

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR PADA PRODUK PUPUK  
ORGANIK CAIR (POC) SERTA UJI ANTAGONISME TERHADAP  
*Fusarium oxysporum***

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Fathia Sa'adah  
2017011004**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR PADA PRODUK PUPUK ORGANIK CAIR (POC) SERTA UJI ANTAGONISME TERHADAP *Fusarium oxysporum*

Oleh

**Fathia Sa'adah**

Pada masa pertumbuhan tanaman, petani sering kali mengalami fenomena yang dinamakan penyakit kuning atau *yellow disease*. Hal ini dapat terjadi dikarenakan adanya Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yang berasal dari jamur *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi jamur yang terkandung dalam Pupuk Organik Cair, menguji kemampuan antagonismenya melawan jamur *Fusarium oxysporum*, dan mengetahui jamur yang memiliki kemampuan baik dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Metode yang digunakan yaitu mengisolasi jamur pada Pupuk Organik Cair dan cabai, mengidentifikasi jamur berdasarkan karakter morfologinya menggunakan mikroskop dan menguji antagonisme dengan menggunakan metode *dual culture* (jamur patogen dan jamur antagonis ditumbuhkan secara bersamaan). Hasil isolasi dan identifikasi diperoleh 4 isolat jamur, yaitu isolat FPC-1 (jamur *Aspergillus clavatus*), isolat FPC-2 (jamur *Penicillium sp.*), isolat FPC-3 (jamur *Trichoderma koningii*), dan isolat FPC-4 (jamur *Aspergillus niger*). Hasil uji antagonisme menunjukkan bahwa isolat dengan kode FPC-2 dan FPC-3 memiliki kemampuan sangat baik dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. Isolat FPC-1, FPC-2, FPC-4 dan kontrol positif bersifat fungistatik sedangkan isolat FPC-3 bersifat fungisidal. Berdasarkan mekanismenya dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*, isolat FPC-1, FPC-4 dan kontrol positif mengalami antibiosis, FPC-2 mengalami kompetisi, dan FPC-3 mengalami parasitisme.

**Kata kunci :** *Fusarium oxysporum*, Pupuk Organik Cair, Uji Antagonis

## ABSTRACT

### ISOLATION AND IDENTIFICATION OF FUNGAL IN LIQUID ORGANIC FERTILIZER PRODUCTS AND ANTAGONISM TEST AGAINST *Fusarium oxysporum*

By

**Fathia Sa'adah**

During the plant growth phase, farmers often encounter a phenomenon known as yellow disease. This condition occurs due to the presence of Plant Pest Organisms (PPO), particularly the fungus *Fusarium oxysporum*. This study aims to isolate and identify fungi present in Liquid Organic Fertilizer (LOF), evaluate their antagonistic potential against *Fusarium oxysporum*, and determine the fungal isolates with the best inhibitory effects on *Fusarium oxysporum* growth. The methodology involved isolating fungi from LOF and chili plants, identifying fungal species based on their morphological characteristics using a microscope, and testing antagonism through the dual culture method, where both the pathogenic and antagonistic fungi were grown together. The isolation and identification process yielded four fungal isolates: Isolate FPC-1 (*Aspergillus clavatus*), Isolate FPC-2 (*Penicillium* sp.), Isolate FPC-3 (*Trichoderma koningii*), Isolate FPC-4 (*Aspergillus niger*). The antagonistic test results indicated that isolates FPC-2 and FPC-3 exhibited strong inhibitory effects on *Fusarium oxysporum* growth. Isolates FPC-1, FPC-2, FPC-4, and the positive control exhibited fungistatic properties, whereas isolate FPC-3 exhibited fungicidal properties. Based on their inhibitory mechanisms against *Fusarium oxysporum*, isolates FPC-1, FPC-4, and the positive control demonstrated antibiosis, FPC-2 exhibited competition, and FPC-3 exhibited parasitism.

**Keywords :** *Fusarium oxysporum*, Liquid Organic Fertilizer, Antagonism Test

**ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR PADA PRODUK PUPUK  
ORGANIK CAIR (POC) SERTA UJI ANTAGONISME TERHADAP  
*Fusarium oxysporum***

Oleh :

*Fathia Sa'adah*

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Kimia  
Fakultas Matematika dan Ilmu pengetahuan Alam**



**FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2025**

Judul Penelitian : **ISOLASI DAN IDENTIFIKASI JAMUR  
PADA PRODUK PUPUK ORGANIK CAIR  
(POC) SERTA UJI ANTAGONISME  
TERHADAP *Fusarium oxysporum***

Nama Mahasiswa : *Sathia Sa'adah*

Nomor Pokok Mahasiswa : 2017011004

Jurusan : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



1. Komisi Pembimbing

*A*  
**Dra. Aspita Laila, M.S.**  
NIP. 196009091988112001

*Syafi*  
**Syaiful Bahri, M.Si.**  
NIP. 197308252000031001

2. a.n Ketua Jurusan Kimia FMIPA  
sekretaris

*Dr. Mita Rilyanti*  
**Dr. Mita Rilyanti, S. Si., M. Si.**  
NIP. 197205302000032001

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Dra. Aspita Laila, M.S.**

**Sekretaris : Syaiful Bahri, S.Si., M.Si.**

**Penguji**

**Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si.**



**2. a.n Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam**



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

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 24 Januari 2025**

**SURAT PERNYATAAN  
KEASLIAN SKRIPSI**

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Fathia Sa'adah  
NPM : 2017011004  
Program Studi : Kimia  
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam  
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Isolasi Dan Identifikasi Jamur Pada Produk Pupuk Organik Cair (POC) Serta Uji Antagonisme Terhadap *Fusarium oxysporum*”** adalah benar hasil karya saya sendiri, baik ide, hasil penelitian, maupun analisisnya.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan penuh kesadaran untuk dapat digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 24 Januari 2025

Yang menyatakan



Fathia Sa'adah  
NPM 2017011004

## DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama Fathia Sa'adah lahir di Jakarta, 9 Juni 2002 sebagai anak pertama dari pasangan Didi **Abdul Kodir** dan Bunda **Umi Nasichatun** dengan adik perempuan bernama Risda Ulfatma. Saat ini penulis bertempat tinggal di Pekon Kemuning, Kecamatan Pulau Pangung, Kabupaten Tanggamus, Provinsi Lampung.

Penulis memulai pendidikan formal di Taman Kanak-Kanak (TK) Al-Ikhlas, Jakarta pada tahun 2007-2008, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Dasar (SD) Negeri Pulogebang 23 Petang pada tahun 2008-2014. Pada tahun 2014, penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Pertama (SMP) Negeri 284 Jakarta dan lulus pada tahun 2017, kemudian penulis melanjutkan pendidikan di Sekolah Menengah Atas (SMA) Negeri 1 Talang Padang dan berhasil menyelesaikan studi pada tahun 2020. Pada tahun 2020, penulis berkesempatan studi di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif berorganisasi menjadi salah satu anggota muda ROIS di bidang Akademik Riset dan Penelitian periode 2020-2021 dan anggota Chemistry English Club (CEC) bagian divisi Education periode 2022-2023. Penulis juga pernah melaksanakan Program BKP Magang Industri Batch 1 periode 2022-2023 di PT. Indo Energy Solution serta melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Periode 2 tahun 2023 di Desa

Tanjung Pandan, Kecamatan Bangun Rejo, Kabupaten Lampung Tengah.  
Pada bulan Maret sampai Agustus 2024, penulis berhasil menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Laboratorium Biokimia dan Unit Pelaksana Teknis Laboratorium Terpadu Sentra Inovasi dan Teknologi Universitas Lampung yang diberi judul “**Isolasi dan Identifikasi Jamur Pada Produk Pupuk Organik Cair (POC) serta Uji Antagonisme Terhadap *Fusarium oxysporum***”.

## MOTTO

“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)*

“Karena sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan. Sesungguhnya sesudah kesulitan itu ada kemudahan.”

*(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)*

“Hidup yang tidak sesuai impian bukanlah hidup yang gagal. Hidup sesuai impian juga belum tentu hidup yang berhasil. Lakukanlah saja apa yang diberikan dengan baik.”

*(Twenty Five Twenty One)*

“Jangan terlalu lama menyalahkan dirimu. Jangan pula lupakan apa yang telah terjadi. Dengan begitu, kamu bisa membalas kebaikannya, karena tak ada gunanya menyesal dan menangisi apa yang telah terjadi.”

*(While You Were Sleeping)*

“Dunia ini tidak sederhana. Agar bertahan di dunia yang kejam ini, kau harus tegas akan sesuatu yang kau mau.”

*(Reply 1998)*

“Jangan memaksakan diri, luapkan saja kemarahanmu. Berteriaklah jika perlu. Jika kau ingin menangis, maka menangislah demi isi hatimu, karena kau manusia bukan mesin.”

*(Hospital Ship)*

*“Life does not have to be perfect to be wonderful.”*

*(Annette Funicello)*

## **PERSEMBAHAN**

# **بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ**

Segala Puji dan Syukur Kehadirat Allah *Subhanallahu Wa Ta'ala* yang selalu memberikan anugerah, nikmat, kesehatan, rahmat dan hidayah-Nya. Dengan penuh rasa syukur dan bangga kupersembahkan karya kecilku ini sebagai tanda bakti dan cintaku kepada:

### *Bunda dan Didi tercinta*

Terima kasih untuk segala doa yang tiada henti, perjuangan yang tiada lelah, hingga pengorbanan yang tiada berujung. Terima kasih untuk segala cinta, kasih sayang, dukungan, perhatian, serta semangat yang selalu diberikan setiap waktu sehingga aku dapat tegak berdiri menjalani hari-hariku.

Untuk adikku Risda Ulfatma yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan kesabaran kepadaku dalam menyelesaikan karya ini.

Rasa hormat saya kepada:

*Dra. Aspita Laila, M. Sc.*

*Syaiful Bahri, S. Si., M. Si.*

Terima kasih atas bimbingan, ilmu, nasihat, dan kesabaran dalam membimbing selama ini.

