

**POTENSI MIKROORGANISME DALAM PRODUK PUPUK ORGANIK
CAIR (POC) SEBAGAI ANTIFUNGI TERHADAP *Fusarium oxysporum***

(Skripsi)

Oleh

AZZAHRA QUROTA AINI

NPM 2157011006



**JURUSAN KIMIA
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

POTENSI MIKROORGANISME DALAM PRODUK PUPUK ORGANIK CAIR (POC) SEBAGAI ANTIFUNGI TERHADAP *Fusarium oxysporum*

Oleh

AZZAHRA QUROTA AINI

Fusarium oxysporum adalah patogen tular tanah penyebab penyakit layu pada berbagai tanaman. Hal ini mendorong pencarian alternatif ramah lingkungan, salah satunya melalui mikroorganisme dari Pupuk Organik Cair (POC). Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa bakteri dari POC tipe *Soluble Liquid* (SL) memiliki aktivitas antibakteri terhadap *Vibrio parahaemolyticus*, membuktikan potensi POC sebagai sumber senyawa bioaktif. Penelitian ini bertujuan mengisolasi dan mengkarakterisasi mikroorganisme dari POC serta menguji aktivitas antifungi terhadap *F. oxysporum*.

Isolat fungi diperoleh dari sampel produk pupuk cair tipe *Soluble Liquid* (SL) melalui metode pengenceran bertingkat pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA), teridentifikasi sebagai genus *Aspergillus*. Selanjutnya, isolat dikultivasi menggunakan metode *Solid State Fermentation* (SSF) pada media beras dan ampas tebu, serta *Submerged Fermentation* (SmF) pada media *Potato Dextrose Broth* (PDB) kemudian metabolit sekunder diekstraksi menggunakan etil asetat.

Uji difusi agar menunjukkan bahwa ekstrak dari media PDB menghasilkan zona hambat terbesar. Pemisahan dan karakterisasi senyawa aktif dilakukan menggunakan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), fraksinasi kromatografi kolom, *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR), *Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry* (LC-MS/MS). Hasil analisis mengidentifikasi senyawa utama berupa turunan flavylum, yakni *6,7 Dihydroxy-5-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4a,7-dihydrochromenium*, yang memiliki potensi sebagai agen antifungi. Temuan ini mengindikasikan bahwa POC mengandung mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif yang berpotensi sebagai pengendali hayati patogen tanaman.

Kata kunci: *Aspergillus*, pupuk cair organik, antifungi, *Fusarium oxysporum*, flavylum.

ABSTRACT

THE POTENTIAL OF MICROORGANISMS IN LIQUID ORGANIC FERTILIZER (POC) AS ANTIFUNGAL AGENTS AGAINST *Fusarium oxysporum*

By

AZZAHRA QUROTA AINI

Fusarium oxysporum is a soil-borne pathogen that causes wilt in various plants. This has prompted the search for environmentally friendly alternatives, one of which is through microorganisms from liquid organic fertilizers. Previous research has shown that bacteria from Soluble Liquid (SL) POC have antibacterial activity against *Vibrio parahaemolyticus*, demonstrating POC potential as a source of bioactive compounds. This study aims to isolate and characterize microorganisms from POC and test their antifungal activity against *F. oxysporum*. Fungal isolates were obtained from Soluble Liquid (SL) liquid fertilizer samples using a serial dilution method on Potato Dextrose Agar (PDA) media and identified as belonging to the genus *Aspergillus*. Subsequently, the isolates were cultivated using Solid State Fermentation (SSF) on rice and bagasse media, and Submerged Fermentation (SmF) on media Potato Dextrose Broth (PDB). Secondary metabolites were extracted using ethyl acetate. Agar diffusion tests showed that the extract from PDB media produced the largest inhibition zone. Separation and characterization of active compounds were carried out using Thin Layer Chromatography (TLC), column chromatography fractionation, Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR), Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry (LC-MS/MS). The analysis results identified the main compound as a flavylum derivative, namely 6,7 Dihydroxy-5-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4a,7-dihydrochromenium, which has potential as an antifungal agent. This finding indicates that POC contains microorganisms producing bioactive compounds that have the potential as a biological control of plant pathogens.

Keywords: *Aspergillus*, organic liquid fertilizer, antifungal, *Fusarium oxysporum*, flavylum.

**POTENSI MIKROORGANISME DALAM PRODUK PUPUK ORGANIK
CAIR (POC) SEBAGAI ANTIFUNGI TERHADAP *Fusarium oxysporum***

Oleh

AZZAHRA QUROTA AINI

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
2025**

Judul : POTENSI MIKROORGANISME DALAM PRODUK
PUPUK ORGANIK CAIR (POC) SEBAGAI
ANTIFUNGI TERHADAP *Fusarium oxysporum*

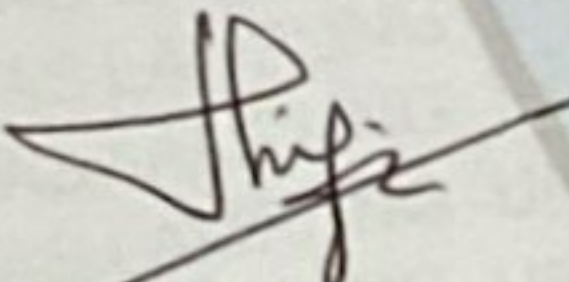
Nama : Azzahra Qurota Aini

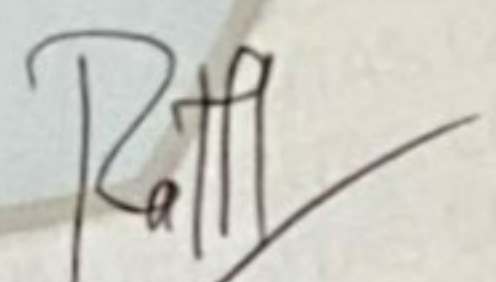
NPM : 2157011006

Program Studi : Kimia

Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam




Dr. Syaiful Bahri S.Si., M.Si.
NIP. 197308252000031001


Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna J., S.Si., M.Si.
NIP. 197707132009122002

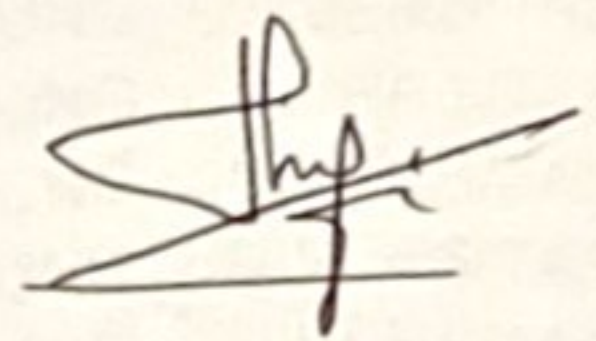
2. Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung


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

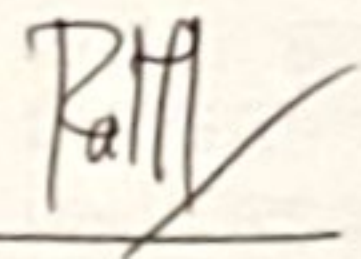
MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

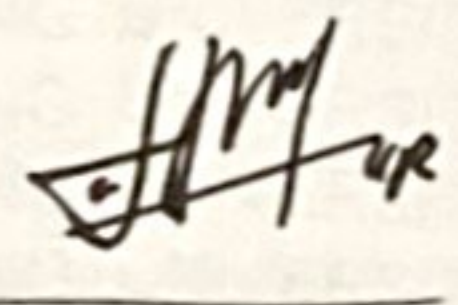
Ketua : Dr. Syaiful Bahri S.Si., M.Si.



Sekretaris : Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna J., S.Si., M.Si.



Anggota : Dr. Nurhasanah., S.Si., M.Si.



2. Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam



Dr. Eng. Heri Satria, M.Si.
NIP 1971110012005011002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 06 Agustus 2025

SURAT PERNYATAAN KEASLIAN SKRIPSI

Yang bertanda tangan di bawah ini :

Nama : Azzahra Qurota Aini
NPM : 2157011006
Jurusan : Kimia
Fakultas : Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Perguruan Tinggi : Universitas Lampung

Dengan ini menyatakan dengan sebenar-benarnya bahwa skripsi saya yang berjudul **“Potensi Mikroorganisme Dalam Produk Pupuk Organik Cair (POC) Sebagai Antifungi Terhadap *Fusarium oxysporum*”** adalah benar karya saya sendiri dan saya tidak keberatan jika sebagian atau seluruh data dalam skripsi tersebut digunakan oleh dosen atau program studi untuk kepentingan publikasi sesuai dengan kesepakatan.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sadar dan sebenar-benarnya untuk digunakan sebagaimana mestinya.

Bandar Lampung, 24 Agustus 2025
Yang Menyatakan,


10000
METERAI TEMPEL
6E23CANX070691555

Azzahra Qurota Aini
NPM. 2157011006

RIWAYAT HIDUP



Penulis bernama lengkap Azzahra Qurota Aini, lahir di Bandar Lampung pada 04 Desember 2003. Penulis merupakan anak pertama dari dua bersaudara, dari pasangan Bapak Ridwan dan Ibu Santy Marthalena. Saat ini penulis bertempat tinggal di Jln. Endrosuratmin, Kelurahan Sukarame, Kecamatan Sukarame, Kota Bandar Lampung, Provinsi Lampung.

Penulis memulai pendidikan formal di Taman Kanak-kanak Yayasan Wanita Kereta Api (YWKA) pada tahun 2008 hingga 2009. Selanjutnya, penulis melanjutkan pendidikan di SDIT A BA TA TSA pada tahun 2009 hingga 2015. Pendidikan Menengah Pertama (SMP) ditempuh di SMPN 10 Lahat pada tahun 2015 hingga 2018. Pada tahun 2018 penulis melanjutkan Pendidikan Menengah Atas (SMA) di SMAN 2 Lahat dan lulus pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Mandiri Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SMMPTN).

Selama menjadi mahasiswa penulis melaksanakan Praktik Kerja Lapangan (PKL) di Balai Pengujian Mutu Barang (BPMB), Jakarta Timur pada bulan Juli 2024. Penulis mengikuti Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) Kuliah Kerja Nyata (KKN) periode 1 tahun 2025 pada bulan Januari sampai februari di Desa Canggung, Kecamatan Rajabasa, Kabupaten Lampung Selatan. Pada bulan Oktober hingga Mei 2025 penulis menyelesaikan penelitian yang dilakukan di Unit Pelayanan Akademik Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPA LTSIT) Universitas Lampung yang diberi Judul **“Potensi Mikroorganisme**

**Dalam Produk Pupuk Organik Cair (POC) Sebagai Antifungi Terhadap
Fusarium oxysporum”**

MOTTO

“ Allah memang tidak menjajikan hidupmu akan selalu mudah, tapi dua kali Allah berjanji bahwa : Fa inna ma'al usri yusro Inna ma'al usri yusro ”

(QS. Al-Insyirah 94: 5-6)

"Tiada ujian yang melebihi daya, sebab Tuhan takkan menguji tanpa tahu batas hamba-Nya. Setiap beban datang bersama kekuatan karena Dia lebih tahu seberapa kuat kamu bertahan."

(QS. Al Baqarah: 286)

“Kita tidak akan menang jika kita tidak percaya bahwa kita bisa”

(Cut Nyak Dien)

“Selalu ada harga dalam sebuah proses, nikmati saja lelah-lelah ini. Lebarkan lagi rasa sabar itu. Semua yang kau investasikan untuk menjadikan dirimu serupa yang kau impikan, mungkin tidak akan selalu berjalan lancar. Tapi gelombang-gelombang itu yang nanti bisa kau ceritakan”

(Boy Candra)

“Cukuplah Allah menjadi penolong kami dan Allah adalah sebaik-baik pelindung”

(QS. Ali Imran: 173)

PERSEMBAHAN

Puji syukur atas kehadiran Allah Subhanahu Wa Ta'ala atas rahmat dan karunia-Nya, shalawat dan salam kepada Nabi Muhammad Shallallahu Alaihi Wasallam. Kupersembahkan karya ini dengan segala kerendahan hati, sebagai wujud bakti, rasa syukur, dan ucapan terima kasih kepada:

Kedua orang tua, Alm. Ayahanda Ridwan dan Ibu Santy Marthalena yang telah memberikan segala cinta, pengorbanan, dan doa yang tidak pernah putus untukku.

