

SKRIPSI

**AKTIVITAS DAYA HAMBAT BEBERAPA JENIS FUNGISIDA
TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR *Fusarium oxysporum*
SECARA *IN VITRO***

ANGEL SIANTURI



**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN SAINS
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
2026**

**AKTIVITAS DAYA HAMBAT BEBERAPA JENIS FUNGISIDA
TERHADAP PERTUMBUHAN JAMUR *Fusarium oxysporum*
SECARA *IN VITRO***

ANGEL SIANTURI

Skripsi

*sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar
Sarjana Kehutanan pada Prodi Kehutanan*

**PROGRAM STUDI KEHUTANAN
FAKULTAS KEHUTANAN DAN SAINS
UNIVERSITAS LANCANG KUNING
PEKANBARU
2026**

PERNYATAAN ORISINALITAS

Dengan ini menyatakan bahwa penulisan skripsi yang telah saya buat merupakan hasil karya sendiri dan benar keasliannya. Apabila ada pernyataan dikemudian hari hasil penulisan skripsi ini merupakan hasil plagiat atau penjiplakan terhadap karya orang lain, maka saya bersedia mempertanggungjawabkan sekaligus menerima sanksi berdasarkan aturan tata tertib di Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya dalam keadaan sadar dan tidak dipaksakan.

Pekanbaru, 10 Februari 2026




Angel Sianturi
2154251010

LEMBAR PENGESAHAN

Judul Skripsi : Aktivitas Daya Hambat Beberapa Jenis Fungisida Terhadap
Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*
Nama : Angel Sianturi
NIM : 2154251010
Program Studi : Kehutanan

Disetujui

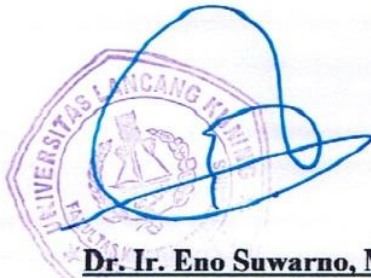


Dr. Sri Rahayu Prastyarningsih, S.Hut., M.P
Pembimbing I



Azwin, S.P., M.Si
Pembimbing II

Diketahui



Dr. Ir. Eno Suwarno, M.Si
Dekan Fakultas Kehutanan dan Sains



Muhammad Ikhwani, S.Hut., M.Si
Ketua Program Studi Kehutanan

Tanggal Lulus: 10 Februari 2026

LEMBAR PENGESAHAN TIM PENGUJI

Judul Skripsi : Aktivitas Daya Hambat Beberapa Jenis Fungisida Terhadap
Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*

Nama : Angel Sianturi

NIM : 2154251010

Program Studi : Kehutanan

Telah berhasil dipertahankan di hadapan Tim Penguji dan diterima sebagai bagian persyaratan yang diperlukan untuk memperoleh gelar Sarjana Kehutanan pada Program Studi Kehutanan Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning Pekanbaru.

No	Nama Penguji	Jabatan	Tanda Tangan
1	Dr. Sri Rahayu Prastyaningsih, S.Hut., M.P.	Ketua	
2	Azwin, S.P., M.Si.	Sekretaris	
3	Dr. Ir. Eno Suwarno, M.Si.	Anggota	
4	Dr. Ambar Tri Ratnaningsih, S.Hut., M.Si.	Anggota	
5	Dr. Eni Suhest, S.Hut., M. Si.	Anggota	

