen yang tersebar luas pada tanaman dan tanah, menurut penelitian yang dilakukan oleh Azwin (2016) infeksi yang disebabkan oleh *Fusarium* sp. mampu menurunkan kemampuan sel dan jaringan dalam menjalankan fungsi fisiologisnya. *Fusarium* sp. dapat tumbuh pada media PDA dengan membentuk koloni berwarna putih dapat diamati langsung oleh mata. Pertumbuhan koloni cepat, berwarna putih, kuning sampai kecoklatan, ciri khusus dari fungi ini adalah mampu membentuk makrokonidia yang tersusun oleh satu sel berbentuk oval dan tumbuh membentuk rantai atau terpisah.

Berdasarkan pengamatan yang dilakukan oleh Sholihah dkk., (2019) secara mikroskopis jamur *Fusarium* sp. berbentuk oval atau elips, tidak bersekat atau memiliki sekat 1-2, mikrokonidium tersusun pada ujung konidiofor yang panjang, bercabang dan memiliki sifat monofialid tunggal. Jika diamati dari bagian samping, *Fusarium* sp. memiliki bentuk “canoe” memiliki “foot cell” yang terang pada bagian bawah dan bercabang, memiliki spora yang tidak berwarna. *Sporochia* dan gumpalan besar dari spora yang berasal dari bagian phialides yang runcing adalah bagian dari konidiospora yang sering ditemukan berkelompok. Jamur *Fusarium* sp. pada umumnya memiliki 2 jenis spora, yaitu mitokondria dan chlamidospora, umumnya banyak ditemukan pada tanah. Morfologi *Fusarium* sp. berdasarkan pengamatan yang telah dilakukan sebagaimana disajikan pada Gambar 4.



**Gambar 4.** Morfologi *Fusarium* sp. (Dokumentasi Pribadi)

Keterangan:

A. Koloni *Fusarium* sp. pada media PDA,

B. Morfologi *Fusarium* sp. berdasarkan pengamatan dengan perbesaran 40 x.

Berdasarkan Gambar 4 menunjukkan bahwa jamur *Fusarium* sebagai patogen memiliki persebaran inang yang sangat luas yang dapat menyebabkan kerugian hingga 80%, jamur ini mampu hidup pada tanah dengan rentang suhu antara 21 °C – 23 °C dan suhu optimal adalah 28 °C, jamur ini memiliki kemampuan berkembang lebih 21 cepat pada kondisi lingkungan dengan tanah yang mengandung air dan kelembaban udara tinggi (Zulfia dan Yusuf., 2014).

## 2.6 *Curvularia* sp.

*Curvularia* sp. adalah patogen penyebab penyakit yang umumnya dijumpai pada tanaman kelapa sawit (Afandi dkk., 2017). Salah satu penyebab utamanya yaitu menyerang pada stadium pembibitan. Penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Curvularia* sp. di pembibitan kelapa sawit dapat mencapai 38% (Solehudin *et al.*, 2012). Penyakit dapat menyebabkan kematian bibit kelapa sawit apabila penyakit ini tidak dikendalikan. *Curvularia* juga ditemukan sebagai penyebab penyakit bercak daun kelapa sawit di Venezuela (Escalante *et al.*, 2010).

Jamur *Curvularia* sp. adalah jamur penyebab penyakit bercak daun, serangan ringan jamur ini tidak menimbulkan kerugian yang berarti, namun pada serangan berat bercak daun akan menurunkan produksi buah hingga 50%. Oleh karena itu penyakit ini perlu dikendalikan untuk mencegah perkembangan penyakit yang lebih luas (Hanif, 2012). Gejala awal penyakit bercak daun yang disebabkan oleh *Curvularia* sp. berupa bercak kuning yang menginfeksi tajuk dan helai daun yang lama kelamaan menjadi bercak kering berwarna coklat abu-abu, sehingga mengkerut dan mati (Daryani, 1995).

Menurut Hanif dkk. (2012), konidia *Curvularia* sp. menginfeksi jaringan daun inang masuk melalui stomata daun dan berkembang biak di jaringan daun seperti epidermis atau palisade, sehingga menyebabkan bercak pada daun. Jamur *Curvularia* sp. sudah dikenal menjadi patogen pada beberapa jenis tanaman, karena memiliki kisaran inang yang luas (Suganda dan Wulandari, 2018).

Menurut penelitian Lalang dkk. (2016), ciri khas penyakit bercak daun *curvularia* adalah menyerang daun pupus yang belum membuka atau daun dua muda yang sudah membuka. Gejala awal adalah bercak bulat kecil berwarna kuning tembus cahaya yang dapat dilihat di kedua permukaan daun, bercak membesar bentuknya bulat, warnanya lambat laun berubah menjadi coklat muda dan pusat bercak mengendap (melekuk). Setelah itu, warna bercak berubah menjadi coklat tua.

Bercak daun yang disebabkan oleh *Curvularia* sp. menunjukkan gejala seperti dimulai dengan adanya titik bercak berwarna kecoklatan yang dikelilingi oleh selaput hitam transparan. Selaput hitam tersebut akan berubah menjadi kuning muda, sedangkan bercak coklat muda yang terdapat di pusat bercak akan berubah menjadi coklat tua (Susanto dan Agus, 2013).

*Curvularia* sp. merupakan jamur patogen tular-benih. Koloni berwarna abu-abu kehitaman, memiliki permukaan yang halus tipis seperti kapas, arah pertumbuhan ke samping dan ke atas, bagian dasar berwarna hitam,

membentuk zona cincin yang rapat dan bentuk koloni beraturan membentuk lingkaran (Sobianti *et al.*, 2020).

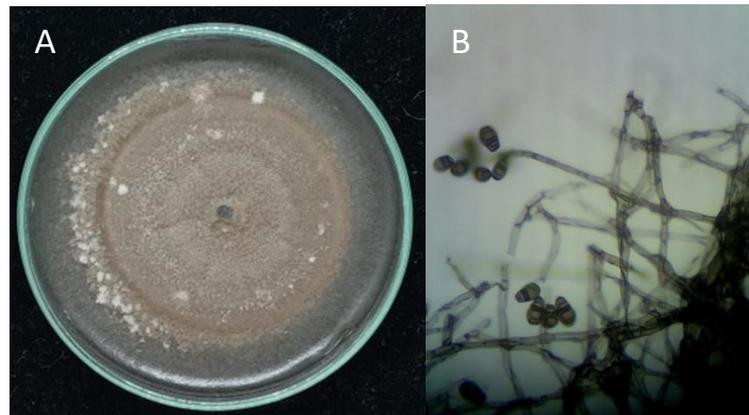
### 2.6.1 Klasifikasi *Curvularia* sp.