Setiap langkahku hari ini adalah hasil dari pengorbanan kalian. Kalian adalah sumber kekuatan dan semangatku selama menempuh perjalanan panjang pendidikan ini.

Abdulloh Taufiqi, yang telah menjadi sahabat dan motivator dalam setiap langkah perjuangan penulis menyelesaikan pendidikan ini.

Adik Dawam Nugraha yang telah memberikan dukungan dan semangat.

Pembimbing penelitianku, Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si., Ibu Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna J., S.Si., M.Si., Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si., serta seluruh Dosen Jurusan Kimia yang telah membimbing, mendidik, dan memberikan banyak ilmu kepadaku selama menjalani proses pendidikan sarjana ini.

Keluarga besar, teman-teman seperjuangan, diriku sendiri, dan Almamaterku tercinta Universitas Lampung.

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji syukur penulis sampaikan kepada Allah SWT, karena atas rahmat dan hidayah-Nya, Penulis dapat menyelesaikan penelitian serta dapat menuliskannya dalam bentuk karya tulis ilmiah. Skripsi ini disusun sebagai syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di Jurusan Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Lampung. Dengan judul skripsi **“Potensi Mikroorganisme Dalam Produk Pupuk Organik Cair (POC) Sebagai Antifungi Terhadap *Fusarium oxysporum*”**.

Penyusunan skripsi ini penulis banyak menghadapi kesulitan. Penulis banyak memperoleh dukungan, bantuan, saran, arahan, dan bimbingan, pada penyusunan skripsi ini. Penulis ingin menyampaikan terima kasih pada kesempatan ini kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan sehingga skripsi ini dapat terselesaikan. Penulis mengucapkan terima kasih pada :

1. Allah SWT, yang selalu memberikan karunia yang luar biasa kepada penulis.
2. Cinta pertamaku Alm. Ayahanda Ridwan dan pintu surgaku Ibu Santy Mathalena yang senantiasa selalu mendoakan, membimbing, mendukung, memberikan kasih sayang yang melimpah, serta menjadi penyemangat utama bagi penulis. Kepergian ayah di tengah perjuangan ini merupakan duka yang mendalam bagi penulis. Meskipun beliau tidak pernah merasakan bangku kuliah, semangat, ketekunan, serta nilai-nilai kehidupan yang beliau tanamkan menjadi motivasi yang tidak ternilai dan terus menginspirasi penulis dalam menyelesaikan karya ini. Nama dan keteladanan beliau akan senantiasa hidup dalam setiap langkah dan pencapaian penulis. Penulis juga menyampaikan rasa hormat dan terima kasih yang mendalam kepada ibunda

tercinta atas doa, kasih sayang, dan pengorbanan yang tiada henti. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan kesehatan, umur panjang, serta kebahagiaan kepada beliau.

3. Panutanku sekaligus penyemangat dalam setiap langkah, Abdulloh Taufiqi yang senantiasa memberikan doa, dukungan, dan semangat tanpa henti dalam setiap proses penyusunan karya ini. Kehadiran beliau menjadi sumber kekuatan, sehingga penulis mampu melalui berbagai tantangan dengan penuh keyakinan dan kesabaran.
4. Adikku, Dawam Nugraha yang selalu memberikan dukungan bagi penulis.
5. Bapak Syaiful Bahri, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing I, terima kasih atas segala bimbingan, arahan, motivasi, serta berbagai bentuk dukungan yang telah diberikan selama proses penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan dan kesuksesan kepada Bapak.
6. Ibu Dr. Eng. Ni Luh Gede Ratna J., S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembimbing Akademik sekaligus Pembimbing II, terima kasih banyak atas arahan, dukungan, bimbingan, saran, serta kritik selama masa perkuliahan dan penyusunan skripsi ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan dan kesuksesan untuk Ibu.
7. Ibu Dr. Nurhasanah, S.Si., M.Si., selaku Dosen Pembahas, terima kasih banyak atas saran, masukan, nasihat, serta dukungan kepada penulis dalam menyusun skripsi ini. Semoga Allah SWT selalu memberikan keberkahan dan kesuksesan untuk Ibu.
8. Bapak Mulyono, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku dosen pembimbing akademik yang telah membimbing dan mendampingi penulis selama masa studi dengan penuh perhatian dan dukungan.
9. Ibu Dr. Mita Rilyanti, M.Si., selaku Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah membantu dalam segala hal terkait administrasi dan menyetujui laporan skripsi ini.
10. Ibu Dr. Dian Herasari, M.Si. selaku Wakil Ketua Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung.
11. Bapak Dr. Eng. Heri Satria, M.Si. selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Lampung.

12. Bapak dan Ibu dosen Jurusan Kimia FMIPA Universitas Lampung yang telah memberikan nasihat dan ilmu yang sangat bermanfaat selama masa studi.
13. Keluarga besar penulis yang senantiasa memberikan dukungan serta doa, skripsi ini menjadi bukti kecil rasa terima kasih penulis atas segala dukungan dan kasih yang diberikan.
14. Sahabat penelitianku, Nina Nurullita, S.Si., yang selalu setia menemani dalam suka maupun duka sepanjang perjalanan akademik ini. Doa, candaan, serta semangat yang diberikan menjadi penguat di setiap langkah, hingga skripsi ini dapat terselesaikan. Semoga persahabatan yang terjalin dapat menjadi ikatan yang abadi dan penuh keberkahan.
15. Sahabat-sahabat terbaikku ber6, terima kasih sudah selalu ada, saling menguatkan, dan berbagi tawa juga lelah bersama. Semoga kebersamaan ini tetap terjaga, meski nanti kita akan berjalan ke arah yang berbeda.
16. Penulis menyampaikan rasa syukur dan apresiasi kepada diri sendiri yang telah berjuang dengan penuh kesabaran, ketekunan, dan komitmen dalam menyelesaikan skripsi ini. Segala tantangan yang dihadapi sepanjang proses penelitian menjadi pengalaman berharga yang tidak hanya mengasah kemampuan akademik, tetapi juga membentuk kedewasaan berpikir dan bersikap. Semoga capaian ini menjadi pijakan untuk terus berkembang dan berkontribusi dalam bidang ilmu pengetahuan.
17. Terima kasih yang sebesar-besarnya penulis sampaikan kepada teman-teman Kelas A atas kebersamaan, tawa, kerja sama, dan semangat yang kita bagi selama masa perkuliahan.
18. Seluruh teman-teman Kimia Angkatan 2021 atas kebersamaan dan perjuangan yang kita lalui bersama selama masa kuliah ini.
19. Terima kasih kepada semua pihak yang telah terlibat dan mendukung proses penyusunan skripsi ini.
20. Almameter tercinta Universitas Lampung.

Demikian yang dapat penulis sampaikan, penulis menyadari masih terdapat banyak kekurangan serta kesalahan dalam penyusunan skripsi ini. Penulis

berharap skripsi ini mampu dijadikan sebagai referensi yang bermanfaat. Semoga Allah SWT selalu memberkahi kita semua.

Bandar Lampung, 24 Agustus 2025
Penulis,

Azzahra Qurota Aini

DAFTAR ISI

Halaman

DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL	v
DAFTAR GAMBAR	vi
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Manfaat Penelitian.....	4
II. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Pupuk Organik Cair (POC)	5
2.2 Komposisi Produk Pupuk Organik Cair (POC).....	5
2.2.1 Tanaman Obat	6
2.2.2 Minyak Nabati.....	7
2.2.3 Minyak Hewani.....	8
2.2.4 Air Kelapa	8
2.3 Teknik Pengolahan Produk Pupuk Organik Cair (POC)	9
2.4 Isolasi Fungi	9
2.5 Kultivasi	10
2.6 Ekstraksi Senyawa Metabolit	11
2.7 Fungi Patogen <i>Fusarium oxysporum</i>	12
2.8 Fungi Pengendali	13
2.9 Kromatografi	14
2.9.1 Kromatografi Lapis Tipis	14
2.9.2 Kromatografi Kolom.....	16
2.10 Skrining Aktivitas Antifungi	17
2.11 Karakterisasi Struktur Senyawa	18
2.11.1 <i>Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy</i> (LC-MS/MS)	18
2.11.2 <i>Fourier Transform Infrared Spectroscopy</i> (FTIR).....	20
III. METODE PENELITIAN	21
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	21
3.2 Alat dan Bahan	21
3.3 Prosedur Kerja	22

3.3.1	Pembuatan Media <i>Potato Dextrose Agar</i> (PDA)	22
3.3.2	Isolasi Fungi	22
3.3.3	Peremajaan Isolat	23
3.3.4	Identifikasi Isolat Fungi	23
3.3.5	Kultivasi Fungi.....	24
3.3.6	Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Isolat Fungi	24
3.3.7	Uji Kromatografi Lapis Tipis	25
3.3.8	Fraksinasi Kromatografi Kolom	26
3.3.9	Uji Aktivitas Antifungi.....	26
3.3.10	Karakterisasi Senyawa	27
IV.	HASIL DAN PEMBAHASAN	28
4.1	Karakteristik Isolat Fungi dari <i>Soluble Liquid</i>	28
4.2	Produksi Metabolit dari ASL-1	31
4.3	Ekstrak Senyawa Metabolit.....	34
4.4	Kromatografi Lapis Tipis (KLT)	35
4.5	Aktivitas Antifungi Ekstrak Kasar	36
4.6	Fraksi Kromatografi Kolom	38
4.7	Aktivitas Antifungi Terhadap <i>F. Oxysporum</i>	40
4.8	Karakterisasi Senyawa Bioaktif	42
4.8.1	<i>Liquid Chromatography – Mass Spectrometry/Mass Spectrometry</i> (LC MS/MS)	42
4.8.2	<i>Fourier Transform Infrared</i> (FTIR)	46
V.	SIMPULAN DAN SARAN.....	49
5.1	Simpulan.....	49
5.2	Saran.....	49
	DAFTAR PUSTAKA.....	51
	LAMPIRAN.....	56

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Morfologi Makroskopis dan Mikroskopis Isolat Fungi	30
2. Analisis Puncak TIC Sampel ASL-1MPF2.....	43
3. Interpretasi Bilangan Gelombang dengan Gugus Fungsi.....	47

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Metode (a) Cawan Tuang, dan (b) Cawan Gores.....	10
2. <i>Fusarium oxysporum</i>	13
3. SEM Perbesaran 15000x.....	14
4. Hasil KLT Ekstrak Kasar Eluen n-Heksana: Etil Asetat (7:3)	16
5. Skrining Aktivitas Antifungi	18
6. Kromatogram total ion	19
7. Pertumbuhan Isolat Fungi Pada Media PDA dari Hasil Pengenceran Serial: (a) Pengenceran 10^{-3} (b) Pengenceran 10^{-4} dan (c) Pengenceran 10^{-5}	29
8. Pertumbuhan Inokulum Fungi ASL-1 yang Ditumbuhkan pada Media PDB Setelah Inkubasi 7 Hari.	32
9. Kultivasi Isolat Fungi ASL-1 Pada Media (a) Beras (b) Ampas Tebu dan (c) PDB.....	33
10. Ekstrak Kasar Fungi ASL-1 pada Media Kultivasi (a) PDB (b) Beras dan (c) Ampas Tebu	34
11. Hasil Analisis KLT Ekstrak Kasar ASL-1 dengan eluen n Heksana:etil asetat (1:1) (a) Visualisasi UV 254 nm, (b) Pereaksi Serium Sulfat, (c) Pereaksi Dragendorff, (d) Pereaksi Vanilin Sulfat, dan (e) Pereaksi Ninhidrin.	36
12. Grafik Skrining Aktivitas Antifungi Terhadap <i>Fusarium Oxysporum</i>	37

13. Proses Fraksinasi Ekstrak Kasar ASL1-MP Menggunakan Kromatografi Kolom Menghasilkan 6 Fraksi.	38
14. Analisis KLT 6 Fraksi dengan eluen n Heksana:etil asetat (1:1) (a) UV 254 nm, (b) Pereaksi Ninhidrin, (c) Pereaksi Serium, Sulfat, (d) Pereaksi Vanilin Sulfat.	39
15. Uji Aktivitas Antifungi.	41
16. Total Ion Chromatogram (TIC) Sampel ASL1-MPF2.	43
17. Puncak MS Sampel ASL-1MPF2 t_R 9.37 menit.	44
18. Perkiraan Struktur Senyawa t_R 9.37 menit Sampel ASL-1MPF2.	45
19. Struktur Flavylum.	46
20. Spektrum FTIR Sampel ASL-1MPF2.	47

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Patogen tanaman merupakan salah satu faktor utama yang membatasi keberhasilan budidaya berbagai jenis tanaman, baik tanaman pangan, hortikultura, maupun perkebunan. Serangan patogen dapat menyebabkan penurunan hasil panen, baik secara kuantitas maupun kualitas. Secara kuantitas, patogen tanaman mengakibatkan berkurangnya jumlah hasil panen, sedangkan secara kualitas, patogen dapat memengaruhi tampilan fisik dan sifat fisiologis tanaman, seperti perubahan warna, bentuk, dan rasa.