DAFTAR RIWAYAT HIDUP



Penulis dilahirkan di Duri pada tanggal 19 Mei 2003 dari pasangan suami isteri Bapak Donner Hasudungan Sianturi dan Mendiang Ibu Sinta Sarmauli Tambunan. Penulis merupakan anak ke lima dari lima bersaudara. Pada tahun 2010, penulis menyelesaikan pendidikan kanak-kanak di TK Bina Bersama dan pada tahun yang sama melanjutkan pendidikan sekolah dasar di SDN 01 Dayun, Siak. Pada tahun 2015 penulis menyelesaikan pendidikan di sekolah dasar lalu melanjutkan pendidikan tingkat menengah di SMPN 002 Dayun dan selesai pada tahun 2018. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan tingkat atas di SMAN Olahraga Prov.Riau dan selesai pada tahun 2021. Di tahun 2021 penulis melanjutkan pendidikan tingkat strata satu dan lolos beasiswa KIP-Kuliah di Universitas Lancang Kuning Pekanbaru dengan memilih program studi Kehutanan, Fakultas Kehutanan dan Sains.

Pada tahun 2022 penulis melaksanakan Praktek Pengenalan Ekosistem Hutan (PEH) di Taman Hutan Raya (Tahura) Sultan Syarif Hasym. Pada tahun 2024 penulis melaksanakan Praktek Kerja (PK) di PT Arara Abadi Distrik Sorek, Kecamatan Pangkalan Kuras, Kabupaten pelalawan, Provinsi Riau. Selama masa perkuliahan, penulis aktif menjadi atlet Pencak Silat Riau, menjadi juara PORPROV X Riau 2022, mengikuti POMNAS 2021, 2023, 2025, Juara 3 The 3rd TNSU ASEAN University Pencak Silat Yala, Thailand, Juara 3 Karya Tulis PHR Goes to Campus serta aktif menjadi penari di sanggar Badhayavana Amerta milik Fakultas Kehutanan dan Sains, Universitas Lancang Kuning,

Dalam rangka menyelesaikan tugas akhir (skripsi) pada tahun 2026, penulis melakukan penelitian sebagai salah satu syarat memperoleh gelar Sarjana Kehutanan di Universitas Lancang Kuning dengan judul “Aktivitas Daya Hambat Beberapa Jenis Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* secara *In Vitro*” yang di bimbing oleh Ibu Dr. Sri Rahayu Prastyaningsih, S.Hut., M.P. sebagai dosen pembimbing I dan Bapak Azwin, S.P., M.Si. sebagai dosen pembimbing

RINGKASAN

ANGEL SIANTURI. Aktivitas Daya Hambat Beberapa Jenis Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro* yang dibimbing oleh Ibu Dr. Sri Rahayu Prastyaningsih, S.Hut., M.P. dan Bapak Azwin, S.P., M.Si.

Fusarium sp. merupakan spesies yang merugikan dalam persemaian Akasia di Riau. Upaya perlindungan tanaman menjadi penting untuk menjaga keberlanjutan produktivitas bibit di persemaian Hutan Tanaman Industri (HTI). Pengendalian terhadap patogensi *Fusarium oxysporum* pada tanaman *Acacia crassiparva* sudah dilakukan menggunakan fungisida sintetis. Pemilihan jenis fungisida berbahan aktif mancozeb, tebuconazole, propineb dan benomyl diketahui mampu menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. Penelitian ini bertujuan untuk menganalisis efektivitas daya hambat beberapa jenis fungisida dan konsentrasi berbeda untuk menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.

Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan menggunakan 2 faktor perlakuan. Faktor pertama menggunakan 4 jenis fungisida: F1 (Fungisida Tridium), F2 (Fungisida Antracol), F3 (Fungisida Dhitane), dan F4 (Fungisida Benlox). Faktor kedua variasi konsentrasi: D1 (1700 ppm), D2 (2700 ppm), D3 (3700 ppm) dan D4 (4700 ppm). Total kombinasi perlakuan berjumlah 16, setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali dengan total 48 petridish. Parameter yang diamati meliputi hari efektif pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*, pertumbuhan diameter koloni, dan aktivitas daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. Data hasil penelitian ini dianalisis menggunakan *software* IBM SPSS 27 melalui uji ANOVA (*Ananlysis of Variance*). Jika berpengaruh nyata ($p < 0,05$), dilakukan uji lanjut DMRT (*Duncan's Multiple Range Test*) pada taraf 5%

