

**ANTAGONISME ACTINOMYCETES DARI TANAH RAWA
TAMAN FIRDAUS TERHADAP PERTUMBUHAN
Fusarium oxysporum IPBCC.07.540**

SKRIPSI

**Diajukan sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Sains di
Jurusan Biologi pada Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya**

Oleh :

NABILAH TIA ATRASINA

08041182025016



**JURUSAN BIOLOGI
FAKULTAS MATEMATIKA DAN ILMU PENGETAHUAN ALAM
UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

2024

HALAMAN PERSETUJUAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Antagonisme Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman
Firdaus terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*
IPBCC.07.540

Nama Mahasiswa : Nabilah Tia Atrasina

NIM : 08041182025016


Jurusan : Biologi

Telah disetujui untuk disidangkan pada tanggal 03 Juli 2024

Indralaya, 08 Juli 2024

Pembimbing

1. Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si
NIP. 196112121987102001



(.....)

HALAMAN PENGESAHAN SKRIPSI

Judul Skripsi : Antagonisme Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman
Firdaus terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*
IPBCC.07.540

Nama Mahasiswa : Nabilah Tia Atrasina

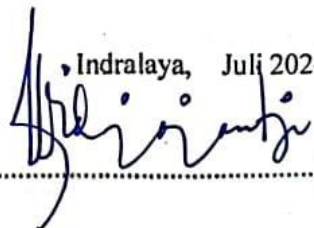
NIM : 08041182025016

Jurusan : Biologi

Telah dipertahankan dihadapan Panitia Sidang ujian Skripsi Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya pada
tanggal 03 Juli 2024 dan telah diperbaiki, diperiksa serta disetujui sesuai dengan
masukan yang diberikan.

Pembimbing

1. Prof. Dr. Hary Widajanti, M.Si.
NIP. 196112121987102001

Indralaya, Juli 2024

(.....)

Pembahas :

1. Dra. Muharni, M.Si.
NIP. 196306031992032001



(.....)

2. Dr. Elisa Nurnawati, M.Si.
NIP. 197504272000122001


(.....)

Mengetahui,
Ketua Jurusan Biologi
Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam
Universitas Sriwijaya




Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si.
NIP. 197211221998031001

PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH

Yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nabilah Tia Atrasina
NIM : 08041182025016
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi

Menyatakan bahwa skripsi ini adalah hasil karya saya sendiri dan karya ilmiah ini belum pernah diajukan sebagai pemenuhan persyaratan untuk memperoleh gelar kesarjanaan strata satu (S1) dari Universitas Sriwijaya maupun perguruan tinggi lain.

Semua informasi yang dimuat dalam skripsi ini yang berasal dari penulis lain baik yang dipublikasi atau tidak telah diberikan penghargaan dengan mengutip nama sumber penulis secara benar. Semua isi dari skripsi ini sepenuhnya menjadi tanggung jawab saya sebagai penulis.

Demikian surat pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya.

Indralaya, Juli 2024



Nabilah Tia Atrasina
NIM. 08041182025016

**HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH
UNTUK KEPENTINGAN AKADEMIS**

Sebagai civitas akademik Universitas Sriwijaya, yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Nabilah Tia Atrasina
NIM : 08041182025016
Fakultas/Jurusan : MIPA/Biologi
Jenis Karya : Skripsi

Demi pengembangan ilmu pengetahuan, saya menyetujui untuk memberikan kepada Universitas Sriwijaya “Hak bebas royalti non-eksklusif (*non-exclusively royalty-free right*)” atas karya ilmiah saya yang berjudul:

“Antagonisme Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* IPBCC.07.540”

Beserta perangkat yang ada (jika diperlukan). Dengan hak bebas *royalty non-eksklusif* ini Universitas Sriwijaya berhak menyimpan, mengalih media/ memformatkan, mengelola dalam bentuk pangkalan data (*database*), merawat dan mempublikasi tugas akhir atau skripsi saya selama tetap mencantumkan nama saya sebagai penulis/ pencipta dan sebagai pemilik hak cipta.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sesungguhnya.

Indralaya, Juli 2024



Nabilah Tia Atrasina
NIM. 08041182025016

HALAMAN MOTTO DAN PERSEMBAHAN

Alhamdulillahillobbilamin

“Tak ada jalan pintas menuju kesuksesan, hanya usaha dan kerja keras”

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan, sesungguhnya bersama kesulitan ada kemudahan”.

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

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya”.

(QS. Al-Baqarah: 286).

Dengan rasa terima kasih dan bahagia, skripsi ini kupersembahkan kepada :

1. Allah SWT dan Nabi Muhammad SAW
2. Kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu
3. Saudariku tercinta, Aulia Salsabila, S.Pd.
4. Dosen pembimbing, Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si.
5. Bapak/Ibu Dosen dan keluarga besar biologi
6. Almamaterku Universitas Sriwijaya

KATA PENGANTAR

Puji syukur atas kehadiran Allah SWT karena limpahan rahmat dan karunia-Nya, kepada kita semua terutama penulis sehingga skripsi dengan judul “Antagonisme Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus terhadap Pertumbuhan *Fusarium oxysporum* IPBCC.07.540” dapat diselesaikan tepat pada waktunya. Penyusunan skripsi bertujuan untuk memenuhi syarat memperoleh gelar Sarjana Sains Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya.

Rasa terima kasih terkhusus disampaikan kepada kedua orang tua tercinta, Ayah dan Ibu yang selalu mendo’akan dan memberikan dukungan kepada penulis. Terima kasih kepada Prof. Dr. Hary Widjajanti, M.Si selaku dosen pembimbing tugas akhir atas bimbingan, saran, masukan, dukungan, serta kesabarannya selama proses penyelesaian skripsi ini. Penulis juga mengucapkan rasa syukur dan terima kasih kepada :

1. Bapak Prof. Dr. Taufik Marwa, SE., M.Si. selaku Rektor Universitas Sriwijaya.
2. Bapak Prof. Hermansyah, S.Si., M.Si., Ph.D., selaku Dekan Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
3. Bapak Prof. Dr. Arum Setiawan, M.Si., selaku Ketua Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
4. Bapak Dr. Sarno, M.Si selaku Sekertaris Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Universitas Sriwijaya.
5. Ibu Dra. Nita Aminasih, M.P., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan bimbingan serta motivasi kepada penulis dari awal hingga akhir masa perkuliahan.
6. Ibu Dra. Muharni, M.Si dan Dr. Elisa Nurnawati, M.Si., selaku dosen penguji yang telah memberi saran dan masukan dalam penyelesaian skripsi ini.

7. Bapak dan Ibu Dosen serta Staf karyawan Jurusan Biologi yang tidak dapat disebutkan satu persatu.
8. Ibu Rosmania, S.T selaku Analis Laboratorium Mikrobiologi dan Kak Agus Wahyudi, S.Si selaku Analis Laboratorium Genetika dan Bioteknologi yang telah memberikan bimbingan dan arahan kepada penulis.
9. Rekan penelitian actinomycetes, Sabriya Assya. Terima kasih karena telah membantu, dan selalu memberikan dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan Tugas Akhir.
10. Kucingku tercinta dan tersayang Dolly, Babut, dan Suping yang telah menjadi *mood booster* dan tempat berkeluh kesah bagi penulis.
11. *Barudak Tantrum* (Sabril, Rindung, Pia, Nisak, Depak, Yaya, dan Ilham) yang telah memberikan semangat dan bantuan selama penelitian bersama.
12. Sobat DAMRI (Heliza, Nurul dan Mely) yang telah melewati masa-masa *war* DAMRI yang sangat berkesan dari awal sampai akhir perkuliahan.
13. Teman-teman Jurusan Biologi 2020 dan keluarga besar Biologi.
14. Seluruh pihak yang tidak dapat ditulis satu persatu yang telah membantu dalam penulisan Tugas Akhir.

Besar harapan bahwa skripsi ini dapat bermanfaat bagi banyak orang.