Bapak Ibu Dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung  
Atas dedikasi dan ilmu yang telah diberikan kepada penulis selama menempuh pendidikan di kampus.

Keluarga kimia 2020 dan sahabat sejalan yang telah memberikan semangat dan bantuan, serta kebersamaan dalam suka maupun duka.

Serta

*Almamaterku Tercinta*  
**Universitas Lampung**

## SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas rahmat, ridho, dan karunia-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan judul **“Isolasi dan Identifikasi Jamur Pada Produk Pupuk Organik Cair (POC) serta Uji Antagonisme terhadap *Fusarium oxysporum*”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains pada Jurusan Kimia Universitas Lampung.

Selama proses penelitian dan penyusunan skripsi ini, penulis banyak mendapatkan doa, dukungan, semangat, bimbingan, serta saran dan masukan dari berbagai pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini. Teriring doa yang tulus dengan segala kerendahan hati, pada kesempatan ini penulis dengan hormat mengucapkan terima kasih kepada:

1. Kedua orang tua yang saya cintai, Didi Abdul Kodir; *Rahimahullah* dan Bunda Umi Nasichatun untuk segala doa, cinta, kasih sayang dan dukungan yang telah diberikan selama ini serta segala perjuangan dan pengorbanan tiada henti sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
2. Dra. Aspita Laila, M.S. selaku Dosen Pembimbing I atas bimbingan, kebaikan, arahan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses perkuliahan sampai dengan penyelesaian skripsi.
3. Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembimbing II, atas kebaikan, kesabaran, bimbingan, masukan, dan seluruh ilmu pengetahuan yang diberikan selama proses penelitian sampai dengan penyelesaian skripsi.

4. Prof. Dr. Noviany, S.Si., M.Si. selaku Dosen Pembahas, atas motivasi, saran, serta masukan yang membangun dalam proses penyelesaian skripsi.
5. Bapak Prof. Dr. Hardoko Insan Qudus, M.S. selaku Pembimbing Akademik atas segala kebaikan, nasihat, dan motivasi yang telah diberikan sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini.
6. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, S,Si., M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam (FMIPA) Universitas Lampung.
7. Ibu Dr. Mita Rilyanti, S.Si., M.Si. selaku Ketua Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.
8. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung yang telah memberikan ilmu, pengalaman, dan motivasi selama penulis menjalankan pendidikan di kampus.
9. Seluruh staf administrasi dan pegawai di lingkungan Jurusan Kimia, Dekanat FMIPA, serta Universitas Lampung yang senantiasa membantu dalam sistem akademik, perkuliahan, penelitian, serta penyusunan skripsi sehingga dapat terselesaikan dengan baik.
10. Adikku, Risda Ulfatma yang selalu memberikan bantuan, dukungan, dan kesabaran.
11. Teman-teman baikku, Sefti Adelia, Anggita Aprillia, Risma Dwi Meylani, Aliza Purbasari, untuk segala hal yang sudah dilalui bersama-sama semenjak tinggal satu kos bareng, sudah menemani serta berbagi keceriaan di setiap pertemuan.
12. Teman-teman sejalanku, Sabrina Zulaika, Hamida, Gita Fitria, Alda Nurmala Dewi, Ester Monika Simamarta, Agil Sri Wahyuni, Ida Purwati, Senna Febriyanti, untuk segala hal yang sudah dilalui bersama-sama, sudah bersedia menemani dan berbagi keluh-kesah selama proses perkuliahan.

13. Teman-teman KKN, Annisa Nurul Sa'diah, Patricia Cristina Wati, Noldy Masyitha, Inas Salsabila, Hasymi Romanov, untuk segala dukungan, semangat, dan pelajaran baru yang telah dilalui bersama sejak KKN.
14. Teman-teman seperjuangan penelitian, atas segala bantuan dan dukungan selama menjalankan penelitian.
15. Keluarga Besar kimia Angkatan 2020, dan teman-teman kelas C semoga kita selalu diberikan kesehatan dan kemudahan atas segala proses yang akan dilewati.
16. Seluruh pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu, yang senantiasa membantu dalam kelancaran sistem akademik, penelitian, penyusunan skripsi, dan selama penulis menjalani perkuliahan di jurusan Kimia FMIPA Unila. Terima kasih atas segala bantuan dan arahan yang telah diberikan.
17. *Last but not least, I wanna thank me.* Terima kasih untuk tidak berhenti berjuang hingga hari ini. Terima kasih untuk segala usaha, pengorbanan, dan air mata yang telah kita hasilkan selama proses perkuliahan hingga selesainya skripsi ini. Terima kasih telah bertahan dan berani menyelesaikan apa yang telah dimulai.

Penulis menyadari sepenuhnya bahwa skripsi ini tidak lepas dari kekeliruan. Oleh karena itu, kritik dan saran yang konstruktif dari semua pihak sangat diperlukan demi kesempurnaan skripsi ini. Terima kasih, semoga kita semua senantiasa dalam lindungan Allah SWT. *Aamiin.*

Bandar Lampung, 24 Januari 2025  
Penulis,

**Fathia Sa'adah**

## DAFTAR ISI

Halaman

<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>xvi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>xvii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Tujuan Penelitian .....	4
1.3. Manfaat Penelitian .....	4
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>5</b>
2.1. Jamur.....	5
2.2. Morfologi Koloni Jamur .....	7
2. 2. 1. <i>Trichoderma</i> sp.....	7
2. 2. 2. <i>Aspergillus</i> sp.....	8
2. 2. 3. <i>Penicillium</i> sp .....	9
2. 2. 4. <i>Mucor</i> sp .....	10
2. 2. 5. <i>Rhizopus</i> sp .....	11
2. 2. 6. <i>Fusarium</i> sp .....	12
2.3. Pupuk Organik Cair (POC) .....	13
2.4. Jamur Patogen <i>Fusarium oxysporum</i> .....	15
2.5. Pewarnaan <i>Lactophenol Cotton Blue</i> (LPCB).....	16
2.6. Mekanisme Antagonisme Jamur .....	17
<b>III. METODE PENELITIAN.....</b>	<b>19</b>
3.1. Waktu dan Tempat Penelitian .....	19
3.2. Alat dan Bahan.....	19
3.3. Prosedur Penelitian .....	20
3. 3. 1. <i>Sample Material</i> .....	20
3. 3. 2. Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA).....	20
3. 3. 3. Isolasi dan Identifikasi Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	21
3. 3. 4. Peremajaan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	21
3. 3. 5. Isolasi Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC).....	22
3. 3. 6. Pemurnian Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC) .....	22
3. 3. 7. Identifikasi Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC) Menggunakan Metode <i>Slide Culture</i> .....	22
3. 3. 8. Uji Antagonisme Terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> .....	23

<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>25</b>
4.1. Karakteristik dan Identifikasi Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC).....	25
4.2. Mekanisme Uji Antagonisme.....	28
<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>31</b>
5.1. Kesimpulan .....	31
5.2. Saran .....	31
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>33</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>38</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Data Hasil Penelitian Syarat Baku Mutu Pupuk Organik Cair (Hardiyanto, 2023) .....	14
2. Karakteristik Isolat Jamur Secara Makroskopis dan Makroskopis .....	26
3. Mekanisme Antagonisme yang terjadi Pada Isolat Jamur terhadap Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	29

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Morfologi bentuk dan warna <i>Trichoderma</i> sp. isolate JB .....	8
2. (a) Pengamatan makroskopis isolat <i>Aspergillus</i> sp .....	9
3. (a) Pengamatan makroskopis isolat <i>Penicillium</i> sp .....	10
4. (a) Pengamatan makroskopis isolat <i>Mucor</i> sp .....	11
5. Morfologi jamur secara makroskopik dan mikroskopik isolat J1 inkubasi pada medium <i>Malt Ekstract Agar</i> (MEA) selama 7 hari pada suhu 28°C. (a) Koloni jamur J1; (b) konidiofor dan kepala konidia; (c) Vesikel; (d) konidia (Sukmawati dkk., 2018).....	12
6. Morfologi <i>Fusarium</i> sp. secara makroskopis dan mikroskopis .....	13
7. Tanaman cabai yang terinfeksi jamur <i>Fusarium oxysporum</i> .....	16
8. Uji antagonis jamur <i>Trichoderma</i> spp. terhadap jamur <i>Fusarium oxysporum</i> hari ke-6 setelah inokulasi (Ikhwanisa dkk., 2023) .....	17
9. Morfologi koloni fungi pada uji antagonisme hari ke-7 antara <i>Aspergillus</i> sp. vs <i>Fusarium oxysporum</i> (Izzatinnisa dkk., 2020) .....	18
10. Uji antagonis <i>Trichoderma</i> sp. PNE 4 terhadap jamur <i>Fusarium oxysporum</i> pada hari ke-7 dalam media PDA (Safitri dkk., 2019) .....	18
11. Sketsa Uji Penghambatan .....	23
12. Hasil Pengamatan Makroskopis Isolat Jamur Pada Hari Ke-14 (A) Isolat Jamur FPC-1 (B) Isolat Jamur FPC-2 (C) Isolat Jamur FPC-3 (D) Isolat Jamur FPC .....	25
13. Hasil Pengamatan Mikroskopis Isolat Jamur (A) Isolat Jamur FPC-1 (B) Isolat Jamur FPC-2 (C) Isolat Jamur FPC-3 (D) Isolat Jamur FPC-4 : a. Konidiofor, b. Vesikel, c. Konidia .....	26
14. Hasil Pengamatan Uji Antagonisme Isolat Jamur terhadap Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> Pada Hari Ke-7. (A) Isolat Jamur FPC-1 vs <i>Fusarium oxysporum</i> (B) Isolat Jamur FPC-2 vs <i>Fusarium oxysporum</i> (C) Isolat Jamur FPC-3 vs	

*Fusarium oxysporum* (D) Isolat Jamur FPC-4 vs *Fusarium oxysporum* (E)  
Jamur *Fusarium oxysporum* Tanpa Perlakuan (kontrol -) (F) Jamur *Fusarium*  
*oxysporum* vs *Trichoderma harzianum* (kontrol +) .....29

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Kerangka Penelitian.....	39
2. Referensi Hasil Penelitian Mengenai Jamur Antagonis.....	39
3. Referensi Hasil Penelitian Mengenai Jamur Patogen ( <i>Fusarium oxysporum</i> )...	41

## I. PENDAHULUAN

### 1.1. Latar Belakang

Sayur dan buah termasuk produk hortikultura yang menjadi kebutuhan masyarakat guna memenuhi asupan vitamin dan mineral tubuh. Salah satu produk hortikultura yang setiap hari dibutuhkan masyarakat adalah cabai merah. Kandungan gizi cabai dalam 100 gram bagian yang dapat dimakan mengandung vitamin A sejumlah 71,00 mg dan vitamin C sejumlah 18,00 mg (Nugraheni, 2010). Berdasarkan prediksi Kementerian Pertanian (Kementan), konsumsi cabai masyarakat Indonesia pada tahun 2024 mencapai 1,17 juta ton per tahun. Sementara itu, kapasitas produksi cabai di Indonesia mencapai 3 juta ton per tahun (Fauzan, 2024).