Berdasarkan hasil penelitian, diketahui bahwa aktivitas daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro* dipengaruhi oleh jenis fungisida yang digunakan. Sementara konsentrasi pada pengujian ini tidak memberikan pengaruh yang nyata. Pada jenis fungisida yang diuji, perlakuan F1 (Tridium) dan F3 (Dhitane) merupakan fungisida yang direkomendasikan, karena memiliki bahan aktif *multi-site* dengan campuran campuran mancozeb, azoksistrobin dan tebuconazole. Konsentrasi yang direkomendasikan berdasarkan pengujian adalah D1 (1700 ppm). Sebab penggunaan konsentrasi yang rendah saja sudah memberikan pengaruh yang sangat nyata terhadap kemampuan fungisida dalam menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.

PRAKATA

Puji syukur kepada Tuhan YME, atas berkat rahmat dan karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi sebagai tugas akhir pendidikan jenjang strata satu dengan judul **“Aktivitas Daya Hambat Beberapa Jenis Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur *Fusarium oxysporum* Secara *In Vitro*”**. Skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk menyelesaikan studi di Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning Pekanbaru. Pada kesempatan ini penulis dengan tulus mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ibu Dr. Sri Rahayu Prastyaningsih, S.Hut., M.P. selaku dosen pembimbing I dan kepada Bapak Azwin, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing II yang telah membimbing dan memberikan arahan serta saran dalam penulisan skripsi ini.
2. Bapak Dr. Ir. Eno Suwarno, M. Si selaku Dekan Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning yang memberikan wadah untuk mengasah ilmu pengetahuan dan mengembangkan minat bakat mahasiswa.
3. Seluruh dosen dan Staff Fakultas Kehutanan dan Sains Universitas Lancang Kuning, Kak Reni dan kak Yen yang senantiasa memberi nasehat dan ilmu serta mengingatkan penulis dalam proses menyelesaikan tugas akhir ini.
4. Orang tua terkasih Ayah Donner H. Sianturi dan Ibunda Sinta Sarmauli Tambunan yang sudah menjadi bidadari surga yang begitu luar biasa memberikan dukungan moril dan materi serta menjadi sumber semangat penulis selama menempuh studi.
5. Saudara terkasih, Keluarga A. Michael Japistar Emeric Marbun/br Sianturi, Evi Kristin Sianturi, Keluarga J. Sianturi/br Tambunan, Richa Sulastri, Agnessya Juliana, Meiyline Rebeka, Wilda Ardini, Glitter Galatia, dan Mami Papi Nes yang selalu memberikan semangat dan menjadi sumber inspiratif penulis.

6. Sahabat kandung Cindy Claudia Saragih, Abang Genaro Pablo Guares Pasaribu, Tim Mengejar eSHut, Keluarga Jejak Liar Minas, yang selalu mendukung, menemani dan mewarnai perjalanan pendidikan penulis.

Dalam skripsi ini, masih terdapat kekurangan yang disajikan. Maka dari itu kritik dan saran dari semua pihak sangat dibutuhkan untuk upaya perbaikan dikemudian hari. Besar harapan penulis agar tulisan ini dapat memberikan kontribusi positif dalam pengembangan upaya pemeliharaan tanaman kehutanan di bidang industri khususnya tanaman Akasia. Akhir kata, penulis mengucapkan terimakasih.