Menurut Hibbet (2007), bahwa klasifikasi *Curvularia* sp. adalah sebagai berikut:

Kerajaan	: Fungi
Filum	: Ascomycota
Kelas	: Dothydeomycetes
Bangsa	: Pleosporales
Suku	: Pleosporaceae
Marga	: <i>Curvularia</i>
Jenis	: <i>Curvularia</i> sp.

Keberadaan jamur *Curvularia* perlu mendapat perhatian berbagai pihak, karena menyebabkan penyakit pada tanaman yang berakibat menurunkan produksi dan nilai ekonomi tanaman (Krizsan *et al.*, 2016).

### 2.6.2 Morfologi *Curvularia* sp.



**Gambar 5.** Morfologi *Curvularia* sp. (Dokumentasi Pribadi)

Keterangan:

A. Koloni *Curvularia* sp. pada media PDA

B. Morfologi *Curvularia* sp. berdasarkan pengamatan secara mikroskopis dengan perbesaran 40 x (Dokumentasi Pribadi).

Berdasarkan Gambar 5 menunjukkan bahwa koloninya padat dan pertumbuhannya sangat cepat. Koloninya berwarna coklat atau coklat kehitaman. Konodia melengkung (menyerupai kurva ) dan terdiri dari 3-5 sel dengan septa yang bergaris-garis. Satu atau dua dari sentral tiap konidia lebih besar dan lebih gelap dari sel-sel lainnya. Ciri-ciri khas dari bentuk konidia adalah berkelompok di ujung cabang konidiofor. (Suryani *et al.*, 2020).

*Curvularia* sp. memiliki ciri makroskopis yaitu koloni berwarna kelabu kehitaman, dengan permukaan halus seperti kapas. Sedangkan karakteristik mikroskopis jamur ini adalah memiliki konidia berwarna pucat hingga kehitaman dengan bentuk sedikit melengkung. Konidia jamur ini memiliki 3 sekat, dengan sel ketiga memiliki ukuran yang lebih besar dan lebih gelap dari sel lainnya Sobianti *et. al.* (2020).

### III METODE PENELITIAN

#### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada Bulan Februari s/d April 2024 dan dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Laboratorium Botani Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

#### 3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu cawan petri, jarum ose lancip, lampu spiritus, erlenmeyer, pinset, spatula, gelas beaker, gelas ukur, Kaca preparat, gelas objek, pipet volumetrik, pipet tetes, plastic wrap, aluminium foil, neraca analitik, *autoclave*, *hot plate*, *magnetic stirrer*, oven, *incubator*, Mikroskop Binokuler, Optilab, *Biological safety cabinet (BSC)* dan *laminar air flow (LAF)*.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini yaitu isolat jamur *Trichoderma* sp. (T10 dan T14), *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. yang didapat dari PT Great Giant Pineapple, Terbanggi besar, Lampung Tengah, Media *Potato Dextrose Agar (PDA)*, alkohol 96%, *aquadest*, spiritus, dan *Chloramphenicol*.

#### 3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 5 kali ulangan sehingga terdapat 20 unit percobaan. Pada penelitian ini dilakukan uji antagonisme jamur *Trichoderma* sp. (T10

dan T14) dengan jamur patogen *Fusarium sp.* *Curvularia* secara invitro dengan metode *dual culture*.

Perlakuan yang diuji terdiri dari T1P1 (*Trichoderma sp.* (T10) vs *Fusarium sp.*), T1P2 (*Trichoderma sp.* (T10) vs *Fusarium sp.*), T2P1 (*Trichoderma sp.* (T14) vs *Curvularia sp.*) dan T2P2 (*Trichoderma sp.* (T14) vs *Curvularia sp.*).

Parameter pengamatan pada penelitian ini meliputi deskriptif kualitatif. dan kuantitatif. Pada pertumbuhan *Trichoderma sp.* dilakukan dengan pengukuran diameter koloni pertumbuhan selama 6 hari, sedangkan pada uji kompatibilitas dilakukan untuk mengetahui interaksi sinergisme antar jamur antagonis dan jamur patogen. Pada uji antagonisme dilakukan dengan pengukuran diameter koloni patogen, dan persentase penghambatan pada jamur antagonis terhadap jamur patogen yang dianalisis secara kuantitatif

Perlakuan	Ulangan 1	Ulangan 2	Ulangan 3	Ulangan 4	Ulangan 5
T1P1	T1P1	T2P2	T1P2	T1P1	T1P2
T1P2	T2P2	T2P1	T1P1	T2P1	T1P1
T2P1	T1P2	T1P1	T2P1	T2P2	T2P1
T2P2	T2P1	T1P2	T2P2	T1P2	T2P2

**Gambar 6.** Tata Letak Penelitian

Keterangan:

T1 : *Trichoderma sp.* (T10)

T2 : *Trichoderma sp.* (T14)

P1 : *Fusarium sp.*

P2 : *Curvularia sp.*

### 3.4 Prosedur Kerja

Prosedur yang dilakukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

#### 3.4.1 Peremajaan Isolat Jamur *Trichoderma sp.* *Fusarium sp.* dan *Curvularia sp.*

Peremajaan *Trichoderma sp.* *Fusarium sp.* *Curvularia sp.*

diremajakan pada media Potato Dextrose Agar (PDA). Pembuatan media PDA didasarkan pada prosedur kerja yang digunakan oleh

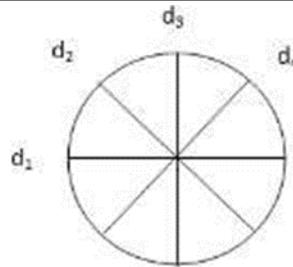
Huda dkk (2021) yang telah dimodifikasi. Media PDA bubuk dengan konsentrasi yaitu 39 gram/1000 ml, maka ditimbang media PDA sebanyak 19,5 gram kemudian dilarutkan dengan aquadest sebanyak 500 ml di dalam *Beaker Glass*, kemudian dipanaskan Setelah itu, dihomogenkan dengan batang pengaduk diatas penangas air atau *Hot Plate Magnetic Stirrer* hingga mendidih. Media dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121 °C selama 20 menit, tekanan 2 atm. Kemudian setelah media steril dan didinginkan sampai suhu  $\pm 45-45$  °C, ditambahkan *Chloramphenicol* dan dihomogenkan. Media yang telah homogen dituangkan ke dalam cawan petri sebanyak 20-25 ml dan dibiarkan hingga memadat. Setelah media dalam cawan petri padat diinokulasikan isolat *Trichoderma* sp. *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. yang berumur 10 HSI kemudian dipotong dengan bor gabus (*cork borer*) menjadi lempeng biakan seperti cakram berdiameter 0,5 cm kemudian diambil menggunakan jarum ose lancip steril dan diletakkan dalam cawan petri yang sudah berisi media PDA yang padat lalu ditutup dengan rapat menggunakan plastic wrap dan dibungkus dengan kertas lalu diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari.