Usaha untuk meningkatkan produksi tanaman cabai masih mengalami hambatan. Kondisi cuaca yang kurang mendukung, kekurangan air, pemupukan tidak sesuai dosis, dan gangguan dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) seperti hama lalat buah, kutu daun aphids hijau, kutu daun thrips, penyakit antraknose, penyakit layu fusarium, dan daun septoria menjadi faktor penyebab produktivitas tanaman menurun (Heriyanto, 2019).

Penyakit tanaman layu disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*. *Fusarium oxysporum* menjadi salah satu patogen tular tanah yang sangat berbahaya bagi tanaman karena dapat bertahan lama di dalam tanah tanpa inang.

Tanah yang sudah terinfeksi oleh jamur ini sukar dibebaskan kembali dari jamur ini, bahkan tanpa adanya inang, jamur dapat bertahan dalam tanah lebih dari sepuluh tahun dalam bentuk klamidospora (Fatma dkk., 2021). Gejala serangan yang pertama adalah menguningnya daun bagian bawah, kemudian daun bagian atas. Tulang daun bagian atas berubah menjadi pucat, kemudian tangkai daun menjadi rapuh, menyebabkan tanaman layu total. Pembusukan terjadi pada batang dan pada ikatan pembuluh akan dijumpai cincin berwarna coklat. Patogen ini akan menginfeksi akar muda tanaman, kemudian tumbuh dan menyebar ke pembuluh batang. Adanya distribusi ini akan menyebabkan terhambatnya pengangkutan air dan unsur hara dalam tanaman (Putra *et al.*, 2019). Kehadiran *Fusarium oxysporum* menyebabkan kerugian yang signifikan pada hasil panen karena jamur ini dapat menyebabkan tanaman layu. Penurunan produksi akibat infeksi jamur *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabai hingga mencapai 50% hingga dapat menyebabkan gagal panen (Mahartha *et al.*, 2013). Penelitian (Wati *et al.*, 2020) juga mengungkapkan bahwa serangan *Fusarium oxysporum* dapat menghilangkan hasil panen hingga 37,44 %.

Upaya pengendalian penyakit layu *Fusarium* telah dilakukan petani dengan menyiram tanaman dengan pestisida sintesis, tetapi ini tidak memberikan hasil yang memuaskan dan mahal biaya. Budidaya tanaman dengan dosis tinggi senyawa kimia seperti pestisida, pupuk, dan lainnya telah terbukti menimbulkan masalah yang semakin kompleks. Penggunaan pestisida kimia dalam intensifikasi pertanian telah mendapat kritik dari konsumen produk pertanian. Mereka menginginkan bahan makanan aman untuk dikonsumsi dan memenuhi kebutuhan nutrisi mereka, serta mencegah residu pestisida kimia yang racun dan berbahaya mencemari lingkungan hidup. Teknik Pengendalian Hama Terpadu telah diterapkan oleh pemerintah untuk melindungi tanaman, seperti yang ditunjukkan dalam Undang Undang No.12 Tahun 1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan Peraturan Pemerintah No.6 Tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman (Heriyanto, 2019).

Indonesia menjadi salah satu negara penghasil sampah terbesar kedua di dunia setelah China (Hendar dkk., 2022). Berdasarkan data Sistem Informasi Pengolahan Sampah Nasional (SIPSN) Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan (KLHK), jumlah timbunan sampah nasional di Indonesia pada 24 Juli 2024 mencapai 31,9 juta ton. Dari total produksi sampah nasional tersebut 63,3% atau 20,5 juta ton dapat terkelola sedangkan sisanya 35,67% atau 11,3 juta ton sampah tidak terkelola (Dewi, 2024). Jumlah sampah sebanyak itu dapat dimanfaatkan dalam pembuatan pupuk organik cair, sehingga dapat mengurangi jumlah sampah di Indonesia dan juga dapat meminimalisirkan penggunaan pupuk sintetis yang selama ini digunakan.

Pupuk organik cair memiliki banyak keunggulan dibandingkan kompos padat. Pupuk cair lebih cepat diserap tanah dan tanaman, lebih nyaman digunakan dan proses produksinya lebih cepat 2-3 minggu (Pratama dan Trianto, 2020). Pada pupuk organik cair juga mengandung unsur hara makro dan mikro penting yang dicampur dengan cara yang mudah menggunakan limbah domestik atau bahan organik yang ada di lingkungan sekitar. Bahan mentah yang ideal untuk pupuk organik cair yaitu bahan organik yang masih segar dengan kadar air yang tinggi seperti sisa-sisa buah atau sayuran (Harvianto dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, *Trichoderma* sp. dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium* sp. dengan persentase daya hambat 53% (Alfizar dkk., 2013), *Trichoderma* sp. yang dapat menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* f. sp. *cubense* dengan daya hambat sebesar 86% (Sudirman dkk., 2011), *Aspergillus niger* persentase penghambatan koloni jamur *Fusarium oxysporum* sebesar 54,17% (Sarah dkk., 2018), *Aspergillus* spp., *Penicillium* spp., dan *Trichoderma* spp. memiliki rerata daya hambat terhadap *Fusarium oxysporum* masing-masing sebesar  $59 \pm 0.3\%$ ,  $60 \pm 0.2\%$ , dan  $76 \pm 0.1\%$  (Maulana dkk., 2016).

Berdasarkan uraian diatas, maka dalam penelitian ini dilakukan isolasi dan identifikasi jamur pada pupuk organik cair, sehingga jamur yang telah

teridentifikasi tersebut dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati untuk mengurangi risiko penyebaran penyakit tanaman yang disebabkan oleh jamur *Fusarium oxysporum*.

### **1.2. Tujuan Penelitian**

Tujuan yang ingin dicapai dalam penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mendapatkan isolat jamur yang terdapat pada Pupuk Organik Cair (POC).
2. Menentukan isolat jamur yang memiliki kemampuan baik dalam menghambat jamur patogen *Fusarium oxysporum*.
3. Mengetahui sifat dan mekanisme anatagonisme yang terjadi pada jamur antagonis dalam menghambat jamur patogen *Fusarium oxysporum*.

### **1.3. Manfaat Penelitian**

Manfaat yang diharapkan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Memberikan informasi mengenai jamur apa saja yang terkandung di dalam produk Pupuk Organik Cair (POC).
2. Pupuk Organik Cair (POC) dapat digunakan sebagai agen pengendali hayati.
3. Sebagai referensi dasar untuk melakukan penelitian selanjutnya.

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1. Jamur**

Jamur memiliki peran penting dalam menguraikan bahan organik yang kompleks yang ada di alam menjadi unsur yang sangat sederhana, sehingga organisme lain dapat mudah menyerapnya dan memanfaatkannya. Jamur bersifat dekomposer, parasitik, dan mutualistik. Salah satu komponen biotik yang sangat penting bagi ekosistem yaitu membantu memecah senyawa organik kompleks seperti molekul selulosa, hemi selulosa, pektin, pati, dan lignin menjadi bentuk yang lebih sederhana yang dapat digunakan oleh makhluk lain seperti bakteri dan tumbuhan (Lestari dan Fauziah, 2022).

Pada pH antara asam dan netral, kebanyakan jamur tumbuh dengan baik. Kelembapan air memungkinkan hifa jamur menyebar ke permukaan substrat. Selain berfungsi untuk mengangkut hara, ketersediaan air di lingkungan sekitar jamur sangat penting untuk mempertahankan kadar air dalam sel. Jamur memerlukan suhu antara 30 - 40°C dengan suhu ideal antara 20 - 30°C. Cahaya juga dapat membantu atau mencegah pembentukan struktur alat reproduksi dan spora pada jamur (Lestari dan Fauziah, 2022).

Jamur dibagi menjadi jamur makroskopis dan mikroskopis berdasarkan ukuran tubuh buahnya. Jamur makroskopis adalah jamur dengan tubuh buah yang besar, dan jamur mikroskopis adalah jenis jamur yang sangat kecil yang tidak dapat dilihat dengan mata telanjang dan hanya dapat dilihat dengan alat bantu mikroskop. Jamur makroskopis biasanya terdiri dari bagian tubuh seperti

bilah, tudung, tangkai, cincin, dan volva, tetapi ada juga yang tidak bercincin. Tubuh jamur makroskopis terdiri dari benang-benang yang disebut hifa, yang dapat membentuk miselium, anyaman bercabang-cabang.

Karakteristik morfologi jamur dapat dilihat dari warna tubuh buahnya, seperti merah muda, oranye, coklat tua atau coklat muda, kuning, putih, putih kekuningan, dan hitam. Bentuk tubuh buah dapat berbentuk terompet, payung, setengah lingkaran, atau kipas. Spora dapat berwarna merah, coklat, putih, kuning, ungu, atau hitam. Mereka juga dapat berbentuk bulat, lonjong, silindris, bersegi, jarum, atau setengah lingkaran. Sebagian besar jamur makroskopis termasuk dalam kategori *Basidiomycota* dan *Ascomycota*.