Indralaya, Juli 2024

Penulis

**ANTAGONISM OF ACTINOMYCETES FROM THE SWAMP SOIL OF
FIRDAUS PARK AGAINST THE GROWTH OF
Fusarium oxysporum IPBCC.07.540**

**NABILAH TIA ATRASINA
08041182025016**

SUMMARY

Fusarium oxysporum is one of the soil-borne pathogens. Farmers still use synthetic fungicides to eradicate them. The use of synthetic fungicides has a negative impact on the environment. One of the alternative efforts that can inhibit the growth of *Fusarium oxysporum* is by utilizing bacteria as antagonistic agents. One of the bacteria that can potentially act as an antagonist agent is Actinomycetes. Swamp land has several types of microbes, one of which is actinomycetes. Actinomycetes are among the largest group of microbes that have the potential to produce metabolite compounds. Sampling is located in Taman Firdaus, where there is no information about the potential of actinomycetes considering that Taman Firdaus will undergo development in the future.

The purpose of this study is to obtain actinomycetes from the swamp soil of the Taman Firdaus, to know the potential of actinomycetes as antagonistic agents to *Fusarium oxysporum*, and to determine the character and identity of actinomycetes from the swamp soil of the Taman Firdaus that have the potential to be antagonistic to *Fusarium oxysporum*. This research was carried out from November 2023 to May 2024 at the Laboratory of Microbiology, Genetics, and Biotechnology, Department of Biology, Faculty of Mathematics and Natural Sciences, Sriwijaya University, Indralaya.

The stages of the research carried out are isolation, purification of actinomycetes, rejuvenation of *Fusarium oxysporum*, antagonist testing using the dual culture method, observation of antagonist mechanisms, and characterization and identification of actinomycetes isolates that have an inhibitory percentage of >50%. The results of this study were obtained from two actinomycetes isolates that were able to inhibit the growth of *Fusarium oxysporum* with a percentage of >50%, namely ACT₄ and ACT₅. ACT₄ has an inhibitory percentage of 50.76%, and ACT₅ has an inhibitory percentage of 55.38%. ACT₄ and ACT₅ have an antagonistic mechanism in the form of antibiosis. The characterization results showed that the ACT₄ was suspected to have a match with the genus *Streptomyces*, while ACT₅ was suspected to be similar to the genus *Nocardia*.

Keywords: actinomycetes, swamp soil, antagonism, *Fusarium oxysporum*, antagonist mechanism, *Streptomyces*, *Nocardia*.

**ANTAGONISME ACTINOMYCETES DARI TANAH RAWA TAMAN
FIRDAUS TERHADAP PERTUMBUHAN
Fusarium oxysporum IPBCC.07.540**

**NABILAH TIA ATRASINA
08041182025016**

RINGKASAN

Fusarium oxysporum merupakan salah satu patogen tular tanah. Para petani masih menggunakan fungisida sintetik untuk membasminya. Penggunaan fungisida sintetik memiliki dampak negatif bagi lingkungan. Upaya alternatif yang dapat menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* salah satunya dengan memanfaatkan bakteri sebagai agen antagonis. Salah satu bakteri yang dapat berpotensi sebagai agen antagonis adalah Actinomycetes. Lahan rawa memiliki beberapa jenis mikroba salah satunya actinomycetes. Actinomycetes termasuk golongan mikroba terbesar yang potensial sebagai penghasil senyawa metabolit. Pengambilan sampel berlokasi di Taman Firdaus yang belum terdapat informasi mengenai potensi actinomycetes mengingat Taman Firdaus akan mengalami pengembangan untuk kedepannya.

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mendapatkan actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus, mengetahui actinomycetes yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum* serta mengetahui karakter dan identitas Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus yang berpotensi antagonis terhadap *Fusarium oxysporum*. Penelitian ini dilaksanakan pada November 2023 sampai dengan Mei 2024 di Laboratorium Mikrobiologi, Labrotarorium Genetika dan Bioteknologi, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Sriwijaya, Indralaya.

Tahapan penelitian yang dilakukan yaitu isolasi, pemurnian actinomycetes, peremajaan *Fusarium oxysporum*, uji antagonis dengan metode *dual culture*, pengamatan mekanisme antagonis, serta karakterisasi dan identifikasi isolat actinomycetes yang memiliki persentase daya hambat >50%. Hasil penelitian ini diperoleh dua isolat actinomycetes yang mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dengan persentase >50% yaitu isolat ACT₄ dan ACT₅. Isolat ACT₄ memiliki persentase daya hambat sebesar 50,76% dan isolat ACT₅ memiliki persentase daya hambat sebesar 55,38%. Isolat ACT₄ dan ACT₅ memiliki mekanisme antagonis berupa antibiosis. Hasil karakterisasi menunjukkan bahwa isolat ACT₄ diduga memiliki kecocokan dengan genus *Streptomyces* sedangkan ACT₅ diduga mirip dengan genus *Nocardia*.

Kata Kunci : actinomycetes, tanah rawa, antagonisme, *Fusarium oxysporum*, mekanisme antagonis, *Streptomyces*, *Nocardia*.

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSETUJUAN	ii
HALAMAN PENGESAHAN	iii
HALAMAN PERNYATAAN KEASLIAN KARYA ILMIAH	iv
HALAMAN PERSETUJUAN PUBLIKASI KARYA ILMIAH	v
HALAMAN MOTO DAN PERSEMBAHAN	vi
KATA PENGANTAR	vii
SUMMARY.....	ix
RINGKASAN.....	x
DAFTAR ISI.....	xi
DAFTAR TABEL	xiv
DAFTAR GAMBAR.....	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xiv
BAB I PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	4
1.3. Tujuan Penelitian	4
1.4. Manfaat Penelitian.....	5
BAB II TINJAUAN PUSTAKA	6
2.1. Lahan Rawa	6
2.2. Actinomycetes.....	7
2.3. Actinomycetes yang Berpotensi sebagai Agen Antagonis <i>Fusarium</i> <i>oxysporum</i>	9
2.4. Penyakit Layu <i>Fusarium</i>	11
2.5. Karakteristik <i>Fusarium oxysporum</i>	12
2.6. Biokontrol	13
2.7. Mekanisme Biokontrol	14
2.7.1. Antibiosis	14
2.7.2. Hiperparasit	15
2.7.3. Kompetisi	15
2.7.4. Produksi Enzim Litik dan Senyawa Lainnya	16
2.8. <i>Scanning Electrone Microscope</i>	17
BAB III METODOLOGI PENELITIAN	20
3.1. Waktu dan Tempat	20

3.2. Alat dan Bahan.....	20
3.3. Cara Kerja.....	21
3.3.1. Sterilisasi Alat	21
3.3.2. Pembuatan Media	21
3.3.3. Pengambilan Sampel	22
3.3.4. Isolasi Actinomycetes	23
3.3.5. Pemurnian Actinomycetes	24
3.3.6. Peremajaan <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540.....	24
3.3.7. Uji Antagonisme antara Isolat Actinomycetes dengan <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540 dengan Metode <i>Dual Culture</i>	24
3.3.8. Pengamatan Mikroskopis Mekanisme Antagonisme Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus terhadap <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540	26
3.3.8.1. Pengamatan melalui Mikroskop Cahaya.....	26
3.3.8.2. Visualisasi <i>Scanning Electron Microscope</i> (SEM).....	27
3.3.9. Karakterisasi Morfologi Actinomycetes	28
3.3.9.1. Karakterisasi Morfologi Actinomycetes secara Makroskopis	28
3.3.9.2. Karakterisasi Morfologi Actinomycetes secara Mikroskopis	28
3.3.9.3. Uji Fisiologis dan Biokimia.....	29
3.3.9.3.1. Uji Hidrolisis Gelatin.....	29
3.3.9.3.2. Uji Hidrolisis Kasein	29
3.3.9.3.3. Uji Hidrolisis Pati	30
3.3.9.3.4. Uji Hidrolisis Urea.....	30
3.3.9.3.5. Uji Hidrolisis Katalase	30
3.3.9.3.6. Uji Pemanfaatan Sumber Karbon	31
3.3.9.3.7. Uji Toleransi ph.....	31
3.3.9.3.8. Uji Kebutuhan Oksigen.....	31
3.3.9.4. Identifikasi Actinomycetes yang Berpotensi sebagai Antifungi.....	31
3.3.10. Variabel Pengamatan	32
3.3.11. Penyajian Data.....	32
BAB IV HASIL DAN PEMBAHASAN.....	33
4.1. Isolasi dan Pemurnian Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus Universitas Sriwijaya	33
4.2. Uji Antagonisme antara Actinomycetes dengan <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540	36
4.3. Mekanisme Antagonisme Actinomycetes menghambat <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540	38
4.4. Karakterisasi dan Identifikasi Actinomycetes	44
4.4.1. Isolat ACT ₄	44
4.4.2. Isolat ACT ₅	51
BAB V KESIMPULAN DAN SARAN	58