Pekanbaru, 10 Februari 2026

Penulis,

Angel Sianturi

DAFTAR ISI

	Halaman
PRAKATA.....	i
DAFTAR ISI.....	iii
DAFTAR TABEL.....	v
DAFTAR GAMBAR.....	vi
DAFTAR LAMPIRAN.....	vii
I. PENDAHULUAN.....	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	2
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis.....	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
II. TINJAUAN PUSTAKA.....	5
2.1 Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	5
2.1.1 Klasifikasi dan Morfologi Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	5
2.1.2 Aktifitas Serangan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	7
2.2 Fungisida.....	8
2.2.1 Peran dan Aplikasi Fungisida.....	8
2.2.2 Jenis Fungisida Untuk Menekan Patogensi Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	9
2.3 Penelitian Terdahulu.....	10
III. METODE PENELITIAN.....	12
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan Penelitian.....	12
3.3 Prosedur Penelitian.....	13
3.3.1 Sumber Isolat Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	14
3.3.2 Sterilisasi Alat.....	15
3.3.3 Persiapan Media PDA.....	15
3.3.4 Aplikasi Jenis Fungisida dan Konsentrasi Berbeda pada Media PDA.....	16
3.3.5 Inokulasi Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	16
3.3.6 Pemasangan Label.....	17
3.4 Parameter Pengamatan.....	17
3.4.1 Hari Efektif Pertumbuhan Koloni Jamur (HSI/ Hari Setelah Inokulasi).....	17
3.4.2 Diameter Pertumbuhan Koloni (cm).....	17
3.4.3 Panjang Konidia Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (µm).....	17
3.4.4 Aktivitas Daya Hambat Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%).....	18
3.5 Analisis Data.....	19

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....	20
4.1 Hari Efektif (HSI) Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	20
4.2 Diameter (cm) Pertumbuhan Koloni.....	23
4.3 Panjang Konidia (μm) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	27
4.4 Aktivitas Daya Hambat Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	30
4.4.1 Persentase Daya Hambat Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	30
4.4.2 Pemeringkatan Bell (<i>Bell Rating</i>) Daya Hambat Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)..	31
4.4.3 Analisis Daya Hambat Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	33
V. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38

DAFTAR TABEL

	Halaman
1. Jenis Bahan Aktif Fungisida untuk Mengendalikan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> pada Bibit <i>Acacia crassicarpa</i>	9
2. Kombinasi Perlakuan Jenis Fungisida dan Konsentrasi Berbeda	13
3. Tingkat Daya Hambat Fungisida terhadap Pertumbuhan jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	19
4. Skala Pemeringkatan Bell	19
5. Analisis Sidik Ragam Hari Efektif Pertumbuhan (HSI) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	20
6. Uji Lanjut DMRT Rata-Rata Hari Efektif (HSI) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	21
7. Analisis Sidik Ragam Pertumbuhan Diameter (cm) <i>Fusarium oxysporum</i>	23
8. Uji Lanjut DMRT Rata-rata Pertumbuhan Diameter (cm) <i>Fusarium oxysporum</i>	24
9. Analisis Sidik Ragam Pengukuran Panjang Konidia Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (µm)	28
10. Uji Lanjut DMRT Rata-Rata Panjang Konidia Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (µm)	29
11. Persentase Daya Hambat Fungisida terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	30
12. Pemeringkatan Bell (<i>Bell Rating</i>) Daya Hambat Fungisida Terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	32
13. Analisis Sidik Ragam Daya Hambat Fungisida Terhadap Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	33
14. Uji Lanjut DMRT Rata-Rata Analisis Daya Hambat Fungisida terhadap Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (%)	34

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
1. Karakteristik jamur <i>Fusarium oxysporum</i> sp. <i>Capsica</i> umur 7 HSI (perbesaran 100x).	6
2. Diagram Alir Prosedur Penelitian	14
3. Hari Efektif Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (HSI)	22
4. Panjang Konidia Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	27