Diperkirakan ada 200.000 spesies dari 1,5 juta spesies jamur yang ditemukan di Indonesia. Namun, sampai saat ini belum ada informasi pasti tentang berapa banyak spesies jamur yang telah diidentifikasi dan digunakan atau telah punah. Beberapa jamur makroskopis berfungsi sebagai mikroorganisme pendegradasi lignoselulosa karena mampu menghasilkan enzim-enzim pendegradasi seperti selulase, ligninase, dan hemiselulase. Karena itu, mereka sangat penting dalam ekosistem, baik dalam lingkungan biotik maupun abiotik. Mikroba tanah seperti jamur dapat merusak hewan dan tumbuhan mati selama proses pembentukan tanah. Mereka juga bertanggung jawab atas siklus nutrisi (Fauzan dkk., 2023).

Struktur tubuh jamur terbagi menjadi dua. Bagian di bawah substrat (tanah, serasah, kayu lapuk, dan kotoran) terdiri dari hifa yang membentuk miselium, dan bagian di atas tanah dimakan dan digunakan sebagai organ reproduksi.

Struktur jamur terdiri dari bagian-bagian berikut:

1. Bagian atas jamur yang ditopang oleh tangkai atau batang disebut tudung (*pilleus*). Biasanya bervariasi dalam bentuk dan warna dan berfungsi untuk melindungi bilah (*lamella*) di bawahnya.

2. Lamela (*gills*) adalah salah satu bagian cendawan dan bagian penghasil dan penyebar spora yang berbentuk seperti lembaran dan berada di bawah tudung.
3. Cincin dan sisa volva terdapat pada tangkai buah beberapa cendawan, yang melindungi cendawan muda yang masih berbentuk kancing.
4. Batang atau Tangkai dapat berada di tengah dan menopang tutup di tengah, atau mungkin berada di luar pusat. untuk menyuburkan jamur dan mempercepat pertumbuhannya.
5. Miselium, yang terdiri dari kumpulan beberapa hifa, adalah bagian jamur multiseluler yang berfungsi sebagai penyerap makanan dari organisme lain atau sisa-sisa organisme (Marwani dkk., 2023).

## 2.2. Morfologi Koloni Jamur

### 2. 2. 1. *Trichoderma* sp.

*Trichoderma* sp. menghasilkan sejumlah antibiotik, termasuk *alametichin*, *paracelsin*, dan *trichotoxin* yang memiliki kemampuan untuk menghancurkan sel cendawan antagonis melalui kerusakan terhadap permeabilitas membran sel. Selain itu, *Trichoderma* sp. menghasilkan enzim *chitinase* dan *laminarinase* yang dapat menyebabkan dinding sel cendawan antagonis menjadi lisis. Selain itu, *Trichoderma* sp. memiliki kemampuan untuk mengeluarkan antibiotik seperti gliotoksin dan glioviridin yang mempengaruhi dan menghambat banyak sistem biologis dan membuat patogen rentan (Sari dkk., 2022).

Berdasarkan hasil penelitian (Suanda, 2019), pengamatan makroskopis *Trichoderma* sp. Isolat JB menunjukkan daerah tersebut memiliki permukaan datar dan berbentuk bulat namun keras seperti berserat dengan tepi halus. Mula-mula daerahnya berwarna putih dan bagian tengahnya berwarna hijau-hijau berbentuk lingkaran dengan banyak cahaya, sedangkan bagian pinggirnya berwarna putih seperti kapas. Warnanya berubah menjadi hijau tua sepanjang

musim lebih tinggi dari 6 hari setelah pemisahan (HSI). Penampakan mikroskopis *Trichoderma* sp.

Isolat JB mempunyai hifa berwarna hijau, batang phialid kecil, konidia berbentuk bulat (bulat) berwarna kehijauan yang tumbuh di ujungnya dan terdapat konidia yang terbentuk berkelompok berwarna hijau pada sel konidiofor. Phialid memiliki panjang  $\pm 11,1 \mu$  dan cabang konidiofor memiliki panjang  $\pm 13,4 \mu$ . Konidiofor bercabang banyak bentuknya seperti piramida, yaitu cabang terpanjang di bagian bawah, fialida tersusun dalam kelompok berbeda, tiap kelompok terdapat 2-3 fialida.



A

B

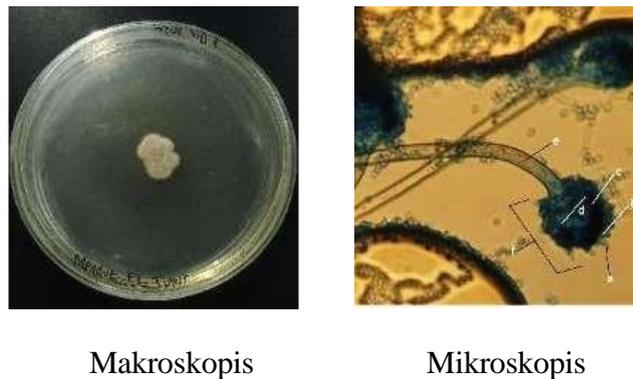
C

D

**Gambar 1.** Morfologi bentuk dan warna *Trichoderma* sp. isolate JB  
A. umur 3 HSI B. umur 5 HSI C. permukaan bawah (5 HSI) D.  
umur 6 HSI (Suanda, 2019)

### 2. 2. 2. *Aspergillus* sp.

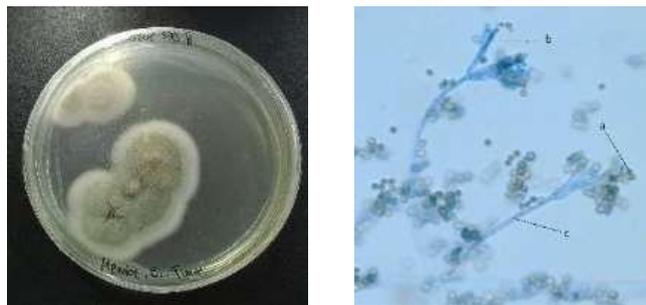
Koloni genus *Aspergillus* berwarna putih atau kekuningan, dan konidianya bulat pada awalnya. Namun, seiring bertambahnya usia, konidia membelah menjadi beberapa kolom yang kecil dengan permukaan yang halus. Namun, vesikelnya biasanya berbentuk bulat atau sub *globose* dan tampak subur di seluruh permukaannya (Pangesti dkk., 2022).



**Gambar 2.** (a) Pengamatan makroskopis isolat *Aspergillus* sp.  
 (b) Pengamatan dengan perbesaran 1000x pewarnaan *lactophenol cotton blue*. a. konidia b. fialid c. metula d. vesikel e. konidiofor f. kepala konidia (Pangesti dkk., 2022).

### 2. 2. 3. *Penicillium* sp.

Koloni *Penicillium* sp. awalnya berwarna putih dan kemudian berubah menjadi biru kehijauan, abu-abu kehijauan, abu-abu zaitun, terkadang kuning atau kemerah-merahan, dan warna sebaliknya koloni berwarna merah muda dengan putih berwarna kuning pucat. Genus *Penicillium* memiliki ciri permukaan hijau kekuningan yang menyerupai beludru (kadang-kadang juga seperti kapas), dan warnanya semakin gelap seiring bertambahnya usia. Untuk ciri mikroskopis, isolat yang telah diamati menunjukkan hifa, konidia, dan konidiofor, sedangkan pada beberapa isolat juga ditemukan metula dan fialid. Pada saat pengamatan, bagian konidia terlihat bulat, sedangkan fialid berbentuk silindris seperti botol (Pangesti dkk., 2022), serta memiliki pertumbuhan koloni lambat hingga moderat, dan berdiameter 2-3 cm dalam 7 hari inkubasi (Hidayat and Isnawati, 2021).



Makroskopis

Mikroskopis

**Gambar 3.** (a) Pengamatan makroskopis isolat *Penicillium* sp.  
 (b) Pengamatan dengan perbesaran 1000x pewarnaan *lactophenol cotton blue*. a. konidia b. fialid c. metula d. vesikel e. konidiofor f. kepala konidia (Pangesti dkk., 2022).

#### 2. 2. 4. *Mucor* sp.

Permukaan koloni granul genus *Mucor* berwarna putih, berwarna sebalik putih, dan memiliki zona pertumbuhan dan *drop exudate* di permukaan koloni granul. Adanya hifa, konidia, dan konidiofor adalah struktur yang terlihat pada pengamatan mikroskopis ini. Hifa tidak memiliki septa, dan konidia berbentuk bulat (Pangesti dkk., 2022).

Kolonisasi jamur tidak menunjukkan adanya garis radial, zonasi pada koloni, serta tetesan eksudat. Sifat mikroskopis menunjukkan hifa yang tidak terlihat berseptum berwarna hialin, tidak ada rhizoid, sporangiofor tunggal atau bercabang, sporangium berbentuk bulat berwarna cokelat, dan kolumela berbentuk bulat (Hidayat and Isnawati, 2021).



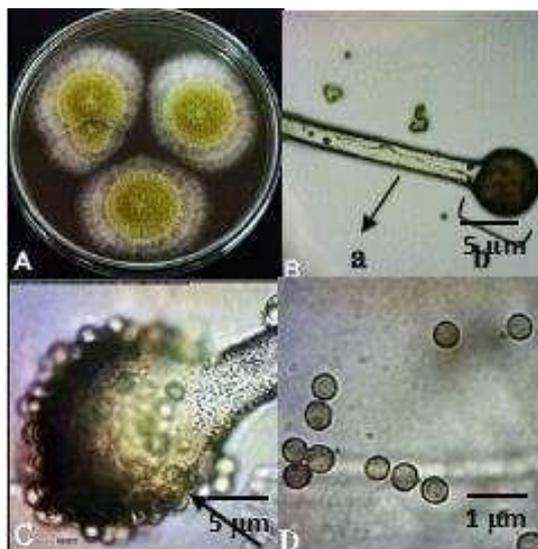
Makroskopis

Mikroskopis

**Gambar 4.** (a) Pengamatan makroskopis isolat *Mucor* sp. (b) Pengamatan dengan perbesaran 1000x pewarnaan *lactophenol cotton blue*. a. konidia b. fialid c. metula d. vesikel e. konidiofor f. kepala konidia (Pangesti dkk., 2022).