5.1. Kesimpulan	58
5.2. Saran	58
DAFTAR PUSTAKA	60
LAMPIRAN	73

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Karakter Actinomycetes pada Medium <i>Starch Casein Agar</i>	35
Tabel 4.2. Persentase Uji Antagonisme antara Actinomycetes dengan <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540	36
Tabel 4.3. Karakteristik Makroskopis ACT ₄ pada Medium yang Berbeda	45
Tabel 4.4. Karakteristik Fisiologis dan Biokimia Isolat ACT ₄	48
Tabel 4.5. Karakteristik Makroskopis ACT ₅ pada Medium yang Berbeda	52
Tabel 4.6. Karakteristik Fisiologis dan Biokimia Isolat ACT ₅	54

DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Penampakan Hifa <i>Colletotrichum capsici</i>	17
Gambar 2.2. Hasil SEM Miselium <i>Fusarium oxysporum</i>	18
Gambar 2.3. Hasil SEM Miselium <i>Fusarium oxysporum</i> Abnormal	19
Gambar 3.1. Peta Lokasi Pengambilan Sampel Tanah Rawa di Kawasan Taman Firdaus Universitas Sriwijaya	22
Gambar 3.2. Skema Uji Antagonis Metode <i>Dual Culture</i>	25
Gambar 4.1. Hasil Pemurnian Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus	34
Gambar 4.2. Kontrol <i>Fusarium oxysporum</i>	39
Gambar 4.3. Kontrol Hifa <i>Fusarium oxysporum</i>	39
Gambar 4.4. Uji Antagonis ACT ₄ dan ACT ₅ dengan <i>Fusarium oxysporum</i>	40
Gambar 4.5. Pengamatan Mekanisme Antagonisme	42
Gambar 4.6. Hasil Pengamatan Makroskopis Isolat ACT ₄ selama 7 Hari.....	44
Gambar 4.7. Hasil Pengamatan Mikroskopis Isolat ACT ₄	47
Gambar 4.8. Hasil Pengamatan Makroskopis Isolat ACT ₅ selama 7 Hari.....	52
Gambar 4.9. Hasil Pengamatan Mikroskopis Isolat ACT ₅	53

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Komposisi Medium yang Digunakan.....	73
Lampiran 2. Pengambilan Sampel Tanah Rawa di Taman Firdaus Universitas Sriwijaya	76
Lampiran 3. Isolasi Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus Universitas Sriwijaya.....	77
Lampiran 4. Pemurnian Actinomycetes dari Tanah Rawa Taman Firdaus Universitas Sriwijaya.....	78
Lampiran 5. <i>Dual Culture</i> Actinomycetes dengan <i>Fusarium oxysporum</i> IPBCC.07.540	79
Lampiran 6. Karakterisasi Actinomycetes yang Memiliki Potensi sebagai Agen Antagonis terhadap <i>Fusarium oxysporum</i>	81

BAB I

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Patogen tular tanah sangat berbahaya bagi tanaman karena patogen ini mampu bertahan lama di dalam tanah tanpa inang salah satu patogen tular tanah yang berbahaya adalah *Fusarium oxysporum*. *Fusarium oxysporum* ketika telah menginfeksi tanah maka tanah tersebut sulit dibebaskan dari jamur ini, bahkan tanpa adanya inang *Fusarium oxysporum* mampu membentuk klamidospora untuk bertahan hidup dalam tanah lebih dari sepuluh tahun. *Fusarium oxysporum* mampu menyebabkan kerusakan secara luas pada tanaman dalam waktu yang singkat dengan intensitas serang mencapai 35% (Fatma *et al.*, 2021).

Kehadiran *Fusarium oxysporum* sulit dideteksi oleh para petani sehingga petani menggunakan pestisida sintetis yang efektif untuk mengendalikan patogen yang mana pestisida sintetis memiliki dampak negatif. Atas dasar tersebut, diperlukan upaya alternatif yang ramah lingkungan untuk melawan patogen yang merugikan. Salah satu upaya alternatifnya adalah upaya biokontrol yang merupakan pengendalian hayati dengan memanfaatkan potensi mikroorganisme dalam mengendalikan patogen penyebab penyakit (Sutarini *et al.*, 2015).

Biokontrol merupakan upaya pengendalian hayati yang ramah lingkungan, efektif, ekonomis dan tepat sasaran sehingga tidak menimbulkan dampak negatif baik terhadap manusia maupun lingkungan. Pengendalian hayati merupakan suatu proses penghambatan pertumbuhan dengan cara menginfeksi suatu organisme

dengan menggunakan agen hayati atau organisme antagonis. Organisme antagonis yang dapat digunakan sebagai agen hayati adalah mikroorganisme. Mikroorganisme seperti bakteri memiliki keuntungan ketika digunakan sebagai agen hayati seperti banyak ditemukan di tanah, proses produksi massa cepat dan murah apabila dibandingkan mikroorganisme lain seperti jamur, serta tidak menyebabkan dampak negatif bagi lingkungan (Miranda *et al.*, 2019).

Mikroorganisme digunakan sebagai pengendali hayati untuk mengurangi penggunaan pestisida kimia yang berbahaya bagi lingkungan. Untuk meningkatkan kinerja agen biokontrol, hubungan antagonis antara mikroba terus dipelajari. Bakteri *Pseudomonas* (seperti *Pseudomonas putida* dan *Pseudomonas fluorescens*), *Bacillus* spp., dan *Streptomyces* spp. adalah bakteri yang paling sering digunakan sebagai agen biokontrol (Setiaji *et al.*, 2023). *Streptomyces* merupakan bakteri ram positif dari Kelas Actinomycetes (Fardiyanti *et al.*, 2021).

Actinomycetes merupakan salah satu golongan mikroba terbesar yang potensial menghasilkan senyawa metabolit. Senyawa metabolit yang dihasilkan dapat digunakan sebagai antikanker, antitumor, antimikroba serta berpotensi sebagai senyawa antifungi (Nurjanah *et al.*, 2019). Actinomycetes mampu hidup di tanah maupun di perairan (Lestari *et al.*, 2019).

Berdasarkan penelitian Raharini *et al.* (2012), bahwa Actinomycetes spesies *Streptomyces* sp. dari tanah rizosfer pohon jarak, jati, dan flamboyan serta tanah non rizosfer pada kawasan Bukit Jimbaran memiliki potensi untuk menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* paling tinggi sebesar 82% dan mampu menekan penyakit layu fusarium pada tanaman cabai sebesar 80%.

Lahan rawa merupakan salah satu ekosistem lahan basah yang berada antara wilayah perairan dalam dengan wilayah daratan. Lahan rawa memiliki karakteristik berupa air tanahnya yang dangkal atau tergenang air tipis (Darsani dan Subagio, 2016). Bakteri, fungi dan actinomycetes merupakan mikroba yang dapat ditemui pada lahan rawa (Lestari dan Mukhlis, 2017).

Hasil penelitian Ningrum (2021), menunjukkan bahwa Actinomycetes dari tanah rawa Tanjung Senai yaitu isolat ACT 8, ACT 10, ACT 11 dan ACT 13 yang teridentifikasi dari genus *Streptomyces* memiliki potensi kuat dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* dengan persentase daya hambat sekitar 71,18%-89,83% namun penelitian ini belum sampai mengamati morfologi mikroskopis interaksi antagonis antara Actinomycetes dengan *Fusarium oxysporum*.

Penelitian ini dilakukan di Taman Firdaus yang merupakan daerah rawa dan daerah terrestrial yang dimanfaatkan sebagai lahan untuk ditanami pepohonan. Menurut Ferdian *et al.* (2020), Taman Firdaus terletak di Kabupaten Ogan Ilir, Taman firdaus merupakan daerah rawa yang dipengaruhi oleh curah hujan. Kawasan hilir Taman Firdaus sering mengalami genangan air apabila hujan turun akibat luapan sungai kelekar dan apabila hujan tidak turun kondisi rawa-rawa di wilayah Taman Firdaus kering.