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
1. <i>Layout</i> penelitian Jenis Fungisida dengan konsentrasi Berbeda	44
2. <i>Tally Sheet</i> Pengukuran Hari Efektif (HSI) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	45
3. <i>Tally Sheet</i> Pengukuran Diameter (cm) Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	47
4. <i>Tally Sheet</i> Pengukuran Panjang Konidia Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i> (µm)	50
5. <i>Tally Sheet</i> Persentase (%) Daya Hambat (<i>Inhibition</i>) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	51
6. <i>Tally Sheet</i> Pemeringkatan Bell Daya Hambat (<i>Inhibition</i>) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	53
7. Data Pengamatan Hari Efektif (HSI) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	55
8. Data Pengukuran Diameter (cm) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	56
9. Data Pengukuran Panjang Konidia (µm) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	56
10. Data Persentase (%) Daya Hambat (<i>Inhibition</i>) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	57
11. Data Pemeringkatan Bell Daya Hambat (<i>Inhibition</i>) Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	57
12. Tabel Uji Analisis Sidik Ragam dan DMRT Hari Efektif (µm) Pertumbuhan Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	58
13. Tabel Uji Analisis Sidik Ragam dan DMRT Diameter (cm) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	59
14. Tabel Uji Analisis Sidik Ragam dan DMRT Panjang Konidia (µm) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	61
15. Tabel Uji Analisis Sidik Ragam dan DMRT Daya Hambat (<i>Inhibition</i>) (%) Pertumbuhan Koloni Jamur <i>Fusarium oxysporum</i>	62
16. Dokumentasi Penelitian	63

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Fusarium sp. merupakan spesies yang merugikan dalam persemaian Akasia di Riau (Lynn, 2020). Tanaman *Acasia crassicarpa* merupakan salah satu jenis tanaman yang direkomendasikan untuk ditanam dalam upaya pembangunan dan pengembangan Hutan Tanaman Industri (HTI), sebab tanaman ini memiliki pertumbuhan yang cepat (*fast growing*) serta memiliki kandungan selulosa yang lebih tinggi dan kandungan lignin yang lebih rendah daripada *Acacia mangium* sehingga lebih unggul dari segi kualitas kayu untuk keperluan industri (Wahyudi, 2023). Produktivitas akasia dalam skala besar menghadapi ancaman serius dari Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) khususnya patogen cendawan. Salah satu jenis cendawan yang menyerang bibit *A. crassicarpa* yaitu *Fusarium* (Kurniati *et al.*, 2020).

F. oxysporum merupakan patogen tular tanah yang menyerang sistem perakaran dan jaringan pembuluh xylem tanaman, sehingga transportasi air dan nutrisi, serta menyebabkan gejala seperti daun menguning, layu dan rebah kecambah (Tasik *et al.*, 2015). *F. oxysporum* diketahui menjadi penyebab utama penyakit *seedling wilt* pada bibit akasia (Soleha *et al.*, 2022). Infeksi *F. oxysporum* dapat menyebabkan kematian tanaman muda *A. crassicarpa* hingga lebih dari 60% di daerah pembibitan. Serangan ini tidak hanya menyebabkan penurunan produktivitas, tetapi juga mengganggu keberlanjutan program HTI dan upaya restorasi ekosistem hutan (Silalahi *et al.*, 2020).

Pengendalian terhadap patogensi *F. oxysporum* pada tanaman *A. crassicarpa* sudah dilakukan menggunakan fungisida sintetis. Berdasarkan penelitian Girsang (2020) jenis fungisida yang memiliki kandungan bahan aktif mancozeb, tebukonazol dan propineb memiliki kemampuan menekan kejadian serta keparahan penyakit layu fusarium yang lebih tinggi dibandingkan jenis lainnya contohnya seperti tridium, antracol dan dithane. Meski demikian, pemilihan fungisida dan konsentrasi yang tepat masih menjadi tantangan terutama karena efektivitas fungisida dapat berbeda-beda tergantung patogen, kondisi lingkungan, serta teknik aplikasi. Selain itu, penggunaan fungisida sintetis secara

berkelanjutan berpotensi menimbulkan resistensi patogen, residu kimia, dan dampak ekologis yang kurang menguntungkan (Soleha *et al.*, 2022).