#### **3.4.2 Pembuatan Kurva Laju Pertumbuhan Diameter Koloni Radial Jamur Biokontrol *Trichoderma* sp. (T10 dan T14).**

Pembuatan kurva laju pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. dapat dilakukan dengan pengukuran pada *Trichoderma* sp. T10 dan T14 yang ditumbuhkan terlebih dahulu pada media PDA kemudian diukur diameter koloninya dari hari ke 1 sampai 7 Hari Setelah Inokulasi (HSI) atau hingga miselium jamur memenuhi seluruh permukaan cawan petri pada media PDA, maka perhitungannya hanya sampai pada hari ke 7 setelah inokulasi. (Lestari dan Jajuli, 2017; Risdianto *et al.*, 2007).

Cara perhitungan diameter koloni arah radial miselia jamur *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) adalah sebagai berikut:

$$\text{Diameter arah radial} = \frac{d_1 + d_2 + d_3 + d_4}{4}$$



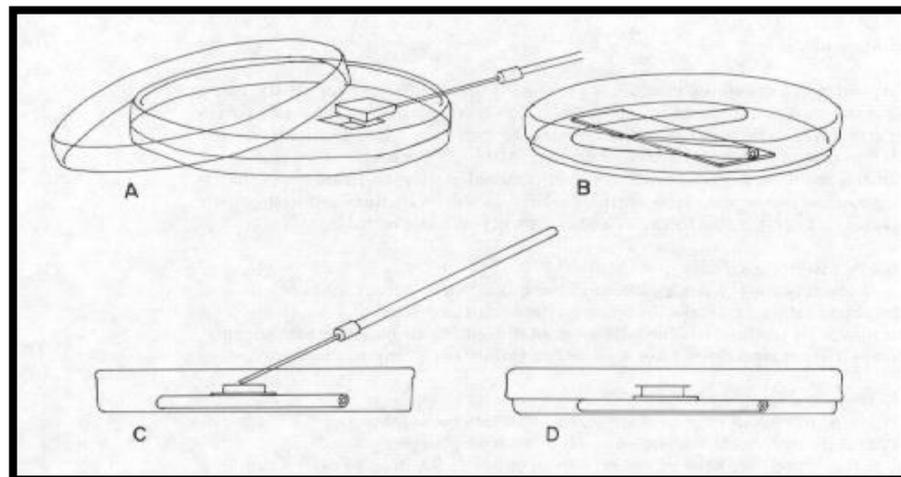
Keterangan: d1 = diameter ke-1,  
d2 = diameter ke-2,  
d3 = diameter ke-3,  
d4 = diameter ke-4.

Pembuatan kurva laju pertumbuhan jamur *Trichoderma* sp. (T10) dilakukan dengan menghitung rerata pertumbuhan diameter koloni *Trichoderma* sp. (T10) dari hari ke 1 sampai dengan hari ke 7 setelah inokulasi (HSI). Sehingga pada tiap hari nya dilakukannya pengamatan pengukuran diameter koloni *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) dan morfologi bentuk dan warnanya. Kemudian penyajian datanya berupa kurva laju pertumbuhan diameter koloni *Trichoderma* sp. (T10 dan T14).

### 3.4.3 Pembuatan *Slide Culture Trichoderma* sp. (T10 dan T14)

Identifikasi isolat jamur dilakukan melalui dua tahap, tahap pertama yaitu pengamatan fungi secara makroskopis yang meliputi pengamatan terhadap warna dan bentuk koloni. Tahap kedua yaitu pengamatan secara mikroskopis yang dilakukan dengan membuat *slide culture* yang meliputi pengamatan terhadap bentuk hifa, bentuk, dan ukuran konidia. Tahap pembuatan slide kultur dapat dilihat pada Gambar 7.

Pembuatan preparat kultur slide adalah cara yang dapat dilakukan untuk mengidentifikasi jamur. Preparat *slide culture* memiliki manfaat untuk dapat mengamati struktur jamur seperti konidia, bentuk dan Panjang hifa atau miselium. Perkembangan dan struktur fungi dapat dilihat tanpa terganggu pertumbuhannya pada saat jaringan diangkat dari biakan ke kaca objek (Tirtalina, 2019). Prosedur pembuatan *slide Culture* dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7.** Pembuatan *Slide Culture Trichoderma sp.* (Tirtalina, 2019)

Keterangan:

- A. Potongan agar yang diambil dari medium PDA.
- B. Cawan Petri berisi batang penahan dan gelas objek.
- C. Inokulasi fungi pada agar yang disimpan di atas gelas objek.
- D. Agar yang telah diinokulasi ditutup dengan kaca penutup.

Berdasarkan Gambar 7 berikut ini merupakan tahapan pembuatan preparat *slide culture Trichoderma sp.* langkah yang dilakukan adalah disiapkan sebuah cawan petri steril yang di dalamnya diberi kertas saring steril yang dipotong bundar dan telah dilembabkan dengan menggunakan aquades steril untuk menjaga kelembaban kultur dalam cawan Petri. Pada cawan Petri tersebut disimpan batang penahan berbentuk segitiga, dan di atas batang penahan tersebut diletakkan sebuah objek gelas steril beserta penutupnya seperti terlihat pada Gambar 7 blok agar steril kira-kira berukuran satu sentimeter kuadrat dipotong dari medium PDA dalam cawan Petri steril lain (Gambar 7 A) dan diletakkan di atas gelas objek

dengan menggunakan pisau atau alat pemotong steril. Kemudian, fungi diinkubasi pada keempat blok agar (Gambar 7 C) dan ditutup oleh gelas penutup steril (Gambar 7). Setelah beberapa hari diinkubasi dalam suhu kamar, *slide culture* dapat diamati dengan menggunakan mikroskop pada perbesaran rendah sampai tinggi, lalu diidentifikasi Malloch (1981).