Sampai saat ini belum ada informasi mengenai Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus sehingga dibutuhkan penelitian ini untuk mendata atau memberikan informasi mengenai actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus sebelum terjadinya perubahan ekosistemnya, karena Taman Firdaus merupakan

kawasan yang nantinya dilakukan pengembangan. Menurut Husin *et al.* (2022), Taman Firdaus masih dalam tahap awal pengembangan wisata dan berpotensi untuk dikembangkan menjadi objek wisata. Universitas Sriwijaya meresmikan pembangunan Taman Firdaus yang nantinya bisa dikembangkan menjadi salah satu daya tarik wisata dan sebagai objek penelitian bagi para akademisi.

1.2 Rumusan Masalah

Dalam penelitian ini terdapat beberapa rumusan masalah, diantaranya :

1. Apakah ditemukan Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus?
2. Bagaimana potensi Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus sebagai agen antagonis *Fusarium oxysporum*?
3. Bagaimanakah karakter dan identitas Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum*?

1.3 Tujuan Penelitian

Dalam penelitian ini memiliki tujuan sebagai berikut :

1. Mendapatkan Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus.
2. Mengetahui potensi Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum*.
3. Mengetahui karakter dan identitas Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus yang berpotensi antagonis terhadap *Fusarium oxysporum*.

1.4 Manfaat Penelitian

Hasil dari penelitian ini diharapkan mampu memberikan informasi dan menambah pengetahuan mengenai kemampuan Actinomycetes dari tanah rawa Taman Firdaus sebagai agen antagonis terhadap *Fusarium oxysporum*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, A., Almuhardi, I., Antoni, A., dan Rahmawati, R. (2020). Aktivitas Antibakteri Actinomycetes Asal Desa Cempaka Kapuas Hulu Kalimantan Barat terhadap Enteropatogenik Gastroenteritis. *Al-Kauniyah*. 13(1): 20-30.
- Agrios, N. G. (2005). *Plant Pathology- Fifth Edition*. Departemen of Plant Pathology. University of Florida. United States of America.
- Ali, A., Junda, M., Rante, H., dan Nuramelia, R. (2018). Characterization of Actinomycetes Antagonist *Fusarium oxysporum* f.sp passiflora Isolated from Rhizosphere Soil of Purple Passion Fruit Plants, South Sulawesi, Indonesia. *Journal of Physics: Conference*. Ser. 1028: 1-8.
- Alimuddin, A., Widada, J., Asmara, W., dan Mustofa, M. (2011). Antifungal Production of a Strain of *Actinomycetes* spp Isolated from the Rhizosphere of Cajuput Plant: Selection and Detection of Exhibiting Activity Against Tested Fungi. *Indonesian Journal of Biotechnologi*. 16(1): 1-10.
- Ambarsari, H., Asriyani, L., dan Ridlo, A. (2020). Isolasi dan Produktivitas Bakteri Ureolitik dari Sedimen Muara Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(2): 147-156.
- Ambarsari, H., Asriyani, L., dan Ridlo, A. (2020). Isolasi dan Produktivitas Bakteri Ureolitik dari Sedimen Muara Sungai Citarum. *Jurnal Teknologi Lingkungan*. 21(2): 147-156.
- Amini, J., Agapoor, Z., dan Ashengroph, M. (2016). Evaluation of *Streptomyces* spp. against *Fusarium oxysporum* f. sp. *ciceris* for the Management of Chickpea Wilt. *Journal of Plant Protection Research*. 56(3): 258-264.
- Andriastini, D. A., Ramona, Y., dan Proborini, M. W. (2018). Hambatan *in Vitro* Cendawan Antagonis pada *Fusarium* sp. Penyebab Penyakit pada Tanaman Buah Naga (*Hylocereus undatus* (Haw.) Britton & Rose). *Jurnal Metamorfosa*. 5(2): 224-233.
- Anthony, C. M., Jose, K., Mampilly, T. T., Varghese, V., John, N., Varghese, A., dan Anthony, A. M. (2020). Nocardiosis: Case Series in a Tertiary Care Center in Central Kerala. *Journal of Medical Science and Clinical Research*. 8(11): 572-577.
- Armaida, E. dan Khotimah, S. (2016). Karakterisasi Actinomycetes yang Bersosiasi dengan Porifera (*Axinella* spp.) dari Perairan Pulau Lemukutan Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 5(1): 68-73.
- Asriani, A., Laksmi, B. S., Yasni, S., Sudirman, I. (2007). Mekanisme Antibakteri Metabolit *Lb. plantarum* kik dan Monoasilgliserol Minyak Kelapa terhadap

- Bakteri Patogen Pangan. *Jurnal Teknologi dan Industri Pangan*. 18(2): 126-133.
- Astika, R., Ihsan, M., dan Yusuf, A. I. (2023). Aktivitas Enzim Kitinase Actinobacteria Asal Perkebunan Kelapa Sawit PTPN VI Muaro Jambi dalam Menghambat *Ganoderma boninense*. *Biospecies*. 16(1): 6-15.
- Astuty, E. (2017). Isolasi dan Karakterisasi Morfologi Aktinomiset Indigenus Asal Tanah Gambut. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 8(16): 7-15.
- Atlas, R. M. (1995). *Experimental Microbiology: Laboratory Manual*. St. Louis: Mosby.
- Azmi, F., Chatri, M., Advinda, L., dan Irdawati, I. (2021). Pengaruh Ekstrak Daun Rambutan (*Nephelium lappaceum* L.) terhadap Diameter Koloni dan Persentase Penghambatan Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. *Serambi Biologi*. 6(1): 7-11.
- Azzahra, N., Jamilatun M., dan Aminah. (2020). Perbandingan Pertumbuhan *Aspergillus fumigatus* pada Media Instan Modifikasi *Carrot Sucrose Agar* dan *Potato Dextrose Agar*. *Jurnal Mikologi Indonesia*. 4(1): 168-174.
- Barka, E. A., Vatsa, P., Sanchez, L., Vaillant, N. G., Jacquard, C., Kolthoff, J. P. M., Klenk, H. P., Clement, C., Ouhdouch, Y., dan Wezel, G. P. V. (2016). Taxonomy, Physiology, and Natural Products of Actinobacteria. *Microbiol Mol Biol Rev*. 80(1): 1-43.
- Benndorf, R., Schwitalla, J. W., Martin, K., Beer, Z. W., Vollmers, J., Kaster, A. K., Poulsen, M., dan Beemelmans, C. (2020). *Nocardia macrotermidis* sp. nov. and *Nocardia aurantia* sp. nov., Isolated from the Gut of the Fungus-Growing Termite *Macrotermes natalensis*. *International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology*. 70: 5226-5234.
- Benson, H. J. (2014). *Microbiological Applications a Laboratory Manual in General Microbiology Thirteenth Edition*. New York: McGraw-Hill Education.
- Bhosle, H. J., Kadam, T. A., Mirajgave, R.S., dan Holkar, S. K. (2018). Optimization and Characterization of Antifungal Metabolite from a Soil Actinomycetes *Streptomyces indiaensis* SRT. *Indian J Biotechnology*. 17(2): 261-271.
- Buedenbender, L., Carroll, A. R., Ekins, M., dan Kurtböke, D. I. (2017). Taxonomic and Metabolite Diversity of Actinomycetes Associated with Three Australian Ascidians. *Diversity*. 9(4): 53-61.
- Cappuccino, J. G., dan Sherman, N. (2013). *Manual Laboratorium Mikrobiologi*. Jakarta: EGC.