Salah satu patogen tanaman yang bersifat merusak adalah jamur *Fusarium* spp. yaitu patogen tular tanah yang dapat bertahan dalam kondisi dorman hingga 30 tahun sebelum kembali menginfeksi tanaman. Jamur ini menyebabkan penyakit layu *Fusarium* pada berbagai jenis tanaman inang. *Fusarium* spp. termasuk ke dalam famili *Turberculariaceae* karena di alam jamur ini membentuk tubuh buah pembentuk konidium yang disebut *sporodokium*. *Fusarium* spp. menghasilkan tiga tipe spora aseksual yaitu mikrokonidium, makrokonidium dan klamidospora (Sutejo *et al.*, 2008). Salah satu spesies yang memiliki kisaran inang luas adalah *Fusarium oxysporum*. Menurut (Sukmawati *et al.*, 2020) serangan *Fusarium* sp. dapat menyebabkan kerusakan mencapai 90 %. Bahkan, kerusakan pascapanen selama penyimpanan dapat mencapai 15–20%.

Tanaman yang terinfeksi *F. oxysporum* umumnya menunjukkan gejala berupa layu, daun bagian bawah menguning dan mengering, serta jaringan xilem berubah

warna menjadi cokelat. Jika serangan terjadi secara terus-menerus sejak masa transplantasi, maka dapat menyebabkan kematian tanaman secara total sehingga berujung pada gagal panen dan kerugian ekonomi yang besar. Pada komoditas tomat, serangan *F. oxysporum* dapat menyebabkan penurunan produksi hingga 30–40%, bahkan dapat mencapai 80% apabila kondisi lingkungan sangat mendukung perkembangan jamur tersebut (Kadek *et al.*, 2023).

Pengendalian *F. oxysporum* selama ini umumnya menggunakan fungisida kimia. Namun, penggunaan jangka panjang dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, seperti residu berbahaya, resistensi patogen, serta kerusakan ekosistem mikrobiologi tanah (Saleh dan Novia, 2021). Oleh karena itu, diperlukan pendekatan alternatif yang lebih berkelanjutan, salah satunya adalah biokontrol menggunakan mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif. Mikroorganisme ini dapat menghasilkan metabolit sekunder, seperti antibiotik atau senyawa antifungi, yang mampu menghambat pertumbuhan patogen (Windari *et al.*, 2025).

Pupuk Organik Cair (POC) merupakan hasil fermentasi bahan organik seperti sisa tanaman, limbah organik rumah tangga, kotoran hewan, minyak nabati, minyak hewani, dan air kelapa. Selain mengandung unsur hara makro dan mikro, POC juga mengandung mikroorganisme yang dapat berperan sebagai agen pengendali hayati. POC berfungsi ganda, yaitu sebagai penyedia nutrisi dan sebagai biopestisida yang ramah lingkungan (Rahmah *et al.*, 2014). Mikroorganisme yang terdapat dalam POC, seperti *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis*, diketahui mampu mengendalikan patogen jamur seperti *Fusarium* dan *Rhizoctonia*. Mekanisme kerjanya antara lain melalui kompetisi ruang dan nutrisi, produksi senyawa antijamur, serta induksi sistem pertahanan tanaman. (Hidayatullah *et al.*, 2023).

Penelitian sebelumnya oleh Fahira (2024) berhasil mengisolasi bakteri dari produk pupuk cair jenis *Soluble Liquid* (SL) dan mengidentifikasi aktivitas antibakterinya terhadap *Vibrio parahaemolyticus*. Produk SL tersebut disusun dari bahan-bahan organik seperti sampah rumah tangga, tanaman obat, minyak nabati,

minyak hewani, dan air kelapa yang diketahui mengandung mikroorganisme potensial. Temuan ini membuka peluang bahwa produk pupuk cair organik tidak hanya berfungsi sebagai sumber nutrisi bagi tanaman, tetapi juga sebagai reservoir mikroorganisme penghasil senyawa bioaktif.

Berdasarkan potensi tersebut, penelitian ini dilakukan untuk mengeksplorasi kandungan mikroorganisme dalam POC, khususnya fungi yang berpotensi menghasilkan senyawa antifungi. Penelitian ini menggunakan produk POC yang telah dikembangkan oleh Hendri *et al.* (2023), yang terdiri dari bahan organik berupa sampah organik, tanaman obat, minyak nabati, minyak hewani, dan air kelapa. Sampel POC memiliki karakteristik sebagai cairan yang larut dalam air sehingga memungkinkan isolasi mikroorganisme menggunakan metode pengenceran.

Isolat fungi yang diperoleh selanjutnya dikultivasi dan diekstraksi untuk mendapatkan ekstrak kasar yang akan diuji aktivitas antifunginya terhadap *F. oxysporum*. Pengamatan dilakukan terhadap zona hambat menggunakan metode difusi agar. Selanjutnya, pemisahan senyawa aktif dilakukan dengan Kromatografi Lapis Tipis (KLT), fraksinasi menggunakan kromatografi kolom, serta karakterisasi senyawa menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry* (LC-MS/MS).

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka penelitian ini dilakukan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Memperoleh karakteristik morfologi mikroorganisme pada produk pupuk organik cair (POC).
2. Menentukan aktivitas antifungi dari ekstrak isolat fungi pada produk pupuk organik cair terhadap *F. oxysporum*.
3. Mengkarakterisasi senyawa bioaktif hasil isolasi yang berpotensi sebagai pengendali *F. oxysporum*.

1.3 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah wawasan tentang karakteristik mikroorganisme dalam produk pupuk organik cair (POC) yang berpotensi sebagai agen antifungi terhadap *Fusarium oxysporum*. Selain itu, hasil penelitian ini diharapkan dapat mendukung pengembangan POC sebagai biopestisida ramah lingkungan yang berfungsi ganda sebagai penyubur tanah sekaligus pengendali hayati patogen.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Pupuk Organik Cair (POC)

Pupuk Organik Cair (POC) merupakan pupuk yang umumnya berasal dari limbah yang sangat mudah ditemukan dan dibuat, seperti dari tanaman dan atau kotoran hewan yang melalui proses rekayasa. Pupuk organik cair dibuat secara alami yakni dengan proses fermentasi, dimana akan menghasilkan pembusukan dari sisa tanaman maupun kotoran hewan (Rahmah *et al.*, 2014). Pupuk organik cair mengandung unsur hara fosfor, nitrogen, dan kalium yang diperlukan tanaman dan dapat meningkatkan kualitas tanah (Kurniawan *et al.*, 2017). Pupuk organik cair salah satu bahan penting untuk meningkatkan kesuburan tanah dengan aman. Organisme dalam pupuk cair dapat mengubah zat berbahaya menjadi zat yang aman untuk lingkungan sekitar.

2.2 Komposisi Produk Pupuk Organik Cair (POC)

Komposisi yang digunakan dalam larutan biang pada produk pupuk organik cair terdiri dari beberapa bahan alami. Larutan biang dibuat dari rempah tanaman obat, yaitu kunyit, jahe, temulawak, lengkuas, dan daun salam. Selain itu, ditambahkan minyak nabati seperti minyak sawit dan minyak hewani berupa lemak sapi yang telah dipanaskan. Campuran bahan-bahan ini diformulasikan hingga menjadi homogen, sehingga partikel organik dalam cairan *lindi* dapat larut sempurna (Hendri *et al.*, 2023)

2.2.1 Tanaman Obat

Penggunaan pestisida nabati saat ini semakin berkembang dan berfokus pada pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Beberapa jenis tanaman telah terbukti berfungsi sebagai antifungi, karena menghasilkan zat dari metabolisme sekunder yang berperan sebagai mekanisme pertahanan terhadap serangan bakteri, virus, dan jamur. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tumbuhan ini dapat dimanfaatkan sebagai biopestisida, termasuk fungisida atau antibiotik, untuk melindungi atau mengendalikan infeksi jamur. Beberapa tanaman rimpang dari Famili *Zingiberaceae* yang diketahui dapat dijadikan sebagai antifungi dan anti bakteri seperti; jahe, temulawak, kunyit, kencur, dan lengkuas (Ginting *et al.*, 2004).

Kandungan utama kunyit adalah minyak atsiri dan kurkuminoid. Senyawa utama yang terkandung dalam kunyit adalah kurkuminoid atau zat warna, yakni sebesar 2,5 - 6%. Ekstrak kunyit telah banyak dilaporkan berperan sebagai antioksidan, antivirus, antibakteri, antijamur, antikanker, dan memiliki potensi terhadap berbagai penyakit ganas. Menurut penelitian yang dilakukan oleh (Adolph, 2016) ekstrak rimpang kunyit (*Curcuma longa* Linn) efektif sebagai antifungi dalam menghambat pertumbuhan *Colletotrichum capsici*, patogen penyebab penyakit antraknosa pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum* Linn). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kunyit dapat menghambat pertumbuhan *C. capsici* hingga 100% secara *in vitro*. Dengan demikian, kunyit memiliki potensi besar sebagai alternatif fungisida nabati yang ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit pada tanaman.

Rimpang tanaman jahe mengandung 2-3 % minyak atsiri, 20-60% pati, damar, asam organik, asam malat, asam oksalat serta gingerin bahan-bahan ini berkhasiat anti mikroba. Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa jahe dapat bermanfaat sebagai anti jamur, karena adanya senyawa aktif gingerol (zat pedas) terdiri dari shogaol dan zingeron. Penelitian dari Giriraju dan Yunus, (2013) diketahui bahwa efek antifungal minyak atsiri jahe mengalami peningkatan seiring dengan peningkatan konsentrasi minyak atsiri jahe merah yang diberikan.

Minyak atsiri jahe merah memiliki efek antifungal karena mengandung senyawa fenol eugenol, dan senyawa monoterpene.

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Saputra, (2021) ekstrak rimpang jahe dan kunyit berpengaruh dalam menghambat pertumbuhan cendawan *Fusarium* sp. semakin tinggi konsentrasi ekstrak yang digunakan semakin rendah intensitas penyakit. Penurunan intensitas tersebut dikarenakan konsentrasi ekstrak rimpang jahe dan kunyit yang tinggi mengandung senyawa anti cendawan yang cukup banyak. Sehingga semakin banyak senyawa anti cendawan yang diserap menyebabkan pertumbuhan cendawan menjadi terhambat.

2.2.2 Minyak Nabati

Minyak nabati merupakan jenis minyak yang berasal dari tumbuhan. Minyak nabati biasanya terdapat di dalam buah, sayuran, biji, kacang-kacangan, dan akar tanaman. Salah satu penggunaan minyak nabati adalah sebagai bahan baku dalam produksi pupuk organik cair. Minyak nabati yang banyak digunakan antara lain minyak kelapa, minyak kedelai, dan minyak kelapa sawit. Salah satu komponen bioaktif yang terkandung dalam minyak nabati, khususnya minyak kelapa, adalah asam laurat. Pada penelitian Kurniawan *et al.* (2022) pembuatan pupuk organik cair dari limbah cair kelapa sawit dengan campuran molase, ragi dan *effective microorganism* EM4. Diperoleh hasil uji dari kandungan pupuk cair adalah nitrogen 0,14%, fosfor 0,05% dan kalium 0,07%. Kelebihan pupuk organik cair dari limbah cair kelapa sawit adalah mempunyai jumlah kandungan nitrogen, fosfor, kalium dan air lebih banyak, mengandung zat perangsang tumbuh dan mempunyai bau yang khas yang dapat mencegah datangnya berbagai hama tanaman.