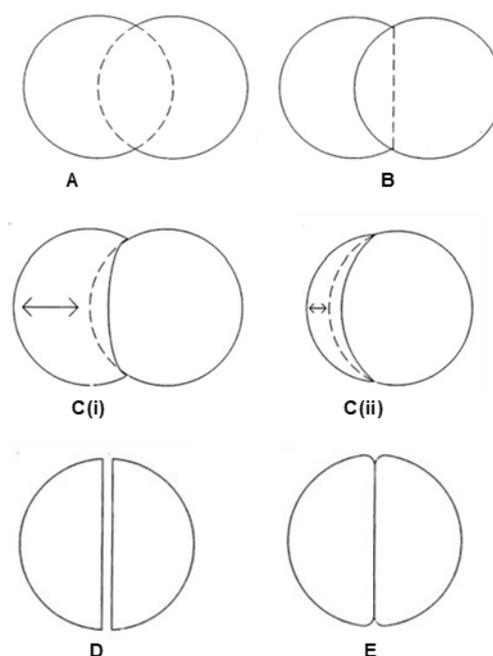
#### 3.4.4 Uji Kompatibilitas

Uji kompatibilitas adalah faktor penting untuk mengetahui sinergisme antar isolat. Apabila terdapat sinergisme antar isolat, maka mengindikasikan bahwa isolat tersebut dapat digunakan untuk mengatasi permasalahan dalam keterbatasan nutrient (Irawan *et al.*, 2014).

Uji kompatibilitas diinkubasi sampai umur 7 HSI dan dilakukan pengamatan pada hari ke 7 untuk melihat perkembangan dan interaksinya antar isolat *Trichoderma* sp. terhadap fungsi patogen tanaman (*Curvularia* sp.). Beberapa jenis interaksi yang mungkin terjadi adalah seperti yang terlihat pada gambar 8 (Mohammad *et al.*, 2011).

Uji kompatibilitas penting untuk dilakukan agar diperoleh isolat jamur biokontrol yang kompatibel antara satu dengan yang lainnya mengacu pada metode Puspita dkk, (2020). Isolat jamur biokontrol/*Trichoderma* sp. yang akan diuji ditumbuhkan pada media PDA steril dalam cawan Petri, diberi jarak 3 cm antar isolatnya. Indikator kompatibel atau tidaknya suatu isolat dengan mengamati ada tidaknya zona hambat yang dihasilkan. Interaksi kompatibel (+) ditandai dengan pertumbuhan koloni yang menyatu, tidak saling menghambat atau tidak terbentuknya zona bening, sedangkan interaksi tidak kompatibel (-) ditandai dengan adanya zona penghambatan (zona bening) yang dihasilkan oleh koloni satu sama lain.

Pengujian ini dilakukan dengan menggunakan media PDA 150 media sebanyak 15 ml media dimasukkan ke dalam cawan petri berdiameter 9 cm. Potongan koloni tiap jamur patogen yang akan dipasangkan berasal dari kultur yang berumur 7 hari dan dipotong dengan ukuran diameter 1 cm. Kedua potongan tersebut selanjutnya dikulturkan pada media yang sama dengan jarak 3 cm saling berhadapan untuk mengetahui interaksinya. Kultur tersebut diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari dengan pengamatan dilakukan setiap hari untuk melihat interaksinya. Beberapa jenis interaksi yang mungkin terjadi adalah seperti gambar yang terlihat pada gambar 8. (Muhammad *et al.*, 2011).



**Gambar 8.** Jenis Interaksi pada Pengujian Kompatibilitas

Keterangan:

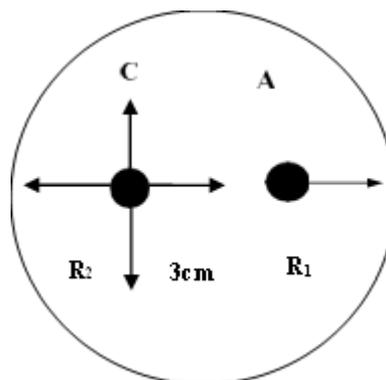
- A. Kompatibel penuh (*Mutual Intermingling*),
- B. Kompatibel sebagian (*Partial Intermingling*),
- C. (i) Invasi awal, (ii) Invasi akhir (*Replacement*),
- D. Penghambatan jarak (*Inhibition at Distance*),
- E. Penghambatan Titik (*Inhibition at Touching Point*),

Berdasarkan gambar 8 terdapat beberapa jenis interaksi pada pengujian kompatibilitas yaitu meliputi :

- A. Kompatibel penuh (*Mutual Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang tumbuh menjadi satu sama lain tanpa ada tanda-tanda interaksi.
- B. Kompatibel sebagian (*Partial Intermingling*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang salah satu koloninya dapat tumbuh di atas atau di bawah ataupun saling bersentuhan tanpa adanya zona hambat.
- C. (i) Invasi awal,  
(ii) Invasi akhir (*Replacement*), yaitu salah satu koloni mampu tumbuh menguasai nutrisi dalam media, sehingga menyebabkan pertumbuhan koloni lainnya menjadi terhenti.
- D. Penghambatan jarak (*Inhibition at Distance*), yaitu penghambatan antar kedua koloni pada jarak  $>2$  mm.
- E. Penghambatan titik (*Inhibition at Touching Point*), yaitu pertumbuhan kedua koloni yang saling bersentuhan, hingga membentuk gap antar koloni yang terlihat jelas sebesar 1 mm.