- Chavan, D. V. (2013). A Review On Actinomycetes and Their Biotechnological Application. *International Journal of Pharmaceutical Sciences and Research*. 4 (5): 1730–1742.
- Collinge, D. B., Jensen, D. F., Rabiey, M., Sarrocco, S., Shaw, M. W., dan Shaw, R. H. (2022). Biological Control of Plant Diseases- What has been Achieved and What is the Direction?. *Plant Pathology*. 71: 1024-1047.
- Coral, D. A. P., Paz, J. J.O., Orozko, G. I. O., Muniz, C. H. A., Marina, M. A. S., Reyes, D. I. B., Cisneros, M. F. R., dan Velasco, C. R. (2022). Molecular, Morphological and Biochemical Characterization of Actinomycetes and Their Antagonistic Activity Against Phytopathogenic Fungi. *Rev Fitotot Mex*. 45(1): 103-115.
- Corneliyawati, E., Massora, M., Khikmah, K., dan Arifin, A. S. (2018). Optimalisasi Produksi Enzim Kitinase pada Isolat Jamur Kitinolitik dari Sampel Tanah Rizosfer. *Edubiotik*. 3(1): 62-69.
- Darsani, Y. R. Dan Subagio, H. (2016). *Usaha Tani di Lahan Rawa*. Bogor: IAARD Press.
- Davies, T. E., Li, H., Bessette, S., Gauvin, R., Patience, G. S., dan Dummer, N. F. (2022). Experimental Methods in Chemical Engineering: Scanning Electron Microscopy and X-ray Ultra-Microscopy—SEM and XuM. *Canadian Journal of Chemical Engineering*. 100(11): 3145–3159.
- Djais, A. A. dan Theodorea. C. F. (2019). The Effect of Presto Cooker as an andriAlternative Sterilizer Device for Dental Equipment. *Journal of Indonesian Dental Association*. 2(1): 7-13.
- Dobara, A. M. A., Mousa, M. M. A., Hasaneen, M. N. A., dan Nabih, S. M. (2018). Isolation and Screening of some Actinomycetes from Soil from Damietta and Mansoura and its Antimicrobial Activities. *J. Agric Chem and Biotechn Mansoura Univ*. 9(12): 283-287.
- Dubey, A., Kumar, A., Khan, M. L., dan Payasi, D. K. (2021). Plant Growth-promoting and Bio-control Activity of *Micrococcus luteus* Strain AKAD 3-5 Isolated from the Soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) Rhizosphere. *The Open Microbiology Journal*. 15(1): 188-197.
- Effendy, E. (2011). Drainase untuk Meningkatkan Kesuburan Lahan Rawa. *Pilar Jurnal Teknik Sipil*. 6(2): 39-44.
- Endriyas, G. (2019). Distribution of Hot Pepper Fusarium Wilt (*Fusarium oxysporium* f.sp. capsici) and Evaluation of Host Resistance and Biocontrol Agents against the Pathogen in the Central Rift Valley of Ethiopia. *Thesis*. Ethiopian Institute of Agricultural Research, Adama, Ethiopia.

- Fadhli, H., Kusdiyantini, E., dan Nurhayati, N. (2019). Karakterisasi Morfologi, Biokimia, dan Uji Enzimatis Isolat Khamir Buah Apel (*Malus domestica* Borkh.) yang Berpotensi menghasilkan Bioetanol. *Jurnal Biologi Tropika*. 2(2): 62-73.
- Fardiyanti, R., Kasrina, K., dan Bustaman, H. (2021). Ragam Jenis *Streptomyces* sp. pada Rizosfer Tanaman Suku Liliacea di Kawasan Desa Sumber Bening, Rejang Lebong, Bengkulu. *Konservasi Hayati*. 17(1): 29-34.
- 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*. *Serambi Biologi*. 6(2): 9-14.
- Faturahman, A. T. (2019). Actinobacteria: Sumber Biokatalis Baru yang Potensial. *BioTrends*. 10(1): 28-35.
- Fauziah, R., Risna, R., Djie, N., dan Subehan, S. (2022). Karakterisasi Senyawa dan Uji Aktivitas Antibakteri dari Isolat Actinomycetes rhizosfer Tanaman Teh (*Camellia sinensis* L.). *Majalah Farmasi dan Farmakologi*. 26(2): 74-78.
- Fenta, L., Mekonnen, H., dan Kabtimer, N. (2023). The Exploitation of Microbial Antagonists Against Postharvest Plants Patogens. *Journal Microorganisms*. 11(1): 1-17.
- Ferdian, D., Saggaff, A., dan Sarino, S. (2020). Efektivitas Pengendalian Banjir dengan Embung: Studi Kasus Taman Firdaus Universitas Sriwijaya. *Jurnal Cantilever*. 9(1): 57-62.
- Franklin, T. J. dan Snow, G. A. (1998). *Biochemistry and Molecular Biology of Antimicrobial Drug Action 5th Edition*. England: Kluwer Academic Pub.
- Gabrekiristos, E., Teshome, D., dan Ayana, G. (2020). Cultural, Morphological and Pathogenic Variability Isolates of *Fusarium oxysporum* f.sp. capsici Causing Wilt of Hot Pepper in Central Rift Valley, Ethiopia. *Journal Plant Pathology Microbiological*. 11(6): 1-13.
- Ginting, S. S. B., Suryanto, D., dan Desrita, D. (2018). Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Potensial Probiotik pada Saluran Pencernaan Ikan Bandeng (*Chanos chanos*). *Acta Aquatica*. 5(1): 23-29.
- Ginting, T. S. M., Helmi, Z. T., Darmawi, Dewi, M., Hennivanda, H., Erina, E., dan Daud, R. (2018). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Gram Negatif Pada Ambing Kambing Peranakan Etawa (Pe). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Veteriner*. 2(3): 351-360.
- Goudjal, Y., Zamouma, M., Sabaou, N., Mathieu, F., dan Zitouni, A. (2016). Potential of endophytic *Streptomyces* spp. for biocontrol of *Fusarium* root

- rot disease and growth promotion of tomato seedlings. *Biocontrol Sci Technol.* 26(12):1691–1705.
- Hairunnisa, R. S. (2019). Identifikasi Bakteri Asam Laktat (BAL) Penghasil Bakteriosin dari Makanan Botok Ikan Tongkol (*Euthynnus affinis* C) Khas Kalimantan Barat yang Memiliki Aktivitas terhadap Bakteri Patogen. *Jurnal Mahasiswa Farmasi Fakultas Kedokteran UNTAN.* 4(1): 1-8.
- Halwiyah, N., Ferniah, R. S., Raharjo, B., dan Purwantisari, S. (2019). Uji Antagonisme Jamur Patogen *Fusarium solani* Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai dengan menggunakan *Beauveria bassiana* Secara *In Vitro*. *Jurnal Akademika Biologi.* 8(2): 8-17.
- Hanif, A., Suryanto, D., dan Nurwahyuni, I. (2012). Pemanfaatan Bakteri Kitinolitik dalam Menghambat Pertumbuhan *Curvularia* sp. Penyebab Penyakit Bercak Daun pada Tanaman Mentimun. *Jurnal USU.* 1(1) : 1-7.
- Hanudin, H. dan Marwoto, B. (2012). Prospek Penggunaan Mikroba Antagonis sebagai Agens Pengendali Hayati Penyakit Utama pada Tanaman Hias dan Sayuran. *Jurnal Litbang Pertanian.* 31(1): 8-13.
- Harman, G. E. dan Kubicek, C. P. (1998). *Trichoderma and Gliocladium Volume 2 Enzymes, Biological Control and Commercial Applications.* London: CRC Press.
- Hastuti, U. S. dan Rahmawati, R. (2016). The Antagonism Mechanism of *Trichoderma* spp. Towards *Fusarium solani* Mold. *Journal Pure Application Chemistry.* 5(3): 178-181.
- Herliyana, E. N., Jamilah, R., Taniwiryono, D., dan Firmansyah, M. A. (2013). Uji *In-Vitro* Pengendalian Hayati oleh *Trichoderma* spp. terhadap *Ganoderma* yang Menyerang Sengon. *Jurnal Silvikultur Tropika.* 4(3): 190-195.
- Hikmahwati, H., Auliah, M. R., Ramlah, R., dan Fitrianti, F. (2020). Identifikasi Cendawan Penyebab Penyakit Moler pada Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonium* L.) di Kabupaten Enrekang. *Jurnal Agrovital.* 5(2): 83-86.
- HiMedia Laboratories. (2015). ISP Medium No. 4 (*Inorganic Salt Starch Agar*). *Online.* <http://himedialabs.com/us/M359.pdf>. (Diakses 30 September 2023).
- HiMedia Laboratories. (2015). *Starch Agar.* *Online.* <http://himedialabs.com/us/M107S.pdf>. (Diakses 30 September 2023).
- HiMedia Laboratories. (2017). *Tryptone Soya Agar Plate.* *Online.* <https://himedialabs.com/us/MP290.pdf>. (Diakses 30 September 2023).
- HiMedia Laboratories. (2018). *SM Agar.* *Online.* <http://himedialabs.com/us/M763.pdf>. (Diakses 30 September 2023).