### 2. 2. 5. *Rhizopus* sp.

Berdasarkan pengamatan makroskopis morfologi koloni (Hidayat and Isnawati, 2021), terlihat bahwa permukaan koloni berwarna putih keabu-abuan yang dapat berubah menjadi putih kekuningan. Koloni memiliki bentuk yang sirkuler dengan tekstur yang menyerupai kapas, elevasi yang meninggi, serta tepian yang berbentuk rizoid dengan miselium aerial. Dalam inkubasi selama 7 hari, diameter koloni dapat mencapai 6-8 cm dengan pertumbuhan yang cepat. Tidak terdapat tetes eksudat, garis radial, dan zonasi pada koloni tersebut. Karakteristik mikroskopis dari jamur genus *Rhizopus* ditandai dengan tidak adanya sekat pada hifa, sporangiofor bercabang tunggal, sporangium berbentuk bulat dengan warna cokelat kehitaman, serta terdapat rizoid. Selain itu, jamur genus *Rhizopus* memiliki ciri morfologi koloni yang berwarna putih, bertekstur seperti kapas, dan pada ujung hifanya terdapat sporangium berbentuk bulat. Deskripsi dari (Simangunsong dkk., 2019) menyebutkan bahwa jamur genus *Rhizopus* memiliki ciri hifa berwarna transparan, sporangiofor tunggal, dan terdapat rizoid.



**Gambar 5.** Morfologi jamur secara makroskopik dan mikroskopik isolat J1 inkubasi pada medium *Malt Ekstract Agar* (MEA) selama 7 hari pada suhu 28°C. (a) Koloni jamur J1; (b) konidiofor dan kepala konidia; (c) Vesikel; (d) konidia (Sukmawati dkk., 2018)

#### 2. 2. 6. *Fusarium* sp.

Karakterisasi morfologi isolat *Fusarium* sp. secara makroskopis, isolat *Fusarium* sp. yang diperoleh berwarna, putih, ungu muda, hingga coklat, dengan bentuk isolat tipis basah, kapas, aerial, dan sporodokia. Sedangkan karakteristik mikroskopis dari isolat yang diperoleh, seluruh makrokonidia memiliki sekat 3, dengan bentuk lurus sedikit melengkung. Berdasarkan hasil pengamatan makroskopis yang diperoleh oleh (Leslie *et al.*, 2006), miselium *Fusarium* menggumpal, berlimpah, membentuk kapas aerial dan terkadang tipis, warna koloni berwarna putih, ungu muda, hingga coklat. Beberapa isolat *Fusarium oxysporum* juga membentuk koloni tipis, basah dengan warna cream hingga kuning pada media PDA. Pada pengamatan mikroskopis *Fusarium oxysporum* memiliki hifa yang bersekat, terdapat makrokonidia, makrokonidia serta klamidiospora. Mikrokonidia berbentuk oval hingga elips, dan terkadang berbentuk seperti ginjal, dan tidak memiliki sekat, tidak memiliki rantau, bentuk fialid sederhana, tangkai konidia berbentuk lateral, dan jumlah mikrokonidia banyak. Makrokonidium berbentuk kano, seperti sabit, berukuran panjang hingga pendek, bentuk lurus, agak melengkung, dan

ramping, berdinding sel tipis. Sel apikal meruncing dan melengkung dan terkadang membentuk seperti kait, terdiri atas beberapa sekat biasanya 3 sekat. Klamidospora merupakan struktur bertahan yang terbentuk secara interkalar atau terminal pada cabang lateral pendek dari miselium, tunggal atau berpasang-pasangan, dan dinding klamidospora halus atau kasar (Hanif dan Zamriyetti, 2023).

Bentuk koloni *Fusarium oxysporum* dalam media kultur PDA, berwarna putih dan merah muda pada pusat koloninya, bentuk tepi koloni filamentous (benang-benang). Struktur mikroskopisnya memiliki ciri-ciri yaitu mikro konidium hialin berbentuk elips dan hifa yang panjang. *Fusarium oxysporum* pertumbuhannya dalam media kultur PDA membutuhkan waktu 8-15 hari untuk dapat diidentifikasi struktur mikroskopis dibawah mikroskop (Ohorella dkk., 2023).



**Gambar 6.** Morfologi *Fusarium* sp. secara makroskopis dan mikroskopis

### 2.3. Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk organik yakni pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan atau bagian hewan, atau limbah organik lainnya yang sudah melalui proses rekayasa, berupa padat atau cair bisa diperkaya dengan bahan mineral atau mikroba yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah, serta memperbaiki sifat fisik, kimia, atau biologi tanah. Sumber bahan pupuk organik bisa didapatkan dari kompos, pupuk hijau, pupuk kandang, sisa panen (jerami, brangkas, tongkol jagung, bagas tebu, dan sabut

kelapa), limbah ternak, limbah industri yang menggunakan bahan pertanian, dan limbah kota (Warintan *et al.*, 2021). Pupuk organik cair yang berkualitas adalah yang mengandung unsur hara makro terutama nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K) dan C-organik, karena unsur-unsur tersebut merupakan unsur hara yang sangat dibutuhkan oleh tanaman dalam jumlah yang signifikan (Widyabudiningsih dkk., 2021).

**Tabel 1.** Data Hasil Penelitian Syarat Baku Mutu Pupuk Organik Cair (Hardiyanto, 2022)

Kode Laboratorium	Kode Konsumen	Parameter	Hasil	Satuan	Metode
23.02.075-01	Pupuk Organik Cair	C-Organik	16,77	%	IKLab-101-187 (Spektrofotometri)
		pH	4,16	-	IKLab-104-190 (pH Meter)
		N-Total	0,32	%	IKLab-102-188 (Titrimetri)
		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> Total	0,05	%	IKLab-105-191 (Spektrofotometri)
		K <sub>2</sub> O Total	1,06	%	IKLab-105-191 (AAS)
		Fe Total	841,20	Ppm	IKLab-105-191 (AAS)
		Zn Total	8,11	Ppm	IKLab-105-191 (AAS)
		Mn	21,72	Ppm	IKLab-105-191 (AAS)
		Cu	2,24	Ppm	IKLab-105-191 (AAS)
		B	1,87	Ppm	IKLab-105-191 (Spektrofotometri)
		*Co	0,51	Ppm	IKLab-103-189 (ICPOES)
		*Mo	3,97	Ppm	IKLab-103-189 (ICPOES)
		Pb	0,55	Ppm	IKLab-103-189 (Graphite Furnace AAS)
		Cd	0,08	Ppm	IKLab-103-189 (Graphite Furnace AAS)
		As	0,62	Ppm	IKLab-103-189 (Graphite Furnace AAS)
*Hg	<0,005	Ppm	IKLab-103-189 (ICPOES)		

Keberadaan *fungi* dan larva serangga tidak menunjukkan kegagalan dalam pembuatan POC. Indikator keberhasilan pembuatan POC meliputi aroma yang sedap seperti fermentasi tape, pH asam, tidak berbau busuk, dan konsistensi yang lebih cair (Astuti *et al.*, 2021).

#### 2.4. Jamur Patogen *Fusarium oxysporum*

Penyebab penyakit layu pada tanaman adalah jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici* merupakan penyakit menular yang habitatnya ditularkan melalui tanah dan air, menyebar pada peralatan pertanian dan ditularkan melalui luka akar. Jamur *Fusarium oxysporum* mampu bertahan hidup di dalam tanah jika inangnya tidak ada dan kondisi lingkungan tanah tidak mendukung untuk pertumbuhan dan perkembangannya, maka jamur mampu membentuk alat pertahanan diri yaitu klamidospora yang memungkinkan mampu bertahan lama dalam tanah. Mikroorganisme yang memiliki sifat antagonis terhadap patogen merupakan alternatif sebagai bahan untuk pengendalian, seperti jamur *Trichoderma* sp. memiliki sifat antagonis terhadap mikroorganisme patogen telah digunakan untuk pengendalian penyakit tanaman dan memberikan hasil positif. Menurut Djaya dkk., 2003 dalam penelitian (Heriyanto, 2019), *Trichoderma harzianum*, *T. koningii* et *T. viridae* dapat menghambat jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dalam medium *Potato Dextrose Agar* (PDA) dengan persentase penghambatan pada 3 hari setelah inokulasi masing-masing sebesar 56,07%, 47,80% dan 41,98 persen.

Adanya serangan jamur ini menjadikan salah satu faktor pembatas yang menyebabkan terjadinya penurunan produksi cabai merah. Penyebaran jamur *Fusarium* sangat cepat dan dapat menyebar ke tanaman lain dengan cara menginfeksi akar tanaman dengan menggunakan tabung kecambah atau miselium. Akar tanaman dapat terinfeksi langsung melalui jaringan akar atau melalui akar lateral dan melalui luka-luka, yang kemudian menetap dan berkembang di berkas pembuluh. Setelah memasuki akar tanaman, miselium akan berkembang hingga mencapai jaringan korteks akar. Pada saat miselium mencapai xylem, maka miselium ini akan berkembang hingga menginfeksi pembuluh xylem. Miselium yang telah menginfeksi pembuluh xylem, akan terbawa ke bagian lain tanaman, sehingga mengganggu peredaran nutrisi dan air pada tanaman yang menyebabkan tanaman menjadi layu. *Fusarium*

tersebut membentuk polipeptida, yang disebut likomarasmin yang dapat mengganggu permeabilitas membran plasma dari tanaman (Nugraheni, 2010).