#### **3.4.5 Uji Antagonis *Trichoderma* sp. Terhadap Jamur Patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp.**

Uji antagonis *Trichoderma* sp. terhadap fungi patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. dengan metode biakan ganda (*dual culture*) pada media tumbuh PDA. Biakan murni isolat jamur antagonis dan jamur patogen dipotong dengan bor gabus (*cork borer*) menjadi lempeng biakan seperti cakram berdiameter 0,5 cm. Kedua koloni diambil dengan jarum ose steril ditumbuhkan berdampingan dengan jarak 3 cm pada media PDA dalam cawan Petri (Rianti, 2010). Perlakuan kontrol sebagai pembandingan dilakukan dengan mengisolasi jamur patogen pada media PDA tanpa perlakuan jamur antagonis. Semua pengujian dilakukan dengan pengulangan sebanyak 5 kali dan diinkubasi pada suhu kamar ( $\pm 28$  °C) selama 6 hari. Skema penempatannya dapat dilihat pada Gambar 9 berikut ini:



**Gambar 9.** Skema Penempatan Uji Antagonis (Rianti, 2010).

Keterangan:

C = Koloni Jamur Patogen

A = Koloni jamur Biokontrol

R1 = Diameter koloni patogen pada kontrol.

R2 = Diameter koloni patogen pada perlakuan *dual culture*

Pengukuran daya hambat dari pertumbuhan jamur dimulai saat kultur berumur 1 hari setelah isolasi (HSI) hingga 6 HSI. Pengaruh antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap jamur patogen dapat diketahui dengan penghitungan PIRG (*Percentage Inhibition of Radial Growth*) menggunakan rumus (Skidmore dan Dickonson, 1976; Sudantha *et al.*, 2011):

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

Keterangan:

PIRG = Percentage Inhibition of Radial Growth

R1 = Diameter koloni patogen pada kontrol.

R2 = Diameter koloni patogen pada perlakuan *dual culture*.

Pada uji ini terdapat dua parameter yaitu pengukuran diameter koloni patogen pada kontrol dan perlakuan dan perhitungan persentase penghambatan. Pengukuran diameter koloni diketahui dengan cara mengukur diameter koloni masing-masing jamur pada hari pertama sampai hari ke-6 setelah inokulasi menggunakan penggaris. Uji ini bertujuan untuk mengetahui persentase daya antagonis yang dapat dilakukan jamur antagonis terhadap jamur patogen, selain itu diamati

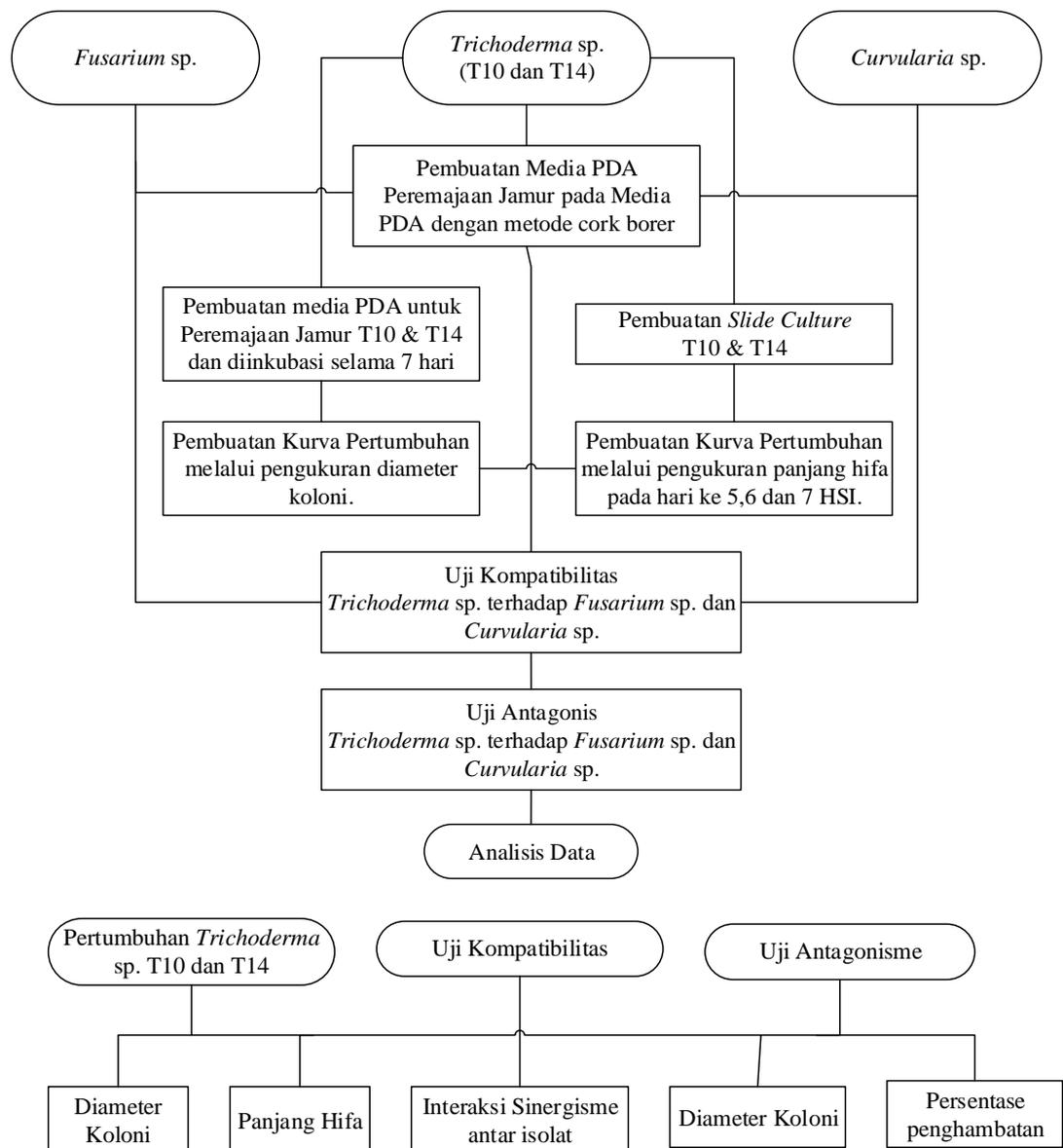
juga apakah terjadi mekanisme mikoparasitisme antara jamur biokontrol terhadap jamur patogen (Pasalo dkk., 2022).