2.2.3 Minyak Hewani

Minyak hewani adalah lemak yang diekstrak dari jaringan hewan, seperti sapi, babi, ikan, atau unggas. Minyak hewani kaya akan asam lemak jenuh, seperti asam palmitat dan stearat. Selain itu, minyak hewani juga mengandung asam lemak tak jenuh, seperti asam oleat dan linoleat. Dalam produksi pupuk organik cair, minyak hewani dapat digunakan sebagai pelarut untuk bahan aktif, seperti vitamin A dan vitamin E. Selain itu, minyak hewani juga dapat meningkatkan stabilitas oksidatif produk pupuk organik cair, karena kandungan asam lemak jenuhnya yang lebih tahan terhadap oksidasi (Fahira, 2024).

2.2.4 Air Kelapa

Air kelapa merupakan cairan yang berasal dari buah kelapa. Air kelapa memiliki sejumlah makro dan mikromineral, juga mengandung vitamin, protein (asam amino) meskipun dalam jumlah yang kecil. Air kelapa merupakan bahan baku yang sangat baik untuk pembuatan pupuk cair organik karena air kelapa mengandung hormon auksin dan sitokinin kedua hormon ini penting dalam pertumbuhan dan jumlah daun pada tanaman (Yuniawati *et al.*, 2012). Air kelapa banyak mengandung mineral antara lain natrium (Na), kalsium (Ca), magnesium (Mg), ferum (Fe), cuprum (Cu), posfor (P) dan sulfur (S). Selain kaya mineral, air kelapa juga mengandung gula antara 1,7 gram sampai 2,6 protein; 0,07 hingga 0,55 % dan mengandung berbagai macam vitamin seperti asam sitrat, asam nikotina, asam pantotenat, asam folat, niacin, riboflavin, thiamin (Hidayatullah *et al.*, 2023). Selain itu, kandungan gula alami dalam air kelapa dapat mendukung pertumbuhan mikroorganisme bermanfaat selama proses fermentasi, sehingga meningkatkan efektivitas pupuk.

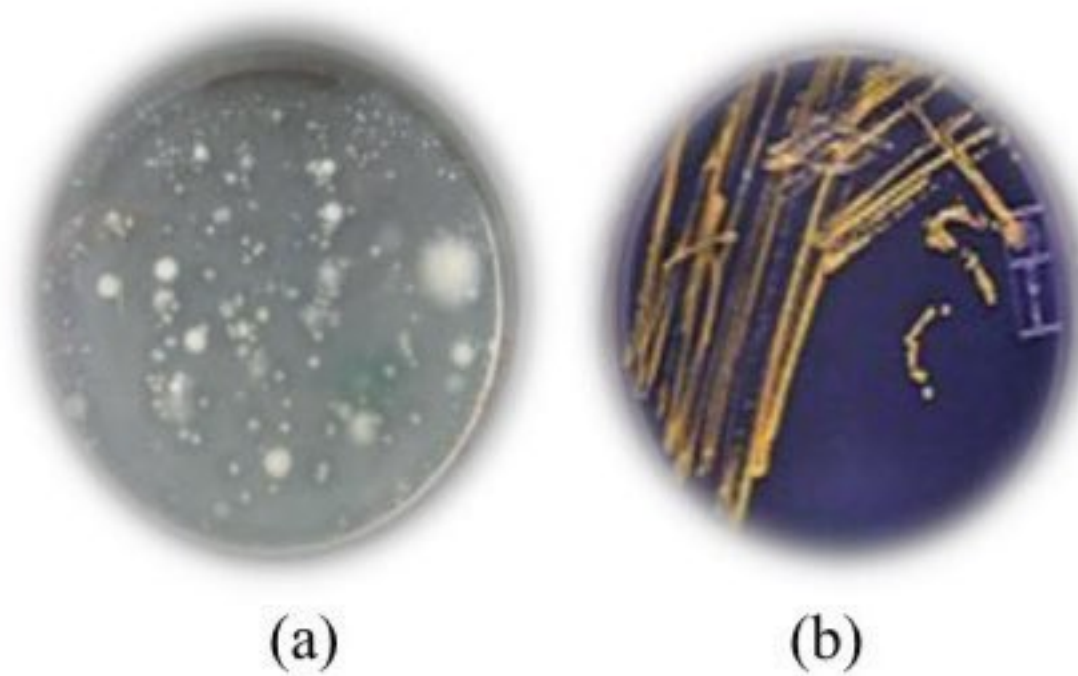
2.3 Teknik Pengolahan Produk Pupuk Organik Cair (POC)

Teknik dalam pengolahan sampah organik menjadi Pupuk Organik Cair (POC) melibatkan proses pencacahan sampah organik menjadi ukuran yang lebih kecil, kemudian sampah tersebut dipress untuk memisahkan cairan (*lindi*) dari ampasnya. Cairan ini kemudian dicampur dengan larutan biang untuk melarutkan partikel organik sehingga menghasilkan pupuk cair yang homogen. Ampas yang tersisa juga dicampur dengan larutan biang untuk dijadikan kompos atau pakan ternak. Keunggulan teknik ini adalah pupuk organik cair yang dihasilkan dapat langsung diaplikasikan pada tanaman tanpa memerlukan proses fermentasi, sehingga lebih cepat siap digunakan (Hendri *et al.*, 2023).

2.4 Isolasi Fungi

Mikroorganisme pada suatu lingkungan alami merupakan populasi campuran dari berbagai jenis, baik mikroorganisme pada tanah, air, udara, makanan, maupun yang terdapat pada tubuh hewan maupun tumbuhan. Pemisahan fungi diperlukan untuk mengetahui jenis, mempelajari kultural, morfologi, fisiologi, dan karakteristik (Sabbathini *et al.*, 2017). Teknik pemisahan tersebut disebut isolasi yang disertai dengan pemurnian. Isolasi yang dilakukan untuk mendapatkan isolat fungi murni yaitu dengan melakukan pengenceran air sampel, kemudian diinokulasikan pada media agar untuk memisahkan koloni tunggal (Anbari *et al.*, 2022).

Prinsip isolasi mikroba adalah memisahkan satu jenis mikroba dari campuran berbagai mikroba. Proses ini dilakukan dengan menumbuhkan mikroba pada media padat, di mana sel-sel mikroba akan membentuk koloni yang tetap di lokasi tersebut. Terdapat beberapa metode untuk mendapatkan biakan murni dari biakan campuran, dan dua metode yang paling umum digunakan adalah metode goresan cawan dan metode tuang cawan yang terdapat pada Gambar 1. Kedua metode ini didasarkan pada prinsip pengenceran untuk mendapatkan spesies individu (Sabbathini *et al.*, 2017).



Gambar 1. Metode (a) Cawan Tuang (Damayanti *et al.*, 2020), dan (b) Cawan Gores (Arini, 2016).

Pada penelitian yang dilakukan oleh Fahira, (2022) isolasi bakteri dari sampel produk pupuk organik cair dilakukan dengan metode cawan sebar (*spread plate*) menggunakan variasi media *Tryptose Soy Agar* (TSA) dan *de Man Rogosa Sharpe Agar* (MRSA) dengan pengenceran berseri hingga pengenceran 10^{-7} .

2.5 Kultivasi

Kultivasi adalah teknik menumbuhkan mikroba hasil seleksi (isolat) mikroba dalam medium 1 kultur yaitu 1 biakan buatan di luar habitat alami. Kondisi media kultivasi harus sesuai dengan habitat aslinya sehingga isolat yang dibiakkan dapat berkembang secara baik. Pada saat kondisi media kultivasi sesuai dengan habitat aslinya, maka pertumbuhan dan reproduksi fungi dapat diamati dan diukur (Carlina *et al.*, 2020).

Solid state fermentation (SSF), yaitu teknik fermentasi yang memanfaatkan substrat padat sebagai media tumbuh tanpa kehadiran air bebas. SSF dinilai efektif untuk fungi filamentous karena menyerupai kondisi alami mereka yang tumbuh pada bahan organik padat. Substrat seperti beras dan ampas tebu sering digunakan karena mengandung nutrisi kompleks yang dapat merangsang produksi metabolit sekunder (Indriani *et al.*, 2015). Media padat seperti beras dan ampas tebu terbukti mendukung pertumbuhan morfologis fungi karena menyediakan permukaan dan nutrisi yang menyerupai habitat alami fungi. Beras mengandung pati sebagai sumber karbon utama, sedangkan ampas tebu memiliki kandungan lignoselulosa

yang mendukung aktivitas enzimatis fungi (Umasaravanan *et al.*, 2011). Dalam sistem fermentasi padat, kondisi ini meningkatkan produksi metabolit sekunder yang tidak dihasilkan dalam sistem cair.

Metode *submerged fermentation* (SmF) menggunakan medium cair yang memungkinkan pertumbuhan mikroba dalam kondisi terendam. SmF banyak digunakan untuk produksi senyawa bioaktif secara terkontrol dan efisien, terutama dalam skala laboratorium maupun industri (Maftukhah, 2020). Media cair yang umum digunakan dalam SmF adalah *Potato Dextrose Broth (PDB)*, yang mengandung air rebusan kentang sebagai sumber nutrisi kompleks dan glukosa sebagai sumber karbon yang mudah diserap. Medium ini sangat cocok untuk mendukung pertumbuhan fungi dan produksi senyawa metabolit sekunder karena kandungan zat gizinya yang mendekati kondisi alami (Indriani *et al.*, 2015).

2.6 Ekstraksi Senyawa Metabolit

Ekstraksi adalah suatu proses pemisahan senyawa dari campurannya dengan menggunakan pelarut tertentu. Proses ini bertujuan untuk memisahkan komponen yang diinginkan berdasarkan perbedaan kelarutannya dalam dua fase cair yang tidak saling larut, biasanya terdiri dari pelarut polar (seperti air) dan pelarut non-polar (seperti etanol atau n-heksan) (Ahlan Sangkal *et al.*, 2020). Ekstraksi menggunakan etil asetat adalah metode yang umum digunakan dalam pemisahan senyawa dari bahan alami. Etil asetat ($\text{CH}_3\text{COOCH}_2\text{CH}_3$) adalah pelarut organik yang bersifat semi-polar, sehingga efektif untuk mengekstrak senyawa-senyawa dengan polaritas yang bervariasi (Marhadianti *et al.*, 2019).

Pada penelitian ini dilakukan metode ekstraksi partisi menggunakan pelarut etil asetat yang mengacu pada penelitian (Fahira, 2024). Metode ini merupakan pilihan yang tepat karena memiliki kelarutan yang optimal untuk senyawa organik, mudah digunakan, serta memiliki kemampuan pemisahan yang efisien, sehingga mampu memisahkan beragam senyawa metabolit sekunder dari sampel yang kompleks.

2.7 Fungi Patogen *Fusarium oxysporum*

Fusarium oxysporum adalah salah satu patogen tular tanah yang paling merusak wilayah tanaman di seluruh dunia. *Fusarium oxysporum* memiliki bentuk spora yang khas, dengan makrokonidia yang menyerupai sabit seperti yang ditunjukkan pada Gambar 2. Patogen ini memiliki jangkauan luas dalam hal tanaman inang dan tersebar di berbagai zona iklim subtropis dan tropis. *F. oxysporum* dikelompokkan ke dalam forma spesialis berdasarkan jenis tanaman inang yang bisa diinfeksi. Beberapa forma spesialis ini selanjutnya dibagi menjadi ras fisiologi yang berbeda, tergantung pada tingkat virulensi terhadap berbagai kultivar inang. (Sri Hartati *et al.*, 2016). Saat ini, dilaporkan bahwa forma spesialis jamur telah mencapai sekitar 150, atau telah menginfeksi hampir 150 spesies tanaman (Satyanarayana *et al.*, 2017).