Setelah jaringan pembuluh mati dan keadaan udara lembab, patogen ini membentuk spora yang berwarna putih keunguan pada akar yang terinfeksi. Penyebaran dapat terjadi melalui angin, air pengairan dan alat pertanian. Layu total dapat terjadi antara 2-3 minggu setelah terinfeksi. Tanaman biasanya layu mulai dari daun bagian bawah dan anak tulang daun menguning. Bila infeksi berkembang, tanaman menjadi layu dalam 2-3 hari setelah infeksi. Jika tanaman sakit dipotong dekat pangkal batang akan terlihat gejala cincin cokelat dari berkas pembuluh. Warna jaringan akar dan batang menjadi cokelat. Tempat luka infeksi tertutup pada hifa yang berwarna putih seperti kapas (Nugraheni, 2010).



**Gambar 7.** Tanaman cabai yang terinfeksi jamur *Fusarium oxysporum*

## **2.5. Pewarnaan *Lactophenol Cotton Blue* (LPCB)**

*Lactophenol Cotton Blue* (LPCB) merupakan reagen yang digunakan sebagai pewarna jamur. Reagen *Lactophenol Cotton Blue* mengandung kristal fenol, kapas biru, asam laktat, gliserol dan air suling. Kapas biru berfungsi memberi warna pada jamur, gliserol berfungsi menjaga fisiologi sel dan melindungi sel dari kekeringan, asam laktat menjaga struktur jamur dan membersihkan jaringan sedangkan fenol berfungsi sebagai desinfektan (Asali dkk., 2018).

## 2.6. Mekanisme Antagonisme Jamur

Dua jenis antijamur adalah fungisidal dan fungistatik. Senyawa fungisidal dapat membunuh jamur, sedangkan senyawa fungistatik hanya dapat menghentikan pertumbuhan jamur tanpa mematikannya (Herkamela dan Yenny, 2022).

Kriteria yang dikemukakan oleh (Amaria dkk., 2015) menentukan mekanisme interaksi antara jamur patogen dan jamur antagonis, yaitu:

### a. Kompetisi

Terjadi apabila koloni jamur antagonis menutupi koloni patogen dan jamur antagonis berkembang lebih cepat untuk memenuhi cawan Petri berdiameter 9 cm. Hifa patogen lisis pada daerah kontak. Pada penelitian (Mohidin *et al.*, 2010) melaporkan isolat *T. harzianum* T35 berhasil mengendalikan *F. oxysporum* dengan cara membentuk koloni rizosfer dan mengambil nutrisi lebih banyak. Kompetisi nutrisi juga dilakukan *T. viride* untuk mengendalikan *Chondrostereum purpureum*.



**Gambar 8.** Uji antagonis jamur *Trichoderma* spp. terhadap jamur *Fusarium oxysporum* hari ke-6 setelah inokulasi (Ikhwanisa dkk., 2023)

### b. Antibiosis

Terjadi ketika terbentuk zona kosong di antara jamur patogen dan jamur antagonis, mengubah bentuk hifa patogen dan menciptakan pigmen di permukaan bawah koloni jamur antagonis. Pada penelitian (Srinon *et al.*, 2006) melaporkan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *T. hamatum* WS01

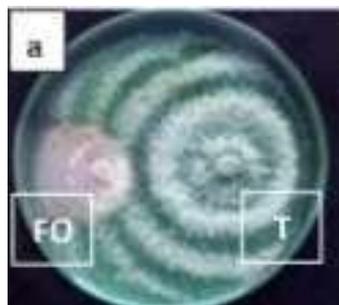
dan *Penicillium* sp. WO1 berupa enzim selulase yang dapat menghambat pembentukan spora *F. oxysporum* f. sp. *cucumeris* dan *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* dengan mekanisme antibiosis. Penelitian pada (Dimitrios *et al.*, 2012) menyatakan bahwa jamur *Aspergillus* spp. menghasilkan zat antibiotik aflatoksin dan okratoksin.



**Gambar 9.** Morfologi koloni fungi pada uji antagonisme hari ke-7 antara *Aspergillus* sp. vs *Fusarium oxysporum* (Izzatinnisa dkk., 2020)

#### c. Parasitis

Terjadi ketika hifa jamur antagonis tumbuh di atas hifa patogen, dan hifa jamur antagonis melilit dan mengalami lisis pada daerah kontak (Amaria dkk., 2015). Beberapa penelitian membuktikan bahwa *Trichoderma* sp. berperan sebagai parasit pada *Rigidoporus* sp., *Sclerotium* sp., *Rhizoctonia* sp., *Phytium* sp., dan *Fusarium* sp. (Ismahmudi dkk., 2021).



**Gambar 10.** Uji antagonis *Trichoderma* sp. PNE 4 terhadap jamur *Fusarium oxysporum* pada hari ke-7 dalam media PDA (Safitri dkk., 2019)

### III. METODE PENELITIAN

#### 3.1. Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - Agustus 2024, di Laboratorium Biokimia, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Uji identifikasi dilakukan di Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi, Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung.

#### 3.2. Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan yaitu alat-alat gelas diantaranya *object glass*, *cover glass*, gelas beker, batang pengaduk, gelas ukur, pipet tetes, cawan Petri, Erlenmeyer, *spreader*, dan tabung reaksi. Alat-alat lainnya seperti kertas cakram 6 mm, mikropipet, tisu, kapas, kasa, plastik *wrap*, botol plastik, jarum ose, pisau silet, pinset, bunsen, karet gelang, serbet, gunting, *aluminium foil*, spidol dan label. Adapun alat-alat instrumen yang digunakan yaitu *autoclave* Tomy SX-700, *Laminar Air Flow* (LAF) ESCO, Mikroskop *axio Zeiss A1* dan *coverslip*, neraca analitik KERN ABJ/BBJ-220-4M, *vortex*, *Incubator* Memmert-Germany/INC-02 dan *hot plate*

Adapun bahan yang digunakan diantaranya *aquades*, cabai yang terjangkit penyakit, sediaan jamur *Trichoderma Harzianum* (sebagai kontrol positif), kentang, agar, natrium hipoklorit, *dextrose*, alkohol 70%, NaCl fisiologis 1% dan reagen *lactophenol cotton blue* (LPCB).

### **3.3. Prosedur Penelitian**

#### **3.3.1. *Sample Material***

Sampel yang digunakan berupa pupuk organik cair yang telah dibuat dari hasil penelitian yang dilakukan oleh (Hardiyanto, 2022). Setelah itu, dimasukkan ke dalam *Beaker glass* 100 mL.

#### **3.3.2. *Pembuatan Media Potato Dextrose Agar (PDA)***

Pertumbuhan jamur yang baik didorong oleh nutrisi yang terkandung dalam substrat selama pertumbuhannya. Media PDA, yang terdiri dari kentang alami dan bahan sintesis (*dextrose* dan agar), termasuk dalam kategori media semi sintetik. Masing-masing dari ketiga komponen ini sangat penting untuk pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme, terutama jamur. Kentang berfungsi sebagai sumber karbon (karbohidrat), vitamin, dan energi, dan *dextrose* berfungsi sebagai sumber gula dan energi (Yuliana dan Qurrohman, 2022).

Media PDA sering digunakan sebagai sarana tumbuh kembang jamur di laboratorium karena memiliki kadar asam yang tinggi (pH 4,5-5,6) sehingga menghambat pertumbuhan bakteri yang membutuhkan lingkungan yang netral dengan pH 7,0, dan suhu optimal untuk pertumbuhan berkisar antara 25-30°C (Yuliana dan Qurrohman, 2022).

Pembuatan media PDA terdiri dari 25% kentang, 2% agar dan 2% *dextrose* dalam 100 mL *aquades*. Kentang yang sudah dikupas dan dicuci bersih lalu dipotong dadu. Kemudian ditambah 100 mL *aquades* dan dimasak hingga mendidih, lalu disaring hingga memperoleh sari kentang. Selanjutnya sari kentang ditambah *aquades* hingga mencapai volum 100 mL dan dimasak hingga mendidih. Kemudian tambahkan *dextrose* dan agar lalu diaduk hingga bahan tersebut tercampur rata. Media yang sudah homogen dimasukkan ke dalam Erlenmeyer lalu ditutup dengan *aluminium foil*. Kemudian disterilisasi dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 2 atm selama 15 menit (Falahiyah dkk., 2023).

### **3. 3. 3. Isolasi dan Identifikasi Jamur *Fusarium oxysporum***

Sampel *Fusarium oxysporum* diambil dari tanaman cabai yang menunjukkan gejala serangan patogen diisolasi dengan cara sampel disterilkan menggunakan *aquades*, alkohol dan natrium hipoklorit kemudian dikulturkan pada media PDA dan diinkubasi selama 24 - 48 jam. Koloni jamur yang tumbuh di subkultur hingga mendapat isolat murni. *Fungi* patogen dikarakteristik secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan secara makroskopis dilakukan dengan melihat langsung warna koloni, bentuk koloni, dan tepi koloni. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis digunakan metode *block square*. Pada metode ini, media PDA yang telah memadat didalam cawan Petri dipotong dengan ukuran 1cm x 1cm dengan menggunakan pisau silet yang telah disterilkan. Kemudian media yang dipotong diletakkan di atas *object glass* untuk kemudian diolesi oleh kultur *fungi* dengan menggunakan jarum ose. Setelah itu media PDA ditutup dengan *cover glass* agar pertumbuhan dapat diamati dengan mikroskop (Hakim, 2020).

### **3. 3. 4. Peremajaan Jamur *Fusarium oxysporum***

Isolat *Fusarium oxysporum* dicuplik dengan menggunakan ose bulat steril kemudian diletakkan pada permukaan media PDA. *Fusarium oxysporum* diinkubasi pada suhu ruangan selama 3 hari (Aji dan Rohmawati, 2020).

### **3. 3. 5. Isolasi Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC)**

Isolasi dilakukan dengan menggunakan seri pengenceran bertingkat. Dengan perbandingan 1:9, larutan suspensi dipipet sebanyak 1 mL dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi larutan fisiologis sebanyak 9 mL. Pengenceran bertingkat yang digunakan untuk mengisolasi jamur yaitu pengenceran  $10^{-2}$ ,  $10^{-3}$ ,  $10^{-4}$ , dan  $10^{-5}$ . Kemudian metode isolasi yang dilakukan dengan menggunakan metode *Pour Plate* yaitu dengan menuangkan suspensi pada media PDA yang sudah padat dibantu menggunakan alat *spreader* untuk meratakannya. Isolat kemudian diinkubasi selama 72 jam dalam inkubator dengan suhu 25 °C. Setelah itu, isolasi diperbarui pada media PDA dan diinkubasi pada suhu ruang selama 48 jam (Sutari, 2020).