#### **3.4.6 Analisis Data**

Data yang didapatkan data pertumbuhan *Trichoderma* sp. dan uji kompatibilitas disajikan dengan deskriptif kualitatif. Sedangkan untuk uji antagonisme data hasil uji antagonisme yang meliputi pengukuran diameter koloni patogen kontrol dan persentase penghambatan jamur *Trichoderma* sp. dengan *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. dianalisis secara statistik. Data statistik yang diperoleh dianalisis dengan analisis ANOVA, sebelumnya data diuji normalitas dengan uji Kolmogorov-Smirnov, apabila data sudah normal maka selanjutnya data tersebut diuji homogenitas dengan uji Levene. Kemudian dilanjutkan dengan uji lanjut duncan untuk melihat perlakuan mana yang paling berbeda nyata dengan taraf kepercayaan 5 %

### 3.5 Diagram Alir Penelitian

Tahapan penelitian yang dilakukan pada potensi biokontrol isolat *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) sebagai antipatogen jamur *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. secara in vitro disajikan dalam bentuk diagram alir sebagai berikut:



**Gambar 10.** Diagram Alir Penelitian

## V KESIMPULAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan bahwa:

1. Fase pertumbuhan jamur biokontrol *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) memiliki pertumbuhan yang sangat meningkat dengan bertambahnya waktu pada pengukuran diameter koloni dan pengukuran panjang hifa.
2. *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) memiliki aktivitas mikoparasitisme yang menghambat jamur patogen *Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp. secara signifikan. Kompatibilitas T10 dan T14 terhadap *Fusarium* sp. memiliki interaksi penghambatan titik/*Inhibition at Touching Point*. Sedangkan T10 dan T14 terhadap *Curvularia* sp. memiliki interaksi Invasi akhir/*Replacement*. Diameter koloni jamur patogen pada uji antagonisme menunjukkan bahwa semua perlakuan yang diberi *Trichoderma* sp. menyebabkan diameter koloni fungi patogennya lebih kecil daripada perlakuan kontrol. *Trichoderma* sp. (T10 dan T14) mampu menghambat kedua jamur patogen (*Fusarium* sp. dan *Curvularia* sp.). Penghambatan terhadap *Curvularia* sp. lebih baik dibandingkan penghambatan terhadap *Fusarium* sp. Penghambatan yang tertinggi dari T10 dan T14 terjadi terhadap *Curvularia* sp, yaitu sebesar 73,08 dan 74,05 %.

### 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan terkait pengaplikasian jamur *Trichoderma* sp. terhadap jamur patogen ke tanaman secara in vivo. Sehingga dapat mengetahui efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan pertumbuhan jamur patogen pada tanaman.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, M., S., Fitriany dan Lisnawita. 2017. Potensi *Curvularia* sp. pada Tanaman Kelapa Sawit Sebagai Agens Antagonis secara In Vitro. *Jurnal Agroekoteknologi*, 5(2): 469-473.
- Almeida, D.A., Horta M.A.C., Ferreira Filho J.A., Murad N.F., and de Souza A.P. 2021. The Synergistic Actions of Hydrolytic Genes Reveal The Mechanism of *Trichoderma harzianum* For Cellulose Degradation. *Journal Biotechnol.* 20 (334):1-10.
- Arwiyanto. 2003. Pengendalian Hayati Penyakit Layu Bakteri Tembakau. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 3(1): 54-60.
- Arya A., Perello A.E. 2010. *Management of Fungal Plant Pathogen*. Published by CAB International. London.
- Atia M.M. 2011. Efficiency Of Physical Treatments and Essential Oils in Controlling Fungi Associated with Some Stored Date Palm Fruits. *Journal of Basic Appl Science*. 5(6):1572-1580.
- Azimova, N. S., D.M. Khamidov., M.B. Djumagulov, and Z.S. Shakirov. 2016. Purification and Some Properties of Endo-1,4- $\beta$ -Glucanases of *Trichoderma harzianum* UzCF-28. *Open Journal of Applied Sciences*. 6: 514-523.
- Azwin. 2016. Inokulasi *Fusarium* sp. Pada Pohon Karas (*Aquilaria malaccensis* Lamk.) Terhadap Pembentukan Gaharu. *Wahana Foresta: Jurnal Kehutanan*. 11(2): 138-153.

- Berlian, I. Setyawan, B. dan Hadi, H. 2013. Mechanism of Antagonism of *Trichoderma* spp. Againsts Several Soil Borne Pathogens. *Jurnal Warta Perkaratan*. 32 (2): 74-82.
- Cornejo, H. A. C., Iiguez, L. M. ias, Val, E. del, dan Larsen, J. 2016. Fungsi Ekologis *Trichoderma* sp. *Jurnal Ekologi Mikrobiologi*, 92 (1): 1-17.
- Chao, W., and Z. Wen-Ying, 2019. Evaluating effective *Trichoderma* Isolates For Biocontrol of *Rhizoctonia solani* Causing Root Rot of *Vigna unguiculata*. *Journal of Integrative Agriculture*. 18(9): 2072–2079.
- Daryani, A. 1995. Uji Kisaran Inang Fungi *Curvularia lunata* (Wakker) Boedijn dan *Rhizoctonia solani* Kuhn Asal Rumpun Bermuda pada Berbagai Jenis Rumpun Padang Golf. 176 hal. *Laporan Makalah Khusus*.
- Deacon, J.W. 2007. *Fungal Biology*. Oxford: Blackwell Publishing.
- Deacon, J.W. 1997. *Modern Mycology*. 3rd ed. Berlin: Blackwell Science.
- Dewi, R. S., dan K. Khotimah. 2019. *Aspergillus* sp. 3 pada Pengolahan Limbah Cair Batik Kutawaru Cilacap dan Pengaruhnya terhadap *Zea mays* dan *Vigna radiata*. *Jurnal Life Science*. 8(2): 150-159.
- Djarmiko, H.A. dan Rohadi, S.S. 1997. Efektivitas *Trichoderma harzianum* Hasil Perbanyakan dalam Sekam Padi dan Bekatul Terhadap Patogenesis *Plasmodiophora brassicae* pada Tanah Latosol dan Andosol. *Jurnal Ilmiah UNSOED*. 2(23): 10-22.
- Dwiastuti, M. E., Fajri, M. N., & Yunimar, Y. 2016. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai Agens Pengendali *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Stroberi. *Jurnal Hortikultura*, 25(4), 331
- Domsch K. H., Gams W. dan Anderson T. H. 1980. *Compendium of Soil Fungi. Volume 1*. Academic Press. London.
- Escalante M, Damas D, Márquez D, Gelvez W, Chacón H, Díaz A, Moreno B. 2010. Diagnosis and Evaluation of Pestalotiopsis, and Insect Vectors, in an Oil Palm Plantation at the South of Maracaibo Lake, Venezuela. *Bioagro*. 22(3):211–216.
- Gajera, H., D. Hirpara, D. Savaliya, and B.A. Golakiya. 2020. Extracellular Metabolomics of *Trichoderma* Biocontroller for Antifungal Action to Restrain *Rhizoctonia Solani* Kuhn In Cotton. *Physiological and Molecular Plant Pathology*. 112(2): 101547.
- Gusnawaty, H., Taufik, M., & Herman, H. 2015. Efektifitas *Trichoderma Indigenus* Sulawesi Tenggara Sebagai Biofungisida Terhadap *Colletotrichum* sp. Secara In- Vitro. *Jurnal Agroteknos*, 4(1), 38–43.