- HiMedia Laboratories. (2019). *Nutrient Gelatin*. Online. <http://www.himedialabs.com/us/M060.pdf>. (Diakses 30 September 2023).
- HiMedia Laboratories. (2019). *Oat Meal Agar*. Online. <http://www.himedialabs.com/us/M397.pdf>. (Diakses 01 Oktober 2023).
- HiMedia Laboratories. (2022). *Urea Agar Base (Autoclavable)*. Online. <http://himedialabs.com/us/M112.pdf>. (Diakses 10 Mei 2024).
- Hoten, H. V. (2020). Analisis Karakterisasi Serbuk Biokeramik dari Cangkang Telur Ayam Broiler. *Jurnal ROTOR*. 13(1): 1-5.
- Husin, A., Pranando, R., Andriani, D. S. (2022). Identification of the Tourism Potential of Firdaus Park Sriwijaya University. *Journal Research of Social Science Economics and Management*. 2(5): 810-819.
- Karkouri, A. E., Assou, S. A., dan Hassouni, M. E. (2019). Isolation and Screening of Actinomycetes Producing Antimicrobial Substances from an Extreme Moroccan Biotape. *The Pan African Medical Journal*. 33: 329.
- Katili, A. S. dan Yuliana, R. (2017). Isolation of Actinomycetes from Mangrove Ecosystem in Torosiaje, Gorontalo, Indonesia. *Biodiversitas*. 18(2): 826-833.
- Kavitha, A., Prabhakar, P., Narasimhulu, M., Vijayalakshmi M., dan Venkateswarlu, Y., Rao, K. V., dan Raju, V. B. S. (2010). Isolation, Characterization and Biological Evaluation of Bioactive Metabolites from *Nocardia levis* MK-VL_113. *Microbiological Research*. 165(1): 199-210.
- Kavitha, A., Prabhakar, P., Vijayalakshmi, M., dan Venkateswarlu, Y. (2010). Purification and Biological Evaluation of the Metabolites Produced by *Streptomyces* sp. TK-VL_333. *Res Microbiol*. 161(1): 335-345.
- Kawuri, R. (2016). Isolasi dan Identifikasi *Streptomyces* sp. pada Rhizosfer Tanaman Pisang (*Musa paradisiaca*) di Desa Pendem jembara Bali. *Jurnal Metamorfosa*. 3(2): 140-148.
- Khadka, P., Basnet, R. B., Rijal, B. P., san Sherchand, J. B. (2018). Pulmonary Nocardiosis Masquerading Renaissance of Tuberculosis in an Immunocompetent Host: a Case Report from Nepal. *BMC Research Notes*. 488(11): 1-5.
- Kharin, A. Y. (2020). Deep Learning for Scanning Electron Microscopy: Synthetic Data for the Nanoparticle's Detection. *Ultramicroscopy*. 219: 113125.
- Kristianti, D., Siahaan, P., dan Tangapo, A. M. (2023). Karakterisasi dan Uji Produksi IAA Bakteri Rizosfer dari Tanaman Putri Malu (*Mimosa pudica* L.). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 14(2): 29-37.

- Kristianti, D., Siahaan, P., dan Tangapo, A. M. (2023). Karakterisasi dan Uji Produksi IAA Bakteri Rizosfer dari Tanaman Putri Malu (*Mimosa pudica* L.). *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 14(2): 29-37.
- Kurnia, S. Astriani, M., dan Hidayat, S. (2021). Persepsi Masyarakat terhadap Fungsi Rawa di Daerah Musi Rawas. *Florea*. 8(1): 22-28.
- Kurniati, D. I., Ardiningsih, P., dan Nofiani, R. (2019). Isolasi dan Aktivitas Antibakteri Actinomycetes Berasosiasi dengan Korala. *Jurnal Kimia Khatulistiwa*. 8(2): 46-51.
- Kuswinanti, T., Rezkiani, A. P., Saputri, S. U., dan Arfa, A. (2022). Eksplorasi dan Efektivitas Cendawan Endofit terhadap Patogen Penyebab Busuk Batang Tanaman Jeruk (*Botrydiploia theobromae*) *In Vitro*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 13(1): 1-7.
- Lestari, S. A., Kulsum, U., dan Ramdan, E. P. (2021). Efikasi Beberapa Agens Hayati terhadap Penekanan Pertumbuhan *Pyricularia grisea* Secara *In Vitro*. *Jurnal Agrosains*. 23(1): 31-36.
- Lestari, S., Mukarlina, M., dan Kurniatuhadi, R. (2019). Identifikasi dan Deteksi Aktivitas Daya Hambat Bakteri Actinomycetes yang diisolasi dari Tanah Gambut di Desa Tajok Kayong Kalimantan Barat. *Jurnal Protobiont*. 8(1): 13-19.
- Lestari, Y. dan Muklis, M. (2017). *Mikroba Potensial pada Ekosistem Lahan Rawa*. Depok: Rajawali Press.
- Lestari, Y., Ardiningsih, P., dan Nurlina, N. (2016). Aktivitas Antibakteri Gram Positif dan Negatif dari Ekstrak dan Fraksi Daun Nipah (*Nypa fruticans* Wurmb.) Asal Pesisir Sungai Kakap Kalimantan Barat. *Jurnal JKK*. 5(4): 1-8.
- Lindawati, S.A. dan W. Suardana. (2016). Isolasi dan Identifikasi Spesies Bakteri Asam Laktat Penghasil Senyawa Amtimikroba Asal Koloning Sapi Bali. *Jurnal Veteriner*. 17(4): 576-581.
- Mahmudah, R., Baharuddin, M., dan Sappewali, S. (2016). Identifikasi Isolat Bakteri Termofilik dari Sumber Air Panas Lejja, Kabupaten Soppeng. *Al-Kimia*. 4(1): 31-42.
- Maritsa, H. dan Rianny, H. (2022). Screening Antagonistik Actinobacteria sebagai Agen Biokontrol terhadap *Ganoderma boninense*. *Jurnal Silva Tropika*. 6(1): 60-67.
- Maulana, R., Bahar, M., dan Nugrohowati, N. (2022). Efektivitas Isolat Actinomycetes dari Sampel Tanah Kebun Raya Bogor dalam Menghambat Pertumbuhan *Salmonella typhi* secara *In Vitro*. *Sensorik*. 147-155.

- Mawardika, H., Pertiwi, K. K., Wahyuni, D., dan Aulia, Q. W. (2023). Karakterisasi dan Uji Aktivitas Antimikroba Bakteri Kandidat Probiotik dari Terasi Udang Rebon. *Biosciencist*. 11(2): 1216-1226.
- Miftahurrohma, M. dan Wahyuni, W. S. (2022). Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium oxysporum* f.sp cepae pada Tanaman Bawang Merah dengan Air Rebusan Serai Dapur (*Cymbopogon citratus*). *Berkala Ilmiah Pertanian*. 5(2): 65-69.
- Miranda, M. A. R., Lestari, M. D., Setiawati, U. N., Setyaningrum, E., Nukmal, N., Arifyanto, A., dan Aeny, T. N. (2022). Uji Daya Hambat Pertumbuhan Mikroba Patogen oleh *Streptomyces* sp. strain 118 sebagai Agen Biokontrol. *Bioeksperimen*. 8(2): 88-96.
- Mohammad, A. M. (2016). Evaluation of Actinomycetes Isolates as A Biocontrol Agent Against *Spodoptera littoralis* (Boisd.) and *Fusarium oxysporum*. *Journal Plant Prot and Path*. 7(4): 227-232.
- Mohanty, S. dan Mohanty, M. (2021). Modified Acid-Fast Stain in the Diagnosis of Nocardia Infection: A Revisit. *The American Journal of the Medical Sciences*. 361(1): 403-407.
- Mohseni, M., H. Norouzi, J., dan Roohi, A. (2013). Screening of Antibacterial Producing Actinomycetes from Sediments of the Caspian Sea. *Int J Mol Cell Med Spring*. 2(2): 64-71.
- Muksin, R., Rosmini, R., dan Panggeso, J. (2013). Uji Antagonisme *Trichoderma* sp. terhadap Jamur Patogen *Alternaria porri* Penyebab Penyakit Bercak Ungu pada Bawang Merah secara *In-Vitro*. *e-Jurnal Agrotekbis*. 1(2): 140-144.
- Muslim, A. (2019). *Pengendalian Hayati Patogen Tanaman Dengan Mikroorganisme Antagonis*. Palembang: Unsri Press.
- Mustofa, R. (2017). Analisis Usaha Tani Kelapa Sawit Pola Swadaya pada Lahan Basah di Kabupaten Indragiri Hilir. *Menara Ilmu*. 11(78): 128-138.
- Ngittu, Y. S., Mantiri, F. R., Tallei, T. E., dan Kandou, F. E. F. (2014). Identifikasi Genus Jamur *Fusarium* yang Menginfeksi Eceng Gondok (*Eichhornia crassipes*) di Danau Tondano. *Pharmacon*. 3(3): 156-162.
- Ningrum, A. W. (2021). Eksplorasi Actinomycetes Tanah Rawa sebagai Agen Pengendali Hayati *Fusarium oxysporum* IPBCC.07.540. *Skripsi*. Universitas Sriwijaya.
- Njenga, W. P., F. B., Mwaura, J. M., Wagacha, dan Gathuru, E. M. (2017). Methods of Isolating Actinomycetes from the Soils of Menengai Crater in Kenya. *Archives of Clinical Microbiology*. 8(3): 1-7.