Menurut Nugraheni, (2010), fungi *F. oxysporum* memiliki 3 alat reproduksi, yaitu mikrokonidia (terdiri dari 1 – 2 sel), makrokonidia (3 – 5 septa), dan kladospora. Fungi *Fusarium oxysporum* hidup sebagai parasit dan saprofit pada bagian pembuluh tanaman, sehingga tanaman menjadi mati karena toksik. Fungi menginfeksi akar terutama melalui luka, menetap dan berkembang di berkas pembuluh. Setelah jaringan pembuluh mati dan keadaan udara lembab, fungi membentuk spora yang berwarna putih keunguan pada akar yang terinfeksi. Penyebaran spora dapat terjadi melalui angin, air pengairan dan alat pertanian (Metboki1 *et al.*, 1960). Menurut (Khan *et al.*, 2021), klasifikasi *Fusarium oxysporum* sebagai berikut :

Kingdom : Fungi

Divisio: Eumycota

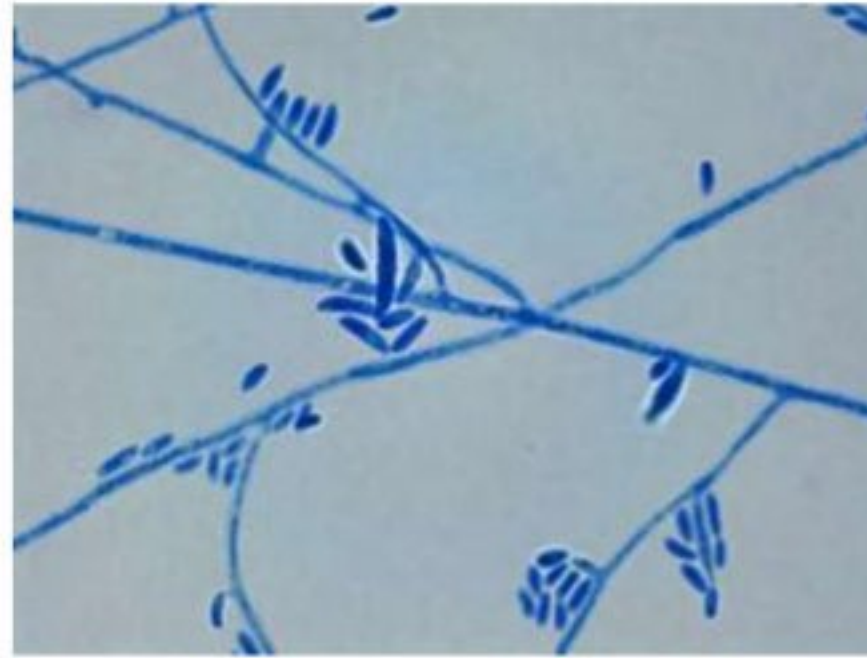
Classis : Deuteromycetes

Ordo : Moniliales

Family : Teberculariaceae

Genus: *Fusarium*

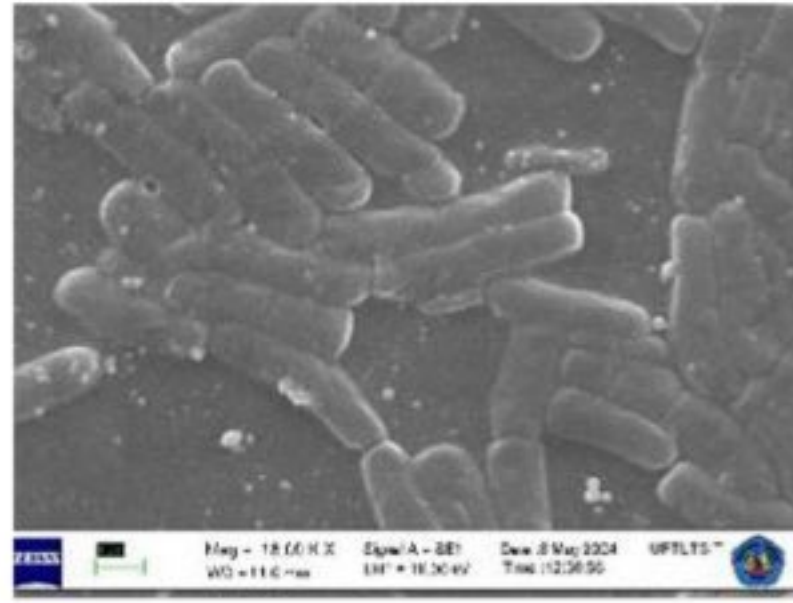
Species : *Fusarium oxysporum*



Gambar 2. *Fusarium oxysporum* (Yuniarti, 2010).

2.8 Fungi Pengendali

Pengendalian hayati merupakan alternatif atau pelengkap yang efektif dan berkelanjutan untuk pestisida konvensional dalam pengelolaan penyakit tanaman akibat jamur dan bakteri. Agen pengendali hayati fungi menggunakan berbagai macam mekanisme untuk melindungi tanaman dari infeksi patogen. Salah satu contoh pemanfaatan mikroorganisme sebagai agen pengendali hayati dapat ditemukan dalam penelitian yang dilakukan Fahira (2024), penelitian tersebut mengkaji potensi bakteri asam laktat sebagai agen pengendali hayati terhadap patogen tanaman. Berdasarkan hasil pengamatan mikroskopis yang didukung dengan penggunaan mikroskop elektron pemindai (SEM) pada perbesaran 15.000x, diperoleh data visual mengenai morfologi isolat bakteri YSL-1 yang berbentuk batang. Hasil ini menunjukkan bahwa isolat tersebut diduga merupakan anggota genus *Lactobacillus sp.* yang diketahui memiliki kemampuan dalam menghasilkan senyawa antimikroba serta bersifat antagonis terhadap patogen tertentu. Dengan demikian, temuan ini memperkuat potensi pemanfaatan bakteri asam laktat sebagai bagian dari strategi pengendalian hayati yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.



Gambar 3. SEM Perbesaran 15000x (Fahira, 2024).

2.9 Kromatografi

Kromatografi adalah metode pemisahan kimia berdasarkan perbedaan distribusi zat dalam fase padat dan fase gerak. Tujuan kromatografi biasanya untuk memisahkan senyawa-senyawa dalam suatu campuran. Pemisahan dengan kromatografi dapat dilakukan dengan mudah dan cepat hanya dengan menggunakan peralatan yang relatif sederhana (Fasya *et al.*, 2018). Berdasarkan jenis fase gerak dan mekanisme pemisahannya, kromatografi dapat dibagi menjadi beberapa jenis. Jika dilihat dari fase geraknya, ada kromatografi cair, kromatografi gas, kromatografi adsorpsi, dan kromatografi partisi. Berdasarkan mekanisme pemisahannya, terdapat kromatografi pertukaran ion dan kromatografi gel. Sedangkan berdasarkan fase diamnya, kromatografi meliputi kromatografi kolom, kromatografi lapis tipis, dan kromatografi kertas.

2.9.1 Kromatografi Lapis Tipis

Kromatografi Lapis Tipis (KLT) merupakan salah satu teknik pemisahan senyawa yang umum digunakan dalam analisis kualitatif senyawa kimia, khususnya senyawa metabolit sekunder dalam sampel alami. Prinsip kerja KLT didasarkan pada perbedaan afinitas senyawa terhadap dua fase, yaitu fase diam dan fase gerak. Fase diam berupa plat kaca, plastik, atau aluminium yang dilapisi bahan adsorben seperti silika gel, aluminium oksida (alumina), atau selulosa, sedangkan

fase gerak merupakan pelarut atau campuran pelarut yang bersifat cair. Senyawa yang memiliki interaksi lebih kuat dengan fase diam akan tertahan dan bergerak lebih lambat, sedangkan senyawa yang lebih larut dalam fase gerak akan bergerak lebih cepat, menghasilkan pola pemisahan yang spesifik. Jarak relatif pergerakan senyawa ini dinyatakan dalam bentuk nilai *Retardation factor* (R_f), yaitu perbandingan antara jarak yang ditempuh senyawa dari titik awal dengan jarak tempuh pelarut dari titik awal (Harborne, 1984).

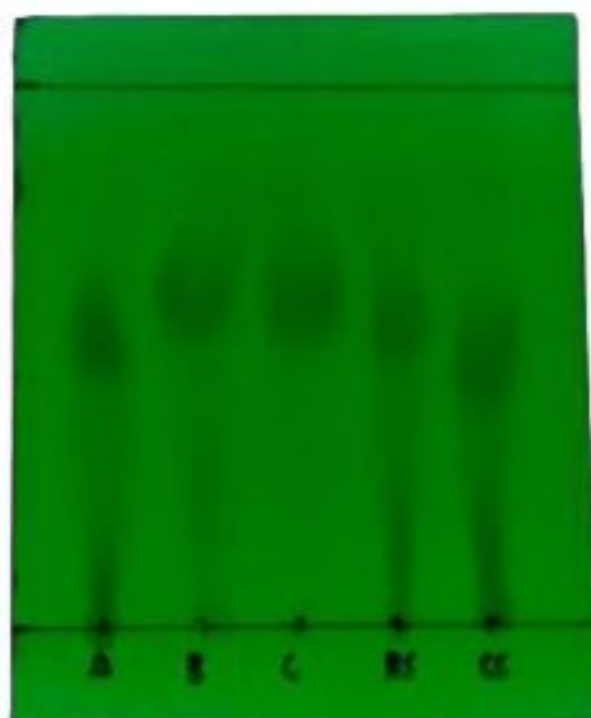
Nilai R_f (*retardation factor*) digunakan untuk mengukur seberapa jauh suatu senyawa bergerak dibandingkan dengan pelarut. Nilai ini dihitung menggunakan rumus

$$R_f = \frac{\text{Jarak tempuh senyawa (cm)}}{\text{Jarak tempuh pelarut (cm)}}$$

Nilai R_f bersifat relatif dan tergantung pada jenis fasa diam, fasa gerak, suhu, serta polaritas senyawa. Oleh karena itu, identifikasi senyawa tidak dapat hanya bergantung pada R_f , melainkan perlu dikombinasikan dengan uji pendukung lain (Gould and Hall, 2005).

Penggunaan KLT dalam penelitian ini tidak hanya bertujuan untuk memisahkan senyawa, tetapi juga untuk mengevaluasi kesesuaian sistem eluen terhadap komponen kimia dalam ekstrak. Berdasarkan penelitian Fahira (2024), pengelusan dilakukan menggunakan campuran pelarut n-heksana:etil asetat dengan perbandingan 7:3, diaplikasikan pada plat KLT aluminium yang dilapisi silika gel sebagai fase diam. Pemilihan pelarut ini didasarkan pada kemampuannya memisahkan senyawa non-polar hingga semi-polar. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa spot yang terbentuk pada ekstrak YSL-1 hingga YSL-3S tersebar sepanjang plat dengan rentang nilai R_f dari 0 hingga 1, yang menunjukkan keberadaan senyawa dengan tingkat polaritas beragam, namun didominasi oleh senyawa non-polar. Hal ini mengindikasikan bahwa sebagian besar senyawa dalam ekstrak memiliki kelarutan yang tinggi dalam n-heksana, pelarut non-polar dominan dalam sistem eluen tersebut. Senyawa-senyawa yang muncul sebagai noda pada plat KLT kemungkinan besar merupakan kelompok

metabolit sekunder seperti terpenoid, steroid, atau senyawa aromatik lain yang bersifat non-polar (Fahira 2024).



Gambar 4. Hasil KLT Ekstrak Kasar Eluen n-Heksana: Etil Asetat (7:3) (Fahira, 2025).

2.9.2 Kromatografi Kolom

Kromatografi kolom adalah teknik pemisahan senyawa kimia berdasarkan perbedaan polaritas dan afinitasnya terhadap dua fasa, yaitu fasa diam dan fasa gerak. Dalam metode ini, fasa diam berupa bahan padat seperti silika gel atau alumina yang dimasukkan ke dalam kolom kaca atau plastik, sedangkan fasa gerak berupa pelarut atau campuran pelarut yang dialirkan secara kontinu melalui kolom tersebut (Skoog *et al.*, 2014). Senyawa dalam campuran sampel akan melewati kolom dan terpisah berdasarkan interaksinya dengan fasa diam dan kecepatan larutannya dalam fasa gerak. Senyawa yang lebih polar akan tertahan lebih lama dalam kolom, sedangkan senyawa yang kurang polar akan keluar terlebih dahulu. Proses ini menghasilkan fraksi-fraksi terpisah yang dapat dikumpulkan untuk analisis lebih lanjut (Meyers, 2000). Kromatografi kolom banyak digunakan dalam pemurnian senyawa hasil sintesis atau isolasi dari ekstrak alami, seperti metabolit sekunder dari tanaman atau mikroba. Metode ini sangat berguna dalam skala preparatif karena mampu memisahkan dalam jumlah besar dan mempertahankan struktur senyawa target.