- Hanif, A., S. Dwi., & N. Isnaini. 2012. Pemanfaatan Bakteri Pemanfaatan Bakteri Kitinolitik dalam Menghambat Pertumbuhan *Curvularia* sp. Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Mentimun. *Jurnal FMIPA*. Universitas Sumatera Utara. Sumatera Utara. 1(1) : 1-7.
- Herliyana E. N., Jamilah, R., Taniwiryono, D. dan Firmansyah, M. A. 2013. Uji In-vitro Pengendalian Hayati oleh *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* yang Menyerang Sengon. Departemen Silviculture Fakultas Kehutanan, IPB. *Jurnal Silviculture Tropika*. 4(3):190-193.
- Hibbet, D., Blackwell, M., Bischoff, J. F., and Cannon, P. 2007. A higher-level Phylogenetic classification of the fungi. *Mycological Research*. 111;309-547.
- Huda, C. S., Irawan, B., Farisi, S., dan Yulianty. 2021. Bromelain Waste Tea Compost Induced by Ligninolytic Inoculum of *Trichoderma* sp. on the Growth of Leaf Number and Chlorophyll Content of Chill (*Capsicum annum* L). *Jurnal Ilmiah Biologi Eksperimen dan Keanekaragaman Hayati*. 8(1): 46-53.
- Howell, C.R., 2003. Mechanisms Employed by *Trichoderma* Species in The Biological Control of Plant Diseases: The history and Evolution of Current Concepts. *Plant Dis*. 87.
- Irawan, B., Kasiandari R. S., Sunarminto, B. H., and E. Sutariningsih. 2014. Preparation of Fungal Inoculum For Leaf Litter Composting From Selected Fungi. *Journal of Agricultural and Biological Science*. 9(3):1-7.
- Kartikowati, E., Haris, R., Karya, & Anwar, S. (2019). Aplikasi Agen Hayati (*Paenibacillus polymixa*) terhadap Penekanan Penyakit Hawar Daun Bakteri Serta Hasil dan Pertumbuhan Padi Hitam (*Oryza sativa*) Var. Lokal. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 7(1), 9–15
- Krizsan, K., Ppapp, T., Manikandan, P., Shobana, C.S., Chandrasekaran, M., Vagvolgyi, C., and Kredics, L. 2016. *Clinical importance of the genus Curvularia*. In *Medical Mycology: Current Trends and Future Prospects*. CRC Press, Boca Raton FL.
- Kubicek, C.P., Steindorff, A.S., Chenthamara, K., Manganiello, G., Henrissat, B., Zhang, J., Kuo, A. 2019. Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *BMC Genomic*, 20(1), 1–24.
- Lalang, E., H. Syahfari, dan N. Jannah. 2016. Inventarisasi Penyakit Bercak Daun (*Curvularia* sp.) di Pembibitan Kelapa Sawit PT Ketapang Hijau Lestari-2 Kampung Abit Kecamatan Mook Manaar Bulat Kabupaten Kutai Barat. *Jurnal Agrifor*. 14(1): 23-28.

- Lestari, A., & Jajuli, M. 2017. Isolasi, Karakterisasi, dan Produksi Inokulan Jamur Merang (*Volvarella Volvaceae* Bull. Ex. Fr) Sing Dari Beberapa Lokasi Budidaya di Karawang. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 2(1), 54–59.
- Malloch, D. 1981. *Moulds: Their Isolation, Cultivation and Identification*. University of Toronto Press, Toronto, Ontario.
- Maryani N. 2018. A Complex Relationship: Banana and *Fusarium* Wilt in Indonesia. *Tesis*. Belanda: Wageningen University and Research (WUR).
- Mohammad, N., Alam, Z., Kabashi, N. A., and Adebayo, O. S. 2011. Development of Compatible Fungal Mixed Culture For Composting Process Of Oil Palm Industrial Waste. *African Journal of Biotechnology*. 10(81): 18657-18665.
- Mohidin, F. A., M. R. Khan, S. M. Khan and B.H. Bhat. 2010. Why *Trichoderma* is Considered Super Hero (Super Fungus) Against The Evil Parasites ?. *Journal of Plant Pathology* 9:92-102.
- Mukherjee, P. K., Mendoza-Mendoza, A., Zeilinger, S., & Horwitz, B. A. 2022. Mycoparasitism as a mechanism of *Trichoderma*-mediated suppression of plant diseases. *Fungal Biology Reviews*, 39, 15–33.
- Nugraheni, E.S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* sp. Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum* L.) Asal Boyolali. *Skripsi*. Fakultas Pertanian. Universitas Sebelas Maret: Surakarta
- Octriana L, 2011. Potensi Agen Hayati dalam Menghambat Pertumbuhan *Phytium* sp. Secara Invitro. *Jurnal Buletin Plasma Nutfah*. 17 (2): 138– 142.
- Pasalo, M.N, F.E.F. Kandou, dan M.F.O. Singkoh. 2022. Uji antagonisme Jamur *Trichoderma* sp. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 13(2):1-7.
- Purwantisari, S. dan Hastuti, R. B. 2009. Uji Antagonisme Jamur Patogen *Phytophthora* infestans Penyebab Penyakit Busuk Daun dan Umbi Tanaman Kentang Dengan Menggunakan *Trichoderma* spp. Isolat Lokal. *Jurnal Bioma*. 11(1): 24-32.
- Puspita, F., Ali, M., & Supriyadi, S. 2020. Kompatibilitas dan Daya Hambat Konsorsium *Trichoderma* spp. Endofit Terhadap Penyakit Busuk Buah Kakao *Phytophthora palmivora*. *Jurnal Agrikultura*, 31(2);126
- Purwantisari, S. 2009. Isolasi dan Identifikasi Cendawan *Indigenus rhizosfer* Tanaman Kentang dari Lahan Pertanian Kentang Organik di Desa Pakis. Magelang. *Jurnal Bioma*. 11(1):45.