- Nur'aini, F., Sukamto, S., Wahyuni, D., Suhesti, R. G., dan Ayunin, Q. (2013). Penghambatan pertumbuhan *Colletotrichum gloeosporioides* oleh *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, *Bacillus subtilis* dan *Pseudomonas fluorescens*. *Pelita Perkebunan*. 29(1): 44-52.
- Nurjanah, Rahmawati, dan Nurhidayat, N. (2019). Skrining Isolat Bakteri Actinomycetes dari Sumber Air Panas Ai' Sipant Lotup yang Berpotensi sebagai Agen Antifungi terhadap Fungi *Malassezia* sp. (M1). *Protobiont*. 8(2): 104-109.
- Nurjasmi, R. dan Suryani, S. (2017). Uji Antagonistik Actinomycetes Asal Limbah Kulit Bawang Merah terhadap Patogen Tanaman. *Jurnal Ilmiah Respati Pertanian*. 11(2): 718-722.
- Nurkanto, A. dan Agusta, A. (2015). Identifikasi Molekular dan Karakterisasi Morfo-Fisiologi Actinomycetes Penghasil Senyawa Antimikroba. *Jurnal Biologi Indonesia*. 11(2): 195-203.
- Nursyam, H. dan Prihanto, A. A. (2018). Identifikasi Molekuler Bakteri Endofit Mangrove *Rizhopora muncronata* Penghasil Gelatinase (MMP2). *JPHPI*. 21(1):143-147.
- Nuryady, M. M. Istiqomah, T., Faizah, R., Ubaidillah, S., Mahmudi, Z., dan Sutoyo, S. (2013). Isolasi dan Identifikasi Bakteri Asam Laktat Asal Yoghurt . *UNEJ Jurnal*. 1(5): 1-11.
- Nuryanti, S., Fitriana, F., dan Pratiwi, A. R. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *As-syifa*. 13(1): 71-79.
- Nuryanti, S., Fitriana, F., dan Pratiwi, A. R. (2021). Karakterisasi Isolat Bakteri Penghasil Selulosa dari Buah Naga Merah (*Hylocereus polyrhizus*). *As-syifa*. 13(1): 71-79.
- Oktapia, T. (2022). Aktivitas Enzim Kitinase Actinobacteria Asal Hutan Harapan Provinsi Jambi dalam Menghambat *Ganoderma boninense*. *Skripsi*. Universitas Jambi.
- Oxoid. *Simmons Citrate Agar*. (2013). *Online*. http://www.oxoid.com/UK/blue/prod_detail/prod_detail.asp?pr=CM0155&c=UK&lang=EN. (Diakses 30 September 2023).
- Pallegrini, M., Ercole, C., Gianchino, C., Bernardi, M., Pace, L., dan Gallo, M. D. (2021). *Fusarium oxysporum* f. sp. *cannabis* Isolated from *Cannabis sativa* L. : In Vitro and In Planta Biocontrol by a Plant Growth Promoting-Bacteria Consortium. *Plants*. 10(1): 1-13.

- Panjaitan, F. J., Bachtiar, T., Arsyad, I., Lele, O. K., dan Indriyani, W. (2020). Karakterisasi Mikroskopis dan Uji Biokimia Bakteri Plearut Fosfat (BPF) dari Rhizosfer Tanaman Jagung Fase Vegetatif. *Jurnal CIWAL*. 1(1): 9-17.
- Pasalo, N. M., Kandou, F. E. F., dan Singkoh, M. F. O. (2022). Uji Antagonisme Jamur *Trichoderma* sp. terhadap Patogen *Fusarium* sp. pada Tanaman Bawang Merah *Allium cepa* Isolat Lokal Tonsewer secara *In Vitro*. *Jurnal Ilmu Alam dan Lingkungan*. 13(2): 1-7.
- Pitasari, A. dan Ali, M. (2018). Isolasi dan Uji Antagonis Bakteri Endofit dari Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap Jamur *Alternaria porri* Ellis Cif. *Jurnal Online Mahasiswa Faperta*. 5(1): 1-12.
- Pratama, F. B. (2018). Potensi Antagonisme Actinomycetes dari Rhizosfer Tanaman Kubis terhadap *Fusarium oxysporum* f. sp. *conglutinans* Penyebab Layu Fusarium pada Tanaman Kubis (*Brassica oleracea*). *Skripsi*. Universitas Brawijaya.
- Prihatiningsih, N., Arwiyanto, T., Hadisutrisno, B., dan Widada, J. (2015). Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *Jurnal HPT Tropika*. 15(1): 64-71.
- Pujiati, P. (2014). Isolasi Actinomycetes dari Tanah Kebun sebagai Bahan Petunjuk Praktikum Mikrobiologi. *Jurnal Florea*. 1(2): 42-46.
- Queendy, V. dan Roza, R. M. (2019). Aktivitas Antifungi Isolat Aktinomisetes Arboretum Universitas Riau terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp lycopersici dan *Ganoderma boninense*. *Al-Kauniyah*. 12(1): 73-88.
- Rabah, F. L., Elshafei, A., Saker, M., Cheikh, B., dan Hocine, H. (2007). Screening, Isolation, and Characterization of a Novel Antimicrobial Producing Actinomycetes, Strain RAF10. *Biotechnology*. 6(4): 489-496.
- Rana, S. dan Salam, M. D. (2014) Antimicrobial Potential of Actinomycetes Isolated from Soil Samples of Punjab, India. *Journal of Microbiology and Experimentation*. 1: 63-68.
- Ranjani, A., Dharumadurai, D., dan Manogaran, G. P. (2016). *An Introduction to Actinobacteria*. London: InTechOpen.
- Rasmida, H. Y. dan Roza, R. M. (2021). Isolasi dan Karakterisasi Aktinomisetes dari Rizosfer Tumbuhan Siak-Siak (*Dianella ensifolia* (L.) DC.). *Prosiding SEMNAS Bio*. 488-501.
- Ratte, M., Batubara, I., dan Lestari, Y. (2022). Karakterisasi Morfologi dan Aktivitas Antioksidan Aktinobakteri dari *Xylocarpus granatum* yang Tumbuh di Habitat Mangrove. *Biotropika*. 10(1): 1-10.