Kromatografi kolom merupakan metode pemisahan preparatif yang dapat menghasilkan isolat dalam jumlah yang cukup besar. Efisiensi pemisahan menggunakan kromatografi kolom dipengaruhi oleh adsorben, eluen, diameter kolom dan laju alir. Adsorben berperan penting sebagai fase diam dari suatu kolom kromatografi sebagaimana pengaruhnya dalam efisiensi pemisahan yang berkaitan dengan teori plate dan teori kelajuan. Pemisahan yang efisien menggunakan kromatografi kolom dapat dilakukan salah satunya dengan cara memperkecil jumlah sampel dalam proses elusi serta memperpanjang kolom (adsorben). Ukuran diameter kolom dapat mempengaruhi keefisienan pemisahan dalam kolom, dimana semakin tinggi fase diam yang dihasilkan maka semakin baik hasil pemisahannya. Efisiensi pemisahan dapat diketahui dengan nilai resolusi. Nilai resolusi yang tinggi menunjukkan kesempurnaan keterpisahan antar senyawa dalam campuran (Fasya *et al.*, 2018).

2.10 Skrining Aktivitas Antifungi

Skrining aktivitas antifungi secara *in vitro* umumnya dilakukan menggunakan metode difusi agar cakram (*disk diffusion method*), yang bertujuan untuk mengevaluasi kemampuan suatu senyawa atau ekstrak dalam menghambat pertumbuhan jamur patogen. Metode ini dilakukan dengan menanamkan inokulum jamur target, seperti *Fusarium sp.* atau *Candida albicans*, secara merata pada permukaan medium agar (biasanya *Potato Dextrose Agar* atau *Sabouraud Dextrose Agar*), kemudian meletakkan cakram kertas steril yang telah diimpregnasi dengan larutan uji pada permukaan agar tersebut. Setelah proses inkubasi pada suhu dan waktu tertentu, aktivitas antifungi diamati melalui terbentuknya zona bening di sekitar cakram, yang dikenal sebagai zona hambat yang dapat dilihat pada Gambar 5. Besarnya diameter zona hambat mencerminkan potensi antifungi dari senyawa yang diuji; semakin besar zona hambat, maka semakin kuat aktivitas antifungi senyawa tersebut (Balouiri *et al.*, 2016). Metode ini memiliki keunggulan karena prosedurnya sederhana dan dapat digunakan untuk uji pendahuluan terhadap banyak sampel secara bersamaan. Namun

demikian, hasilnya bersifat semi-kuantitatif dan dipengaruhi oleh difusibilitas senyawa, ukuran molekul, serta konsentrasi zat uji.



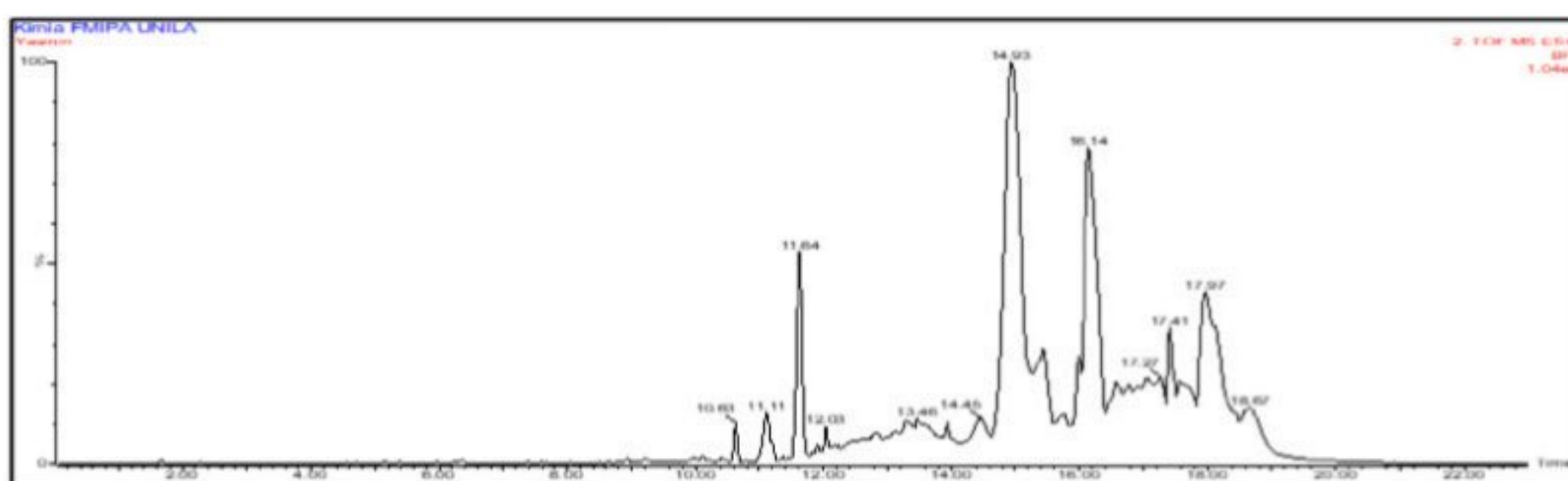
Gambar 5. Skrining Aktivitas Antifungi (Octaviani *et al.*, 2019).

2.11 Karakterisasi Struktur Senyawa

2.11.1 *Liquid Chromatography-Mass Spectroscopy* (LC-MS/MS)

Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS) merupakan teknik analisis instrumental yang menggabungkan keunggulan pemisahan senyawa oleh kromatografi cair (LC) dan kemampuan identifikasi molekul oleh spektrometri massa (MS). Prinsip kerjanya dimulai dengan pemisahan senyawa dalam campuran sampel menggunakan kolom kromatografi yang berisi fase diam, sementara fase gerak (eluen) mengalir membawa senyawa melalui kolom. Pemisahan ini didasarkan pada perbedaan polaritas, ukuran molekul, atau afinitas senyawa terhadap fase diam. Senyawa-senyawa yang telah terelusi dari kolom selanjutnya masuk ke detektor MS melalui suatu antarmuka (interface), yang umumnya menggunakan sistem ionisasi seperti *Electrospray Ionization* (ESI) atau *Atmospheric Pressure Chemical Ionization* (APCI) (Gross, 2011). Proses ionisasi ini mengubah molekul netral menjadi ion bermuatan yang kemudian dipisahkan berdasarkan rasio massa terhadap muatan (m/z) menggunakan *analyzer*, seperti *quadrupole*, *time-of-flight* (TOF), atau *orbitrap*. (Mangurana *et al.*, 2019).

Data yang dihasilkan berupa spektrum massa, yang menunjukkan intensitas relatif dari ion-ion bermuatan pada nilai m/z tertentu. Selain itu, sistem LC-MS juga menghasilkan kromatogram total ion (*Total Ion Chromatogram*, TIC) seperti yang ditunjukkan pada Gambar 6, yaitu grafik yang menunjukkan intensitas sinyal ion total terhadap waktu retensi. Setiap puncak pada kromatogram menunjukkan keberadaan suatu senyawa yang terdeteksi pada waktu tertentu, dan informasi spektrum massa dari puncak tersebut dapat digunakan untuk identifikasi struktur kimianya. Proses akuisisi dan interpretasi data ini dilakukan dengan bantuan perangkat lunak analisis, yang memungkinkan pengguna untuk menelusuri puncak-puncak kromatogram, menentukan nilai m/z dari ion utama, serta membandingkan data dengan database senyawa atau pustaka spektrum yang telah tersedia (Domon and Aebersold, 2006).



Gambar 6. Kromatogram total ion (Fahira, 2024).

Identifikasi komponen senyawa ini menggunakan *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS) yang dapat digunakan secara luas dalam bidang ilmu kimia, biologi, dan farmasi untuk mengidentifikasi dan mengukur senyawa-senyawa kimia kompleks. LC-MS menggabungkan dua teknik yaitu kromatografi cair (LC) yang memisahkan campuran senyawa dan spektrometri massa (MS) yang mengidentifikasi dan mengukur massa molekul senyawa tersebut (Olivares, 2019). Penggunaan LC-MS dipilih karena teknik ini memberikan data yang dapat memberikan informasi mengenai analisis fisika maupun analisis kimia, antara lain informasi tentang m/z (berat molekul) dari senyawa yang teridentifikasi (Saibaba *et al.*, 2016).

2.11.2 *Fourier Transform Infrared Spectroscopy (FTIR)*

Spektroskopi FTIR (*Fourier Transform Infra Red*) atau spektroskopi inframerah adalah suatu metode analisis berdasarkan pada prinsip interaksi suatu senyawa kimia dengan radiasi elektromagnetik yang akan menghasilkan suatu getaran (vibrasi) dari suatu ikatan kimia poliatomik atau gugus fungsional senyawa kimia. Teknik ini disebut juga dengan spektroskopi vibrasional (Moros *et al.*, 2010). Spektroskopi FTIR memiliki kemampuan yang cepat dalam menganalisis, bersifat tidak merusak dan hanya dibutuhkan preparasi sampel yang sederhana (Vlachos, *et al.*, 2006).

Spektrofotometer FTIR didasarkan pada adanya interferensi radiasi antara 2 berkas sinar untuk menghasilkan suatu interferogram. Interferogram merupakan sinyal yang dihasilkan sebagai fungsi perubahan *pathlength* antara 2 berkas sinar. Dua domain (jarak dan frekuensi) dapat ditukarbalikkan dengan metode matematis yang disebut dengan transformasi fourier (Stuart, 2004).

Terdapat 3 jenis spektroskopi vibrasional yang diaplikasikan luas dalam bidang farmasi yaitu spektroskopi inframerah dekat (*near infrared*), spektroskopi inframerah tengah (*mid infrared*), dan spektroskopi Raman. Daerah yang penting untuk analisis kualitatif sistem organik adalah IR tengah, karena banyak ditemukan vibrasi dasar. Daerah spektra Raman adalah sama dengan IR tengah. Pada daerah IR dekat umumnya digunakan konfirmasi struktur kimia, dan pada IR jauh penggunaannya sangat terbatas (Rohman, 2014).

III. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilakukan di Unit Pelayanan Akademik Laboratorium Terpadu dan Sentra Inovasi Teknologi (UPA LTSIT) Universitas Lampung pada bulan Oktober 2024 - Mei 2025. Analisis instrumen *Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry* (LC-MS/MS) dilakukan di Pusat Laboratorium Forensik Badan Reserse Kriminal POLRI, Bogor., dan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) di Laboratorium Kimia FMIPA LTSIT Universitas Negeri Padang.

3.2 Alat dan Bahan

Alat-alat yang digunakan pada penelitian ini adalah alat-alat gelas diantaranya alat pelindung diri (jas laboratorium, sarung tangan, dan masker), Erlenmeyer, pipet tetes, tabung reaksi, gelas ukur, gelas beaker, kaca preparate, *coverslip*, cawan petri, batang pengaduk, mikropipet 10 μ L dan 1000 μ L, tip mikropipet, pinset, gunting, kapas, tisu, korek api, *cutter*, jarum ose, oven, plastik tahan panas, cakram steril, lampu spiritus, hot plate, spatula, labu evap, autoklaf Tomy SX-700, neraca analitik Wigen Houser, *alumunium foil*, *laminar air flow* (LAF) ESCO/AVC4A1, mikroskop Axio Zeiss A1, *rotary evaporator* Buchi/R210, seperangkat Kromatografi Lapis Tipis (KLT), lampu UV λ 254 nm, instrumen *Liquid Chromatography Mass Spectrometer* (LCMS/MS) ACQUITY UPLC® *H-Class System* (Waters, Beverly, MA, USA), dan instrumen *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR) PerkinElmer Frontier Optica FTIR (FTIR-00-0515).

Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah beras, ampas tebu, PDA (*Potato Dextrose Agar*), PDB (*Potato Dextrose Broth*), Pupuk Organik Cair (POC) deposit UPA-LTSIT Universitas Lampung, alkohol 70 % (OneLab™), akuades, *agar plain*, silika gel, etil asetat *pro analysis* (EtOAc) (Merck™), n-heksana *pro analysis* (Merck™), *plastic wrap*, dimetil sulfoksida (DMSO) (Merck™), ketokonazol, pereaksi *Dragendorff*, pereaksi ninhidrin, pereaksi serum sulfat, dan pereaksi vanillin sulfat.

3.3 Prosedur Kerja

Adapun prosedur kerja yang dilakukan dalam penelitian ini sebagai berikut, , dengan diagram alir proses penelitian tercantum pada lampiran.