### **3. 3. 6. Pemurnian Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC)**

Setelah proses inkubasi, koloni mikroba yang sudah tumbuh diambil sebagian dari miselia *fungi* pada permukaan agar dengan menggunakan kawat ose steril dan dipindahkan ke media PDA yang baru. Kultur murni dikelompokkan menurut warna koloni, pertumbuhan hifa, bentuk morfologi, dan pola pertumbuhan yang berbeda untuk dijadikan isolat tunggal. Kemudian disimpan pada suhu ruangan selama 72 jam.

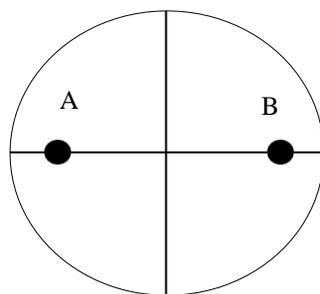
### **3. 3. 7. Identifikasi Jamur Pada Pupuk Organik Cair (POC) Menggunakan Metode *Slide Culture***

Identifikasi isolat mikroba dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis dan mikroskopis dilakukan dengan berbagai modifikasi menurut (Calabon *et al.*, 2019), mengamati ciri-ciri koloni seperti

warna, tekstur, tepian, tinggi dan ciri aerial hifa. Sedangkan untuk pengamatan mikroskopis digunakan metode kultur slide, yaitu *coverslip* diletakkan pada media agar dengan sudut  $45^\circ$  dan koloni mikroba diinokulasi di sebelah *coverslip*. Koloni jamur diambil dengan jarum ose secara aseptis kemudian koloni direnggangkan dan tutup dengan *cover glass*. Setelah 3-4 hari, *coverslip* diambil perlahan kemudian ditetaskan reagen LPCB di atas kaca *object glass* yang steril kemudian diamati di bawah mikroskop Axio Zeiss A1 dengan perbesaran 400x. Kemudian amati ada tidaknya jamur, warna jamur, bentuk jamur, konidia, vesicle, dan hifa bersepta atau tidak (Murtafi'ah dkk., 2021).

### 3. 3. 8. Uji Antagonisme Terhadap *Fusarium oxysporum*

Uji antagonisme *in vitro* dilakukan dengan menggunakan metode biakan ganda (*dual culture*) pada media tumbuh PDA. Isolat kemudian diletakkan berseberangan dengan jamur patogen. Uji ini dilakukan bertujuan untuk mengamati mekanisme terjadinya kompetisi, antibiosis dan mikoparasitik antara kedua sampel (Pasalo dkk., 2022).



Keterangan :  
A = Jamur Antagonis  
B = Jamur Patogen

**Gambar 11.** Sketsa Uji Penghambatan

Tahapan yang dilakukan yaitu siapkan sebanyak 1 mL larutan NaCl fisiologis 1% pada botol vial steril, masukkan satu ose isolat jamur ke dalamnya dan diaduk hingga tercampur merata. Kemudian, masukkan kertas cakram dan dibiarkan selama 1 menit agar ekstrak dari isolat tersebut menempel pada kertas cakram. Setelah itu, letakkan kertas cakram ke dalam media PDA yang telah memadat. Lakukan hal serupa pada jamur patogen. Usahakan jarum ose

yang digunakan berbeda agar tidak terjadinya kontaminasi. Posisi jamur patogen dan jamur antagonis diletakkan secara berseberangan.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, diperoleh kesimpulan sebagai berikut :

1. Hasil isolasi dan identifikasi, menunjukkan bahwa jamur yang terkandung di dalam Pupuk Organik Cair (POC) termasuk ke dalam jenis jamur *Aspergillus*, *Penicillium*, dan *Trichoderma*.
2. Isolat jamur yang diberi kode FPC-2 dan FPC-3 memiliki kemampuan yang baik dalam menghambat jamur *Fusarium oxysporum* dibandingkan dengan isolat jamur FPC-1 dan FPC-4.
3. Berdasarkan dari sifat antagonismenya, isolat FPC-1, FPC-2, FPC-4, dan kontrol positif berperan sebagai fungistatik sedangkan isolat FPC-3 berperan sebagai fungisidal.
4. Mekanisme antagonisme yang terjadi antara isolat dengan jamur *Fusarium oxysporum* masing-masing terjadi kompetisi untuk isolat FPC-2, antibiosis untuk isolat FPC-1, FPC-4, dan kontrol positif, serta parasitisme untuk isolat FPC-3.

### 5.2. Saran

Identifikasi dengan menggunakan mikroskop hanya memberikan indikasi kualitatif mengenai ada atau tidaknya jamur yang terdapat pada pupuk organik cair, sehingga tidak memberikan hasil yang komprehensif mengenai spesies

jamur. Metode analisis lain seperti *Scanning Electron Microscope* (SEM) atau uji filogenetik dapat digunakan untuk menentukan spesies jamur yang lebih spesifik dan akurat. Untuk penelitian selanjutnya dapat dilakukan dengan menentukan persentase daya hambat dari masing-masing isolat yang telah teridentifikasi, mengetahui senyawa metabolit sekundernya dan mengujinya secara enzimatik sebagai antifusarium.

## DAFTAR PUSTAKA

- Aji, O. R. and Rohmawati, Y. 2020. In vitro antifungal activity of morinda citrifolia leaves extract against *Fusarium oxysporum*. *IJOB*. 4(1) : 20-26.
- Alfizar, Marlina, dan Susanti, F. 2013. Kemampuan antagonis *Trichoderma* sp. terhadap beberapa jamur patogen *in vitro*. *J. Floratek*. 8: 45 -51
- Amaria, W., Harni, R., dan Samsudin. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *JTIDP*. 2(1) : 51-60.
- Anggraeni, D. N. dan Usman, M. 2015. Uji aktivitas dan identifikasi jamur rhizosfer pada tanah perakaran tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap jamur *Fusarium*. *BioLink*. 1(2) : 89-98.
- Asali, T., Natalia, D. dan Mahyarudin. 2018. Uji resistensi jamur penyebab *Tinea pedis* pada satuan polisi pramong praja kota pontianak terhadap *griseofulvin*. *Jurkeswa*. 4(2) : 657-666.
- Astuti, Y., Setyaningsih, M., Lestari, S. dan Anugrah, D. 2021. Pelatihan pembuatan pupuk organik cair (POC) sebagai alternatif pengganti ab miix pada perangkat hidroponik di sma kebangsaan pondok aren. *J. Abdi*. 7(1) : 6-11.
- Calabon, M. S., Sadaba, R. B. and Campos, W. L. 2019. Fungal diversity of mangrove-associated sponges from new washington, aklan, philippines. *Mycology*. 10(1) : 6-21.
- Dewi, O. 2024. 11,3 juta ton sampah di indonesia tidak terkelola dengan baik. BRIN.
- Dimitrios, I., Tsitsigiannis, Dimokapolou, M., Antoniou, P. P. dan Tjamos, E. C. 2012. Biological control strategies of mycotoxins fungi and associated mycotoxins in Mediterranean basin crops. *Phytopathologia Mediterranea*. 51(1) : 158-174.
- Falahiyah, M. T., Bahri, S., Marnita, Y., Dalimunthe, C. I. 2023. Uji efektivitas beberapa isolat *Trichoderma* sp. terhadap penyakit jamur akar putih (*Rigidopus microporus*). *J. Agroqua*. 21(1) : 204-216.
- Fatma, M., Chatri, M., Fifendy, M. dan Handayani, D. 2021. Pengaruh ekstrak daun pepaya (*Carica papaya L.*) terhadap diameter koloni dan persentase penghambatan pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *J. Serambi Biologi*. 6(2) : 9-14.

- Fauzan, M. 2024. Kementan pastikan ketersediaan cabai nasional aman hingga akhir tahun. *ANTARA*. Diakses pada Selasa, 26 November 2024, pukul 20.00 WIB.
- Fauzan, T. J., dan Patty, J. 2023. Eksplorasi jamur makroskopis di kecamatan leihitu barat pulau ambon. *J. Agrosilvopasture-Tech*. 2(1) : 78-84.
- Hakim, L., Kurniatuhadi, R. dan Rahmawati. 2020. Karakterisasi fisiologis jamur halofilik berdasarkan faktor lingkungan dari sumur air asin di desa suak, sintang, kalimantan barat. *BIOMA*. 5(2) : 227-232.
- Hanif, A. dan Zamriyetti. 2023. Karakterisasi morfologi cendawan penyebab penyakit busuk pangkal batang pada bawang merah (*Allium cepa*). *Agrium*. 26(1) : 76-82.
- Harvianto, A. F., Sutari, N. W., dan Atmaja, I. W. 2022. Identifikasi jamur pada pupuk organik cair (POC) limbah dapur di desa sanur kauh. *JAS*. 12(1) : 141-157.
- Hardiyanto, C. 2022. *Pembuatan pupuk organik cair pembenah tanah dari lindi dan aplikasinya pada tanaman cabai, tomat, terong dan uji kandungan unsur hara makro, unsur hara mikro dan logam berat*. Skripsi. Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hendar, Rezasyah, T. dan Tari, D. S. 2022. Diplomasi lingkungan indonesia melalui ASEAN dalam menanggulangi *marine plastic debris*. *PADJIR*.4(2) : 201-214.
- Heriyanto. 2019. Kajian pengendalian penyakit layu fusarium dengan *Trichoderma* pada tanaman tomat. *J. Triton*. 10(1) : 45-58.
- Herkamela dan Yenny, S. W. 2022. Berbagai bahan alam sebagai antijamur *Malassezia* sp. *JKS*. xx (x) : 121-127.
- Hidayat, R. A., dan Isnawati. 2021. Isolasi dan karakterisasi jamur selulolitik pada fermentodege : pakan fermentasi berbahan campuran eceng gondok, bekatul padi, dan tongkol jagung. *Lenterabio*. 10(2) : 176-187.
- Ihkwanisa, N., Nugraheni, I. A., Kurniawati, T. dan Fardhani, D. M. 2023. Uji antagonis *Trichoderma* spp terhadap layu *Fusarium* tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Prosiding Seminar Nasional Penelitian dan Pengabdian Kepada Masyarakat LPPM Universitas „Aisyiyah Yogyakarta*. Vol. 1 : 244-252.
- Ismahmudi, A., Sastrahidayat, I. R., dan Djauhari, S. 2021. Eksplorasi dan uji antagonisme jamur filoplane terhadap jamur *Fusarium* sp. penyebab penyakit busuk kering pada daun sri rejeki (*Aglaonema* sp.). *JHPT*. 9(1) : 8-14.
- Izzatinnisa, Utami, U. dan Mujahidin, A. 2020. Uji antagonisme beberapa fungi endofit pada tanaman kentang terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*. 2(1) : 18-25.
- Karim, A., Rahmiati, dan Fauziah, I. 2020. Isolasi dan uji antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. *JBIO*. 6(1) : 18-22.