- Rubaye, T. S. A., Mohsen, B. A., Subhi, S. A., dan Risan, M. H. (2023). Biochemichal Studies on Antibiotic Production from *Streptomyces grieseus*. *Journal of Population Therapeutics & Clinical Pharmacology*. 30(2): 240-248.
- Sabu, R., Soumya, K. R., dan Radhakrishnan, E. K. (2017). Endophytic *Nocardioopsis* sp. from *Zingiber officinale* with Both Antiphytopathogenic Mechanisms and Antibiofilm Activity Against Clinical Isolates. *3 Biotech*. 7(115): 1-13.
- Safitri, A. L., Mukarlina, M., dan Zakiah, Z. (2022). Daya Hambat Isolat Jamur Rizosfer Tanaman Kopi (*Coffea* sp.) terhadap Pertumbuhan Jamur Penyebab Busuk Buah Kopi (*Coffea* sp.). *Jurnal Bios Logos*. 12(1): 16-24.
- Sahur, A. (2021). *Teknologi Mikroba: Actinomycetes dan Rhizobium untuk Perbaikan Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kedelai*. Makassar: Ficus Press.
- Sapkota, A., Thapa, A., Budhathoki, A., Sainju, M., Shrestha, P., dan Aryal, S. (2020). Isolation, Characterization, and Screening of Antimicrobial-Producing from Soil Samples. *International Journal of Microbiology*. 1-7.
- Saputra, R., Arwiyanto, T., dan Wibowo, A. (2019). *Streptomyces* sp.: Characterization, Identification and its Potential as a *Ralstonia solanacearum* Biological Control Agents in vitro. *InJAR*. 2(3): 148-155.
- Sari, M., Nawangsih, A. A., dan Wahyudi, A. T. (2021). Rhizosphere *Streptomyces* Formulas as the Biological Control Agent of Phytopathogenic Fungi *Fusarium oxysporum* and Plant Growth Promotor of Soybean. *Biodiversitas*. 22(6): 3016-3023.
- Saylendra, A., Rusbana, T. B., dan Herdiani, L. (2015). Uji Antagonis *Pseudomonas* sp. Asal Endofit Perakaran Padi terhadap Penyakit Blas (*Pyricularia oryzae*) secara *In Vitro*. *Agrologia*. 4(2): 83-87.
- Sektiono, A. W., Kajariyah, S. N., Djauhari, S. (2016). Uji Antagonisme Actinomycetes Rhizosfer dan Endofit Akar Tanaman Cabai (*Capsicum frutescens* L.) terhadap Jamur *Colletotrichum capsici* (Syd.) Bult et Bisby. *Jurnal HPT*. 4(1): 17-23.
- Setiaji, A., Annisa, R. R. R., dan Rahmandias, D. T. (2023). Bakteri Bacillus sebagai Agen Kontrol Hayati dan Biostimulan Tanaman. *Jurnal Rekayasa*. 16(1): 96-106.
- Setyaningsih, N. E. dan Septiano, A. F. (2019). Optimasi Kualitas Citra *Scanning Electron Microscopy* (SEM) dengan Metode *Contrast to Noise Ratio* (CNR). *Prosiding Seminar Nasional IV*.

- Stenberg, J. A., Sundh, I., dan Becher, P. G. (2021). When is it Biological Control? A Framework of Definitions, Mechanisms, and Classifications. *Journal of Pest Science*. 94: 665-676.
- Suanda, I. W. dan Ratnadi, N. W. (2015). Daya Antagonisme *Trichoderma* sp. Lokal terhadap Jamur Patogen Penyebab Penyakit Rebah Kecambah (*Sclerotium rolfsii* Sacc.) pada Tanaman Tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill.). *Jurnal EmaSains*. 4(2): 155-162.
- Suhartina, S., Febby, E. F., Kandou, K., Marina, F. O., dan Singkoh, S. (2018). Isolasi dan Identifikasi Jamur Endofit pada Tumbuhan Paku *Asplenium nidus*. *Jurnal MIPA Unsrat*. 7(2) : 24-28.
- Sulistiyani, T. R., Meliah, S., dan Damayanti, D. (2020). Bakteri Endofit yang Diisolasi dari Akar *Eurycoma longifolia* dan Potensinya sebagai Pengendali Jamur Patogen Tanaman. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 7(1): 37-47.
- Sulistiyanto, W. N. dan Trimulyono, G. (2019). Karakterisasi Fenotip dan Indeks Similaritas Isolat Actinomycetes yang Memiliki Kemampuan Antibakteri terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*. *Biotropika*. 7(3): 112-120.
- Suloi, A. F., Nurmiati, N., dan Suhartini, W. (2022). Eksplorasi Bakteri Actinomycetes Asli Papua Barat sebagai Pewarna Makanan Alami dan Antimikroba. *G-Tech*. 6(2): 142-148.
- Suriadikarta, D. A. (2012). Teknologi Pengelolaan Lahan Rawa Berkelanjutan: Studi Kasus Kawasan Ex PLG Kalimantan Tengah. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 6(1): 45-54.
- Sutarini, N. L. W., Sumiartha, I. K., Suniti, N. W., Sudiarta, I. P., Wirya, G. N. A. S., dan Utama, M. S. (2015). Pengendalian Penyakit Layu *Fusarium* pada Tanaman Cabai Besar (*Capsicum annuum* L.) dengan Kompos dan Pupuk Kandang yang Dikombinasikan dengan *Trichoderma* sp. di Rumah Kaca. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika*. 4(2): 136-144.
- Syamsuddin, S., Hasanuddin, H., dan Chamzurni, C. (2018). Karakterisasi Fisiologis dan Uji Kemampuan Isolat Rizobakteri untuk Menghambat Pertumbuhan Koloni Patogen Terbawa Benih Cabai (*Capsicum annuum* L.). *Prosiding Forum Komunikasi Perguruan Tinggi Pertanian Indonesia*.
- Tasik, S., Widyastuti, S. M., dan Harjono, H. (2015). Mekanisme Parasitisme *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* pada Semai *Acacia mangium*. *Jurnal HPT Tropika*. 15(1): 72-80.
- Tian, S, Pu, X., Luo, G., Zhao, L., Xu, L., Li, W., dan Luo, Y. (2013). Isolation and Characterization of New p-Terphenyls with Antifungal, Antibacterial, and Antioxidant Activities from Halophilic Actinomycete *Nocardiopsis*

- gilva* YIM 900887. *Journal of Agricultural and Food Chemistry*. 6(1): 3006-3012.
- Tlemsani, M., Fortas, Z., Dib, S., dan Bellahcen, M. (2020). In Vitro Antagonism between Actinomycetes Isolates and *Fusarium oxysporum* f.sp Ciceri: The Causative Agent of Chickpea Vascular Wilt. *South Asian Journal of Experimental Biology*. 10(4): 225-267.
- Utarti, E., Suwanto, A., Suhaertono, M. T., dan Meryandini, A. (2020). Identifikasi Aktinomiset Selulolitik dan Xilanolitik Indegenous. *Berkala Sainstek*. 8(1): 1-5.
- Vishwanatha, B. T., Babu, G. K., Padmashari, P., Malagi, S. B., Dandin, C. J., dan Nayaka, S. (2017). Isolation, Identification and Characterization of *Streptomyces* sp. SN-2. *Biosciences Biotechnology Research Asia*. 14(4): 1401-1407.
- Wahyuningsih, S. (2019). Pengaruh Konsentrasi Enzim α -Amilase pada Hidrolisis Pati Labu Jepang (Kabocho). *Cheesa Journal*. 2(1): 26-32.
- Wijayanti, E., Nawangsih, A. A., dan Tondok, E. T. (2024). *Streptomyces* spp. sebagai Pengendali Hayati Busuk Fusarium pada Bawang Merah. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 20(2): 57-65.
- Wulandari, D. dan Purwaningsih, D. (2019). Identifikasi dan Karakterisasi Bakteri Amilolitik pada Umbi *Colocasia esculenta* L. secara Morfologi, Biokimia, dan Molekuler. *Jurnal Bioteknologi dan Biosains Indonesia*. 6(2): 247-258.
- Wulandari, S. dan Sulistyani, N. (2016). Pengaruh Media terhadap Pertumbuhan Isolat Actinomycetes Kode AL35 serta Optimasi Produksi Metabolit Antibakteri berdasarkan Waktu Fermentasi dan pH. *Media Farmasi*. 13(2): 187-197.
- Yusnizar, Y., Fikrinda, F., Syafruddin, S., Hifnalisa, H., dan Simahtuah, K. (2023). Skrining dan Uji Daya Hambat Actinomycetes dari Rizosfer Tanaman Kopi Arabika di Kabupaten Bener Meriah terhadap *Colletotrichum coffeanum*. *Jurnal Agrotek*. 7(2): 108-117.
- Yuvika, Y., Nasution, A., dan Gafur, A. (2013). Isolasi dan Penapisan *In-Vitro* Aktinomiset untuk Mengendalikan *Xanthomonas*. *Jurnal Patologi Indonesia*. 9(4): 124-129.
- Zhang, L., Zhang, H., Huang, Y., Peng, J., Xie, J., Dan Wang, W. (2021). Isolation and Evaluation of Rhizosphere Actinomycetes with Potential Application for Biocontrolling *Fusarium oxysporum* f.sp. cubense Tropical Race 4. *Frontiers in Microbiology*. 12(1): 1-16.
- Zhou, T., Wang, X. Y., Deng, D. Q., Xu., L. H., Li, Z. L., Guo, Y., Li, W. H., Xie, H., Zhang, P. L., dan Zhou, X. H. (2020). *Nocardia solli* sp. nov., a New

Pathogen Isolated from a Patient with Primary Cutaneous nocardiosis.
International Journal of Systematic and Evolutionary Microbiology. 70:
2981-2987.