3.3.1 Pembuatan Media *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Serbuk *agar plain* sebanyak 2 g dan glukosa 2 g dilarutkan menggunakan 100 mL akuades dengan campuran potongan kentang sebanyak 20 g yang telah dipanaskan di atas hotplate sampai media larut sempurna, kemudian media dimasukkan ke dalam erlenmeyer dan ditutup kapas sumbat. Selanjutnya disterilkan dalam autoklaf pada suhu 121°C selama 15 hingga 20 menit. Media dituangkan ke dalam cawan petri masing-masing sebanyak 25 mL dan dibiarkan memadat.

3.3.2 Isolasi Fungi

Sampel produk pupuk organik cair (POC) ditimbang sebanyak 1 g dan dilarutkan dalam 50 ml akuades. 1 mL sampel dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 mL akuades, dan diperoleh pengenceran 10^{-1} . Selanjutnya diambil 1 mL menggunakan mikro pipet dan dimasukkan ke dalam 9 mL akuades dan diperoleh

pengenceran 10^{-2} . Demikian selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat hingga pengenceran 10^{-5} . Pada pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} suspensi diambil sebanyak 1 mL untuk metode *spread plate* untuk selanjutnya dilakukan penanaman fungi ke dalam cawan dengan media PDA, kemudian diinkubasi selama 24 jam dan diamati pertumbuhan koloninya (Saini *et al.*, 2016).

3.3.3 Peremajaan Isolat

Peremajaan isolat dilakukan melalui metode penggoresan kembali pada media *Potato Dextrose Agar* (PDA). Penggoresan dilakukan dengan metode *Streak Plate* yaitu dengan membagi 3 cawan petri dan menggoreskan ose steril yang telah disiapkan pada sumber isolat, kemudian ose tersebut digoreskan pada cawan petri berisi media PDA. Prosedur ini dilakukan beberapa kali untuk membuat garis-garis horizontal di setiap cawan yang berisi media PDA dan dipanen setelah diinkubasi selama 2-5 hari.

3.3.4 Identifikasi Isolat Fungi

Identifikasi dari fungi endofit dilakukan dengan mengamati morfologinya baik secara makroskopik maupun mikroskopik. Pengamatan makroskopik dilakukan dengan mengamati warna koloni, bentuk koloni, margin (tepi koloni), permukaan koloni (granular, seperti tepung, menggunung, licin), diameter pertumbuhan koloni jamur, dan lingkaran-lingkaran konsentris (Suhartina *et al.*, 2018).

Isolat yang telah diremajakan kemudian diidentifikasi secara mikroskopis menggunakan teknik *slide culture* dengan *coverslip*. *Coverslip* ditempatkan pada media PDA dengan posisi miring sekitar 45° , kemudian isolat fungi digores berdekatan dengan *coverslip* dan diinkubasi selama 3-4 hari. Pertumbuhan fungi yang menempel pada permukaan *coverslip* diambil, diletakkan di atas kaca objek,

dan diberikan *methylene blue* untuk diamati menggunakan mikroskop Axio Zeiss A1 pada perbesaran 100x dan 400x.

3.3.5 Kultivasi Fungi

Proses kultivasi dilakukan menggunakan dua metode, yaitu fermentasi padat *solid state fermentation* (SSF) dan fermentasi cair *submerged fermentation* (SmF), untuk mendukung pertumbuhan isolat fungi serta produksi senyawa metabolit sekunder. Pada metode SSF, medium yang digunakan adalah *Potato Dextrose Broth* (PDB) yang disiapkan dari 30 g kentang segar yang direbus dalam 150 mL akuades selama ± 30 menit, kemudian disaring. Filtrat yang diperoleh ditambahkan dengan 3 g glukosa dan 3 g agar, lalu disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit. Setelah media dingin, isolat fungi diinokulasikan secara aseptik dan diinkubasi selama 14 hari pada suhu ruang.

Pada metode SmF, masing-masing substrat berupa 100 g beras dan 100 g ampas tebu dibersihkan menggunakan akuades sebanyak 3 kali pencucian dan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer 500 mL, lalu ditambahkan akuades secukupnya sampai kondisi media lembab. Campuran tersebut kemudian disterilisasi langsung menggunakan autoklaf pada suhu 121 °C selama 15 menit tanpa perebusan terlebih dahulu. Setelah dingin, media diinokulasikan dengan isolat fungi dan diinkubasi selama 14 hari. Penggunaan kedua jenis media ini dimaksudkan untuk membandingkan efektivitas masing-masing substrat dalam mendukung pertumbuhan fungi dan produksi senyawa bioaktif.

3.3.6 Ekstraksi Senyawa Metabolit Sekunder Isolat Fungi

Hasil kultivasi isolat sampel diekstraksi menggunakan pelarut Etil Asetat (EtOAc). Hasil kultivasi dimaserasi dengan pelarut EtOAc dengan perbandingan 1:1. Selanjutnya, pemisahan ekstrak dari medium kultur menggunakan corong

pisah, kemudian pelarut diuapkan dengan *rotary evaporator*, sehingga didapatkan ekstrak kental etil asetat. Ekstrak yang dihasilkan dipisahkan filtrat dan garamnya. Filtrat dari ekstrak kasar EtOAc digunakan untuk uji skrining bioaktivitas untuk mengetahui keaktifan dari sampel.

3.3.7 Uji Kromatografi Lapis Tipis

Pemisahan senyawa dilakukan menggunakan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT) untuk mengidentifikasi pola kromatogram dan menentukan eluen yang paling efektif dalam memisahkan komponen senyawa pada sampel. Proses pemisahan dilakukan menggunakan chamber kromatografi berukuran kecil dengan sistem eluen berupa campuran etil asetat:n-heksana (1:1 v/v). Sampel ditotolkan pada bagian bawah plat pada jarak $\pm 1,5$ cm dari tepi, lalu plat dimasukkan secara vertikal ke dalam chamber yang telah dijenuhkan dengan uap pelarut. Setelah pelarut bergerak mencapai batas atas plat, plat dikeluarkan dan dikeringkan pada suhu ruang. Pengamatan awal dilakukan di bawah sinar *ultraviolet* (UV) pada panjang gelombang 246 nm untuk mendeteksi keberadaan senyawa aromatik atau konjugat. Selanjutnya, plat disemprotkan secara merata dengan pereaksi semprot seperti *Dragendorff* untuk mendeteksi senyawa alkaloid, vanilin sulfat untuk mendeteksi senyawa fenol atau terpenoid, serium sulfat untuk senyawa tak jenuh dan terpenoid, serta ninhidrin untuk senyawa yang mengandung gugus amino primer. Setelah penyemprotan, plat dipanaskan pada suhu 110 °C selama beberapa menit untuk memunculkan warna noda. Setiap warna noda yang terbentuk dicatat, dan nilai *R_f* dihitung dengan mengukur jarak tempuh noda dibandingkan dengan jarak tempuh pelarut. Eluen dinilai efektif apabila mampu menghasilkan banyak noda dengan pola pemisahan yang jelas dan nilai *R_f* yang bervariasi.

3.3.8 Fraksinasi Kromatografi Kolom

Ekstrak kasar dari isolat unggul hasil kultur skala besar dipisahkan menggunakan metode Kromatografi Lapis Tipis (KLT). Fraksinasi dilakukan menggunakan kromatografi kolom terbuka dengan fase diam berupa silika gel (SiO_2) yang telah diaktivasi dan dihidrasi dengan pelarut n-heksana. Proses elusi dilakukan menggunakan pelarut etil asetat:n-heksana dengan perbandingan 1:1 (v/v) untuk memperoleh fraksi-fraksi terpisah. Setiap fraksi yang dihasilkan dianalisis kembali dengan metode KLT menggunakan eluen yang sama untuk melihat pola pemisahan dan keberadaan senyawa bioaktif. Selanjutnya, masing-masing fraksi diuji aktivitas antifunginya terhadap *Fusarium oxysporum* untuk mengidentifikasi fraksi yang paling aktif. Fraksi dengan aktivitas antifungi tertinggi kemudian dilakukan karakterisasi senyawa menggunakan *Fourier Transform Infrared Spectroscopy* (FTIR) dan *Liquid Chromatography Tandem Mass Spectrometry* (LC-MS/MS).

3.3.9 Uji Aktivitas Antifungi

Uji aktivitas antifungi dilakukan menggunakan metode difusi agar dengan cakram sebagai media pembawa sampel. Medium Potato Dextrose Agar (PDA) yang telah dicairkan dan disterilisasi dituangkan ke dalam cawan petri steril, kemudian diinokulasikan dengan suspensi spora *Fusarium oxysporum* secara merata pada permukaan media. Setelah media mengeras, cakram kertas steril berdiameter ± 6 mm yang telah direndam dalam ekstrak isolat fungi diletakkan secara aseptik di atas permukaan media. Cakram kontrol negatif menggunakan pelarut DMSO 1%, sedangkan kontrol positif menggunakan ketokenazol. Seluruh cawan diinkubasi pada suhu ruang selama 3–5 hari, kemudian dilakukan pengamatan terhadap zona hambat yang terbentuk di sekitar cakram untuk menilai aktivitas antifungi dari masing-masing ekstrak yang diuji.

3.3.10 Karakterisasi Senyawa

Sampel dengan aktivitas dan kemurnian yang tinggi yang memiliki kemampuan menghambat pada jamur *Fusarium oxysporum* selanjutnya dianalisis menggunakan instrumen *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS) dan *Fourier Transform Infrared Spectrometry* (FTIR).

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, diperoleh simpulan sebagai berikut:

1. Isolat fungi yang diperoleh dari produk pupuk cair organik bertipe *Soluble Liquid* berhasil diidentifikasi sebagai genus *Aspergillus* berdasarkan karakter morfologis.
2. Hasil kultivasi menggunakan media PDB, beras, dan ampas tebu menunjukkan bahwa media PDB menghasilkan ekstrak dengan aktivitas antifungi tertinggi terhadap *F. oxysporum*, ditunjukkan oleh zona hambat yang paling lebar. Dari ekstrak tersebut, fraksi 2 yang dihasilkan melalui fraksinasi kromatografi kolom terbukti memiliki aktivitas antifungi yang signifikan, dengan zona hambat sebesar 11 mm, yang dikategorikan sebagai aktivitas sedang.
3. Uji KLT dan fraksinasi kromatografi kolom berhasil memisahkan senyawa bioaktif, dan karakterisasi menggunakan FTIR serta LC-MS/MS mengidentifikasi senyawa utama sebagai turunan *flavylium*, yaitu 6,7-*Dihydroxy-5-methoxy-2-(4-methoxyphenyl)-4a,7-dihydrochromenium* yang berpotensi sebagai agen antifungi alami.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil dari penelitian yang telah dilakukan, terdapat beberapa saran yang perlu dikaji pada penelitian selanjutnya, yaitu:

1. Diperlukan isolasi lanjutan dan karakterisasi molekuler untuk mengidentifikasi spesies fungi secara lebih spesifik dan akurat.
2. Perlu dilakukan optimasi fermentasi dengan variasi pH, suhu, dan waktu inkubasi untuk meningkatkan produksi senyawa bioaktif.
3. Uji aktivitas antifungi sebaiknya diperluas terhadap jenis patogen tanaman lainnya untuk menilai spektrum kerja senyawa hasil isolasi.
4. Studi lanjutan mengenai toksisitas dan stabilitas senyawa bioaktif perlu dilakukan sebelum aplikasi lapangan sebagai biofungisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Adolph, R. 2016. *Uji Efikasi Ekstrak Rimpang Kunyit (Curcuma longa Linn) Terhadap Pertumbuhan Colletotrichum capsici dan Intensitas Penyakit Antraknosa Pada Cabai Merah (Capsicum annum Linn)*. 1-23.
- Arini, L. D. D. 2016. Mitigasi Escherichia Coli dalam Berbagai Makanan di Pusat Jajanan Surakarta (GALABO) Sebagai Upaya Pencegahan Dini Gangguan Kesehatan Masyarakat. *Jurnal EKOSAINS*. 9(2): 45-56.
- Bahri, S., Hendri, J., Laila, A., Satria, H., dan Ambarwati, Y. 2023. Konversi Sampah Organik di Lingkungan Fmipa Universitas Lampung Menjadi Pupuk Organik Cair (POC) Dengan Teknik Soluble Liquid (Sl). *Jurnal Abdi Insani*. 10(3): 1786-1792.
- Balouiri, M., Sadiki, M., and Ibnsouda, S. K. 2016. Methods For in Vitro Evaluating Antimicrobial Activity: A review. *Journal of Pharmaceutical Analysis*. 6(2): 71-79.
- Bentrad, N., Gaceb-Terrak, R., Benmalek, Y., and Rahmania, F. 2017. Studies on Chemical Composition and Antimicrobial Activities of Bioactive Molecules From Date Palm (Phoenixdactylifera L.) Pollens and Seeds. *African journal of Traditional, Complementary and alternative Medicines*. 14(3): 242-256.
- Carlina, Z., Firmani, U., dan Luthfiyah, S. 2020. Karakterisasi Bakteri Saluran Pencernaan Ikan Nila (Oreochromis niloticus). *Jurnal Perikanan Pantura (JPP)*. 3(2): 36.
- Damayanti, N. W. E., Abadi, M. F., dan Bintari, N. W. D. 2020. Perbedaan Jumlah Bakteriuri Pada Wanita Lanjut Usia Berdasarkan Kultur Mikrobiologi Menggunakan Teknik Cawan Tuang Dan Cawan Sebar. *Meditory : The Journal of Medical Laboratory*. 8(1): 1-4.
- Fahira, Y. 2022. Isolasi dan karakterisasi mikroorganisme dari produk soluble liquid (SL) dan uji aktivitas metabolitnya sebagai antibakteri terhadap *Vibrio parahaemolyticus*. *Jurnal Biogenesis*. 16(1).