- Kubicek, C. P., Steindorff, A. S., Chenthamara, K., Manganiello, G., Henrissat, B., Zhang, J., Cai, F., Kopchinskiy, A. G., Kubicek, E. M., Kuo, A., Baroncelli, R., Sarrocco, S., Noronha, E. F., Grigoriev, I. V. dan Druzhinina, I. S. 2019. Evolution and comparative genomics of the most common *Trichoderma* species. *BMC Genomics*. 20(1) : 485.
- Leslie, J. F., Summerell, B. A., dan Bullock, S. 2006. *The Fusarium Laboratory Manual*. Manhattan (US): Blackwell Publishing.
- Lestari, I. D. dan Fauziah, U. T. 2022. Identifikasi keanekaragaman jenis *fungi* makroskopis di kawasan hutan liang bukal, moyo hulu. Sumbawa. *JK*. 7(2) : 8-18.
- Mahartha, K. A., Khalimi, K. dan Wiryana, G. N. A. S. 2013. Uji efektivitas rizobakteri sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum* F.Sp. *capsici* penyebab penyakit layu *Fusarium* pada tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.). *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 2(3) : 145-154.
- Marwani, A., Amalia, F., Hasibuan, F. P., Sari, J. P. dan Ulfa, S. W. 2023. Identifikasi jenis jamur *basidiomycetes* di kecamatan sosa kota padang lawas desa harang julu. *JiWP*. 9(17) : 142-153.
- Maulana, F. D., I. M. Sudarma. dan N. W. Suniti. 2016. Potensi jamur asal rizosfer tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* L.) sehat dari Desa Bumbungan Kecamatan Banjarangkan Kabupaten Klungkung dalam upaya mengendalikan penyakit Layu *Fusarium* secara *in vitro*. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 5(2) : 151 – 159.
- Mohidin, F. A., Khan, M. R., Khan, M. S. and Bhat, B. H. 2010. Why *Trichoderma* is considered super hero (super fungus) against the evil parasites?. *Plant Pathology Journal*. 9(3) : 92-102.
- Murtafi'ah, N., Sapitri, N. dan Pitono, A. J. 2021. Identifikasi jamur *Aspergillus* sp. pada roti tawar sebelum masa kadaluarsa di pasar burung tungku kota bandung. *Klinikal Sains*. 9(2) : 122-130.
- Noerfitryani dan Hamzah. 2018. Inventarisasi jenis - jenis cendawan pada rizosfer pertanaman padi. *J. Galung Tropika*. 7(1) : 11-21.
- Nugraheni, E. S. 2010. Karakterisasi biologi isolat-isolat *Fusarium* sp. pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum* L.) asal Boyolali. *Skripsi*. Jurusan Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret, Surakarta. Hal. 1-46.
- Ohorella, Z., Gafur, M. A. A. dan Paparang, R. R. 2023. Identifikasi jamur kontaminan biji kakao (*Theobroma cacao* L.) selama penyimpanan di gudang eksportir kota sorong papua barat daya. *AGRIKAN*. 16(1) : 286-293.
- Pangesti, F., Octavia, B. dan Cahyandaru, N. 2022. Studi keanekaragaman kapang pada proses biodeteriorasi batuan candi mendut. *Borobudur*. 16(1) : 23-38.
- Pasalo, N. M., Kandou, F. E. F. dan Singkoh, M. F. O. 2022. Uji antagonisme jamur *Trichoderma* sp. terhadap patogen *Fusarium* sp. pada tanaman

- bawang merah *Allium cepa* isolat lokal tonsewer secara *in vitro*. *JIAL*. 13(2) : 1-7.
- Pratama dan Triyanto. 2020. *Membuat pupuk organik cair dengan mudah*. Jakarta: Elex Media Komputindo.
- Putra, I M. T. M., Phabiola, T. A. dan Suniti, Ni W. 2019. Pengendalian penyakit layu *Fusarium oxysporum* f.sp. *capsici* pada tanaman cabai rawit *Capsicum frutescens* di rumah kaca dengan *Trichoderma* sp yang ditambahkan pada kompos. *JAT*. 8(1) : 103-117.
- Putri, M. C., Erina, Abrar, M. dan AK, M. D. 2021. Isolasi dan identifikasi *Aspergillus* sp. pada kantung hawa puyuh (*Cortunix japonica*). *Acta Vet. Indones*. 9(2) : 134-142.
- Safitri, N., Martina, A. dan Roza, R. M. 2019. Uji antagonis cendawan isolat lokal riau terhadap beberapa cendawan patogen pada tanaman budidaya. *AL-KAUNIYAH : Jurnal Biologi*. 12(2) : 124-132.
- Safitri, S., Zam, S. I., Nabila, N. W. dan Solin, M. 2023. Efektivitas beberapa isolat *Trichoderma* dalam menekan pertumbuhan *Athelia* sp. penyebab penyakit busuk batang pada padi secara *in vitro*. *Prosiding dari Seminar Nasional Integrasi Pertanian dan Peternakan dengan Tema “Kontribusi Sistem Integrasi Sapi Kelapa Sawit (SISKA) dalam Mewujudkan Kemandirian Pangan di Provinsi Riau” di UIN Sultan Syarif Kasim Riau*. 1(1) : 214-222.
- Sarah, Asruf dan Lakani, I. 2018. Uji antagonis jamur *Aspergillus niger* terhadap perkembangan jamur patogenik *Fusarium oxysporum* pada bawang merah (*Allium cepa aggregatum* L. *aggregatum* group) secara *in vitro* *J. Agrotekbis*. 6(2) : 266-273.
- Sari, A. R., Prasetyawati, E. T. dan Wiyatiningsih, S. 2022. Potensi *Trichoderma spp.* sebagai antagonis penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) secara *in vitro*. *J. Agrohita*. 7(3) : 439-446.
- Sinaga, L., Lingga, R., Afriyansyah, B. dan Hudatwi, M. 2020. Identifikasi jmaur mikroskopik dari tambak udang *Litopenaus vannamei* sistem semi-intensif. *JPBBZM*. 05(1) : 17-25.
- Simangunsong, R., Rahmawati dan Mukarlina. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur rizosfer dari tanaman durian (*Durio zibethinus murr.*) di desa bemban, kecamatan sungai kakap pontianak. *Protobiont*. 8(3) : 34-39.
- Srinon, W., Chuncheon, K., Jirattiwartkul, K., Soyotong, K. dan Kanotmedhakul, S. 2006. Efficasies of antagonistic fungi against *Fusarium* wilt disease of cucumber and tomato and the assay of its enzyme activity. *Agriculture Technology Journal*. 2(2) : 191-201.
- 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. *J. Widya Biologi* : 10(2) : 99-112.

- Sudirman, A., Sumardiyono, C. dan Widyastuti, S. M. (2011). Pengendalian hayati penyakit layu *fusarium* pisang (*Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* dengan *Trichoderma* sp.. *JPTI*. 17(1) : 31-35.
- Sukmawati, D., Wahyudi, P., Rahayu, S., Moersilah, Handayani, T., Rusta, K. Y., dan Puspitasari, S. I. 2018. Skrining kapang *Aspergillus spp.* Penghasil aflatoksin pada jagung pipilan di daerah bekasi, jawa barat. *Al-Kauniyah : Jurnal Biologi*. 11(2) : 151-162.
- Sutari, Ni W. S. 2020. Isolasi dan identifikasi morfologi jamur selulolitik dari limbah rumah tangga di desa sanur kauh, bali. *Agrovigor*. 13(2) : 100-105.
- Trigiano, R. N., Windham, M. T. and Windham, A. S. 2008. *Plant pathology: Concepts and laboratory exercises*. Second Edition. New York: CRC Press.
- Warintan, S. E., Purwaningsih, A. T. dan Noviyanti. 2021. Pupuk organik cair berbahan dasar limbah ternak untuk tanaman sayuran. *JPKMI*. 5(6) : 1465-1471.
- Wati, V. R., Yafizham dan Fuskhah, E. 2020. Pengaruh solarisasi tanah dan pemberian dosis *Trichoderma harzianum* dalam pengendalian penyakit layu *fusarium* pada cabai (*Capsicum annum* L.). *J. Agro Complex*. 4(1) : 40-49.
- Widyabudiningsih, D., L., T., Fauziah, S., Shalihatunnisa, Riniati, Djenar, N. S., Hulupi, M., Indrawati, L., Fauzan, A. dan Abdilah, F. 2021. Pembuatan dan pengujian pupuk organik cair dari limbah kulit buah-buahan dengan penambahan bioaktivator em4 dan variasi waktu fermentasi. *IJCA*. 04(01) : 30-39.
- Yuliana, R. dan Qurrohman, T. 2022. Pengaruh variasi konsentrasi sari pati buah sukun sebagai alternatif media semi sintetik pada pertumbuhan jamur *Candida albicans*. *JolMedLabS*. 3(1) : 65-79.