- Reino JL, Guerriero RF, Hernandez-Gala R, and Collado IG. 2008. Metabolit sekunder dari spesies agen biokontrol *Trichoderma*. *Jurnal Fitokimia* 7:89–123.
- Rianti, R. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* Terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annum*) Secara In Vitro. *Skripsi*. Universitas Tanjungpura. Pontianak.
- Rifai M, Mujim S, Aeny TN. 1996. Pengaruh Lama Investasi *Trichoderma viride* Terhadap Intensitas Serangan *Phytophthora* sp. Pada Kedelai. *Jurnal Penelitian Pertama*. 7 : 20 - 25.
- Risdianto, H., Setiadi, T., Suhardi, S. H., & Niloperbowo, W. 2007. Pemilihan Spesies Jamur Dan Media Imobilisasi Untuk Produksi Enzim Ligninolitik. *Prosiding Seminar Nasional Rekayasa Kimia Dan Proses 2007*, 1–6.
- Safitri, S., Zam, S. I., & M.Solin, N. W. N. 2023. Efektivitas Beberapa Isolat *Trichoderma* Dalam Menekan Pertumbuhan *Athelia* sp. Penyebab Penyakit Busuk Batang Pada Padi Secara In Vitro. 1(1), 214–222.
- Sari, M. P., Hadisutrisno, B., & Suryanti, S. 2017. Penekanan perkembangan penyakit bercak ungu pada bawangmerah oleh cendawan mikoriza arbuskula. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 12 (5),159.
- Semangun, H. 2007. *Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Edisi ke-2. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hal 511-522.
- Sharma, P. 2011. Complexity of *Trichoderma Fusarium* interaction and manifestation of biological control. *Australian Journal Crop Science* 5 (8) : 1027 – 1038.
- Sholihah, R. I., Sritamin, M.,Wijaya, N, I. 2019. Identifikasi Jamur *Fusarium solani* yang berasosiasi dengan Penyakit Busuk batang pada Tanaman Buah Naga (*Hylocereus* sp.) di Kecamatan Bangorejo, Kabupaten Banyuwangi. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 8 (1) : 91-101.
- Skidmore AM, Dickinson CH. 1976. Colony interactions and hyphal interference between *Septoria Nodorum* and phylloplane fungi. *Trans Brit Mycol Soc*. 66: 57-64.
- Solehudin D, Suswanto I, Supriyanto. 2012. Status penyakit bercak coklat pada pembibitan kelapa sawit di kabupaten Sanggau. *Jurnal Perkebunan Lahan Tropika*. 2(1):1–6.

- Suanda, I. W. 2019. Karakterisasi Morfologis *Trichoderma* sp. Isolat JB dan Daya Hambatnya terhadap Jamur *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit Layu dan Jamur Akar Putih pada Beberapa Tanaman. *Widya Biologi*. 10(2): 99-112.
- Sudantha, I. M., I. Kesratarta, dan Sudana. 2011. Uji Antagonisme beberapa Jenis Jamur Saprofit terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Pisang serta Potensinya sebagai Agens Pengurai Serasah. *Jurnal Agroteksos*. 21(2): 2-3.
- Sudarma, IM dan Suprpta, DN. 2011. Potensi Jamur Antagonis yang Berasal Dari Habitat Tanaman Pisang Dengan dan Tanpa Gejala Layu *Fusarium* Untuk Mengendalikan *Fusarium oxysprumf.sp.cubense* Secara In Vitro', The Excellence Research Universitas Udayana, hal. 161-166,
- Suganda, T., dan Wulandari. Y.D. 2018. *Curvularia* sp. Jamur Patogen Baru Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Sawi. *Jurnal Agrikultura*. 29 (3): 119-124 ISSN 0853-2885.
- Sumarsih, S. 2003. *Mikrobiologi Dasar*. Yogyakarta: Universitas Pembangunan Nasional.
- Supriati L, Mulyani R.,B. Lambang Y. 2010. Kemampuan antagonisme beberapa isolat *Trichoderma* sp. indigenous terhadap *Sclerotium rolfsii* secara in vitro. *Jurnal Agroscientific*. 17 : 119 - 122.
- Suryani Y., O. Taupiqurrahman, dan Y. Kulsum. 2020. *Mikologi*. PT Freeline Cipta Granesia. Sumatera Barat.
- Susanto,A.,& A.E.Prasetyo, 2013. Respons *Curvularia lunata* Penyebab Penyakit Bercak Daun Kelapa Sawit terhadap Berbagai Fungisida. *Jurnal Fitopalogi*.9(6):165–172.
- Tasik, S., Widyastuti, S. M., & . H. (2015). Mekanisme Parasitisme *Trichoderma Harzianum* Terhadap *Fusarium Oxysporum* Pada Semai Acacia Mangium. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 15(1), 72.
- Tirtalina, Baiq Ayu. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur (fungi) pada air galon isi ulang: kelurahan Gomong, Kecamatan Selaparang, Kota Mataram. *Skripsi*. UIN Mataram.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Woo, S. L., Nigro, M., Marra, R., Lorito, M. 2014. *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology Journal*., 8 (Suppl-1, M5), 127–139.

- Waghunde, R. R., Shelake, R. M., dan Sabalpara, A. N. 2016. *Trichoderma* : A significant fungus for agriculture and environment. *African Journal Of Agricultural Research*, 11(22), 1952–1965.
- Watanabe, T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured fungi and Key to Spesies (Second Edition)*. CRC Press: London.
- Webster, J., dan Weber, R. W. S. 2007. *Introduction to Fungi*. New York: Cambridge University Press.
- Yunilas. 2022. *Coctail Inokulum: Inokulum Campuran Sebagai Kultur Starter Fermentasi Pakan*. Medan: USU Press
- Zeilinger, S., Reithner, B., Scala, V. 2005. Signal transduction by Tga3, a novel G protein a subunit of *Trichoderma atroviride*. *Appl. Environ. Microbiol.* (71) : 1591-1597.
- Zulfia, V. dan Yusuf, R. 2014. Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* (*Fusarium oxysporum*) pada Tanaman Sawi (*Brassicajuncea* L) dengan berbagai dosis Trichoderma. *Prosiding Seminar Nasional Agroinovasi*. Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Riau. Riau