- Fasya, A. G., Tyas, A. P., Mubarakah, F. A., Ningsih, R., dan Madjid, A. D. R. 2018. Variasi Diameter Kolom dan Rasio Sampel-Silika pada Isolasi Steroid dan Triterpenoid Alga Merah *Eucheuma cottonii* dengan Kromatografi Kolom Basah. *Alchemy*. 6(2): 57.
- Ginting, C., Mujim, S., dan Evizal, R. 2004. Uji Pendahuluan Pengaruh Ekstrak Air Dari Tumbuhan Terhadap Keterjadian Karat Pada Cakram Daun Kopi di Laboratorium. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*. 4(1): 47-51.
- Giriraju, A., and Yunus, G. Y. 2013. Assessment of Antimicrobial Potential of 10% Ginger Extract Against *Streptococcus mutans*, *Candida albicans*, and *Enterococcus faecalis*: An In Vitro Study. *Indian Journal of Dental Research*. 24(4): 397-400.
- Guarner, J., and Brandt, M. E. 2011. Histopathologic Diagnosis of Fungal Infections in the 21st Century. *Clinical Microbiology Reviews*. 24(2): 247-280.
- Gustiana, T., Rozirwan, R., dan Ulqodry, T. Z. 2021. Actinomycetes yang diisolasi dari Mangrove *Rhizophora Apiculata* di Perairan Tanjung Api-api, Sumatera Selatan. *Jurnal Penelitian Sains*. 23(3): 140.
- Hidayatullah, M. syarief, Ishak, I., Mulyawan, R., Zulnazri, Z., Bahri, S., dan Kamar, I. 2023. Pembuatan Pupuk Cair Menggunakan Air Kelapa Tua dan Buah Nanas Busuk Dengan Bioaktifator EM4 Dan TRICO. *Chemical Engineering Journal Storage (CEJS)*. 3(1): 118.
- Indriani, D. O., Syamsudin, L. N. I., dan Wardhani, A. K. 2015. Invertase dari *Aspergillus niger* dengan Metode *Solid State Fermentation* dan Aplikasi di Industri: Kajian Pustaka. *Jurnal Pangan Dan Agroindustri*. 3(4): 1405-1411.
- Khan, M. A., Khan, S. A., Waheed, U., Raheel, M., Khan, Z., Alrefaei, A. F., and Alkhamis, H. H. 2021. Morphological and Genetic Characterization of *Fusarium Oxysporum* and its Management Using Weed Extracts in Cotton. *Journal of King Saud University - Science*. 33(2): 101299.
- Khoo, H. E., Azlan, A., Tang, S. T., and Lim, S. M. 2017. Anthocyanidins and Anthocyanins: Colored Pigments as Food, Pharmaceutical Ingredients, and the Potential Health Benefits. *Food & Nutrition Research*. 61(1): 1361779.
- Kurniawan, E., Dewi, R., dan Jannah, R. 2022. Pemanfaatan Limbah Cair Industri Kelapa Sawit Sebagai Pupuk Organik Cair dengan Penambahan Serat Tandan Kosong Kelapa Sawit. *Jurnal Teknologi Kimia Unimal*. 11(1): 76.

- Kurniawan, E., Ginting, Z., dan Nurjannah, P. 2017. Pemanfaatan Urine Kambing Pada Pembuatan Pupuk Organik Cair Terhadap Kualitas Unsur Hara Makro (npk). *Jurnal UMJ*. 1(2): 1-10.
- Libor, B., Harms, H., Kehraus, S., Egereva, E., Crüsemann, M., and König, G. M. 2019. Isolation of Fungi Using The Diffusion Chamber Device FIND Technology. *Beilstein Journal of Organic Chemistry*. 15: 2191-2203.
- Maftukhah, S. 2020. Application of *Bacillus sp.* in Enzyme Production Using Solid-State Fermentation: A Review. *Unistek*. 7(1): 6-9.
- Mangurana, W. O. I., Yusnaini, Y., dan Sahidin, S. 2019. Analisis LC-MS/MS (Liquid Chromatograph Mass Spectrometry) dan Metabolit Sekunder serta Potensi Antibakteri Ekstrak n-Heksana Spons *Callispongia aerizusa* yang diambil pada Kondisi Tutupan Terumbu Karang yang Berbeda di Perairan Teluk Staring. *Jurnal biologi tropis*. 19(2): 131-141.
- Marhadianti, A., Lukmayani, Y., dan Syafnir, L. 2019. Isolasi dan Karakterisasi Senyawa Flavonoid yang Berpotensi sebagai Antioksidan dari Ekstrak Metanol Daun Cabe Rawit (*Capsicum frutescens L.*). *Prosiding Farmasi*: 543-550.
- Metboki1, B., Astiti, N. P. A., dan Proborini, M. W. 1960. Efektivitas Ekstrak Kulit Batang Ampupu (*Eucalyptus alba Reinw. Ex. Blume*) Dalam Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium sp.* Penyebab Busuk Tongkol Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Metamorfosa*. 48(3): 752.
- Nugraheni, E. S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium sp* pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum L.*) Asal Boyolali. In *Skripsi*.
- Octaviani, M., Fadhli, H., and Yuneistya, E. 2019. Antimicrobial Activity of Ethanol Extract of Shallot (*Allium cepa L.*) Peels Using the Disc Diffusion Method. *Pharmaceutical Sciences and Research*. 6(1): 62-68.
- Osman, M., Stigloher, C., Mueller, M. J., and Waller, F. 2020. An Improved Growth Medium for Enhanced Inoculum Production of the Plant Growth-Promoting Fungus *Serendipita Indica*. *Plant Methods*. 16(1): 1-7.
- Pujiati, P. 2017. Analisa Kadar Protein Crude Enzim Selulase Dari Kapang *Rhizopus sp* Pada Substrat Ampas Tebu Hasil Isolasi dari Kebun Cengkeh, Kare, Madiun. *Biota*. 3(1): 26.
- Rahmah, A., Izzati, M., Parman, S., dan Biologi, J. 2014. Pengaruh Pupuk

- Organik Cair Berbahan Dasar Limbah Sawi Putih (*Brassica chinensis* L.) terhadap Pertumbuhan Tanaman Jagung Manis (*Zea mays* L. var. *saccharata*). *Buletin Anatomi Dan Fisiologi*. 22(1): 65-71.
- Sabbathini, G. C., Pujiyanto, S., Wijanarka, dan Lisdiyanti, P. 2017. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Genus *Sphingomonas* dari Daun Padi (*Oryza sativa*) di Area Persawahan Cibinong. *Jurnal Akademika Biologi*. 6(1): 59-64.
- Saini, N., Dhyani, S., and Dimri, D. 2016. Isolation and Identification of Fungi From Soil Sample of Different Localities of Agricultural Land in Dehradun. *International Journal of Scientific Research*. 5(5): 63-65.
- Saleh, A., dan Salsabila, N. N. 2021. Eksplorasi Dan Perbanyakan Jamur *Trichoderma* Sp. Sebagai Bahan Pembuatan Fungisida Hayati di Desa Watas. *Buguh: Jurnal Pengabdian Kepada Masyarakat*. 1(2): 31-37.
- Samson, R. A., Visagie, C. M., Houbraken, J., Hong, S. B., Hubka, V., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K. A., Susca, A., Tanney, J. B., Varga, J., Kocsubé, S., Sziget, G., Yaguchi, T., and Frisvad, J. C. 2014. Phylogeny, Identification and Nomenclature of the Genus *Aspergillus*. *Studies in Mycology*. 78(1): 141-173.
- Sandiase, I. K., Widiyanti, N. L. P. M., dan Warpala, I. W. S. 2023. Variasi Konsentrasi Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Rendaman Akar Bambu Menghambat Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara In Vitro. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati*. 120-130.
- Sangkal, A., Ismail, R., dan Marasabessy, N. S. 2020. Identifikasi Senyawa Metabolit Sekunder Ekstrak Daun Bintaro (*Cerbera manghas* L.) Dengan Pelarut Etanol 70%, Aseton dan n-Hexan. *Jurnal Sains Dan Kesehatan*. 4(1): 71-81.
- Saputra, J. 2021. Jurusan agroekoteknologi fakultas pertanian universitas jambi 2021. *Skripsi*.
- Satyanarayana, T., Deshmukh, S. K., and Johri, B. N. 2017. Developments in Fungal Biology and Applied Mycology. In *Developments in Fungal Biology and Applied Mycology*. Singapore: Springer Singapore.
- Sri Hartati, S., Rustiani, U. S., Puspasari, L. T., dan Kurniawan, W. 2016. Kompatibilitas Vegetatif *Fusarium oxysporum* dari Beberapa Tanaman Inang. *Agrikultura*. 27(3).

- Suhartina, Kandou, F. E. F., dan Singkoh, M. F. O. 2018. Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit Pada Tumbuhan Paku *Asplenium nidus*. *Jurnal MIPA*. 7(2): 24.
- Sukmawati, E., Sanuriza, I. Il, Jayadi, I., Risfianty, D. K., Ihwan, K., Naili, B., Atika, D., dan Husain, F. 2020. *Bawang Merah (Allium ascalonicum L.)*. 18-23.
- Sutejo, A. M., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2008. Identifikasi Morfologi Beberapa Spesies Jamur Fusarium. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 14(1): 7-13.
- Umasaravanan, D., Jayapriya, J., and Rajendran, R. B. 2011. Comparison of Lignocellulose Biodegradation in Solid State Fermentation of Sugarcane Bagasse And Rice Straw by *Aspergillus tamarii*. *Ceylon Journal of Science (Biological Sciences)*. 40(1): 65-68.
- Urbain, A., and Simões-Pires, C. A. 2020. Thin-Layer Chromatography for the Detection and Analysis of Bioactive Natural Products. *Encyclopedia of Analytical Chemistry*. 1-29.
- Windari, W., Salsabilla, I., Lestari, S. A., dan Nihan, Y. A. 2025. Review Artikel: Potensi Bakteri Endofit Tanaman Sirih Hijau (*Piper betle L.*) Sebagai Antibakteri. *Jurnal Ilmiah Respati*. 16(1): 1-5.
- Yuliana, R., dan Qurrohman, M. T. 2022. Pengaruh Variasi Konsentrasi Sari Pati Buah Sukun Sebagai Alternatif Media Semi Sintetik Pada Pertumbuhan Jamur *Candida albicans*. *Journal of Indonesian Medical Laboratory and Science (JoIMedLabS)*. 3(1): 65-79.
- Yuniarti. 2010. Kajian Pemanfaatan Ekstrak Kulit Acacia mangium Willd. Sebagai Antifungi Dan Pengujiannya Terhadap Fusarium sp. dan Ganoderma sp. *Sains Dan Terapan Kimia*. 4(2): 190-198.
- Yuniawati, M., Iskarima, F., dan Padulemba, A. 2012. Optimasi Kondisi Proses Pembuatan Kompos dari Sampah Organik dengan Cara Fermentasi Menggunakan EM4. In *Jurnal Teknologi*. 5(2): 172-181.