Pengendalian penyakit tanaman berdasarkan penelitian terbaru menekankan pentingnya pendekatan yang lebih ramah lingkungan, seperti biofungisida maupun agen hayati yang mampu menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* secara efektif. Sebagai contoh, studi terbaru menunjukkan bahwa *Bacillus velezensis* dapat menghambat perkembangan *F. oxysporum* secara *in vitro* sekaligus meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan bibit (Yun *et al.*, 2024). Meskipun demikian, penggunaan fungisida sintetis tetap diperlukan dalam beberapa kondisi tertentu, terutama pada fase awal persemaian yang dilakukan secara monokultur, dimana tingkat serangan patogen sangat tinggi. Oleh karena itu, diperlukan penelitian ilmiah untuk menentukan jenis fungisida dan konsentrasi yang efektif dalam menekan pertumbuhan *F. oxysporum*.

Berdasarkan kebutuhan tersebut, penelitian ini menjadi penting untuk dilakukan. Pengujian efektivitas beberapa jenis fungisida terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro* akan memberikan informasi ilmiah terkait jenis fungisida dan konsentrasi optimal yang dapat menghambat pertumbuhan patogen sebelum diterapkan secara *in vivo* di lapangan. Hasil penelitian diharapkan dapat menjadi dasar dalam perumusan strategi pengendalian penyakit layu *fusarium* yang lebih efisien dan berkelanjutan sebagai bagian dari manajemen penyakit terpadu *Integrated Disease Management* (IDM). Dengan demikian, penelitian ini memiliki urgensi tinggi dalam mendukung keberhasilan persemaian, produktivitas HTI serta keberlanjutan pengelolaan hutan tanaman di Indonesia.

1.2 Rumusan Masalah

1. Bagaimana aktivitas daya hambat beberapa jenis fungisida dan konsentrasi berbeda terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*?
2. Apakah terdapat perbedaan efektivitas yang signifikan antar jenis fungisida dan konsentrasi berbeda dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*?

3. Jenis fungisida dengan konsentrasi berapa yang paling efektif digunakan untuk menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*?

1.3 Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, maka tujuan penelitian ini yaitu:

1. Menganalisis aktivitas daya hambat beberapa jenis fungisida terhadap pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Menganalisis efektivitas beberapa konsentrasi fungisida yang berbeda dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
3. Mengetahui interaksi jenis fungisida dan konsentrasi dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.

1.4 Hipotesis

- H₀ : 1. Jenis fungisida tidak berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Variasi konsentrasi jenis fungisida tidak berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
3. Interaksi jenis fungisida dan konsentrasi tidak berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*
- H₁ : 1. Jenis fungisida berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
2. Variasi konsentrasi jenis fungisida berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.
3. Interaksi jenis fungisida dan konsentrasi berpengaruh nyata terhadap aktivitas daya hambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*.

1.5 Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat dalam bidang teoritis, praktis dan manfaat jangka panjang untuk Industri kehutanan:

1. Manfaat teoritis yaitu memberikan data ilmiah terbaru mengenai efektivitas beberapa jenis fungisida dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro*, menjadi acuan akademik dalam pengembangan Teknik pengendalian penyakit layu *fusarium* pada tanaman kehutanan khususnya *A. crassicarpa*, serta mendukung pengembangan konsep *Integrated Disease Management* (IDM) berbasis fungisida sintetis.
2. Manfaat bagi praktis penelitian ini adalah sebagai informasi yang dapat dimanfaatkan oleh praktisi kehutanan dan perusahaan HTI (Hutan Tanaman Industri) dalam memilih jenis fungisida yang paling efektif untuk mengendalikan serangan patogen *Fusarium oxysporum*, meningkatkan efisiensi produksi bibit pada kebutuhan monokultur berkelanjutan di HTI serta menjadi dasar bagi uji *in vitro* dan penerapan lapangan dalam program pengelolaan kesehatan tanaman di persemaian.
3. Manfaat jangka panjang untuk industri kehutanan yaitu mendukung keberlanjutan *pulp* dan kertas melalui ketersediaan bibit berkualitas, dan mengurangi kerugian ekonomi akibat kematian bibit bibit pada persemaian.

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Aktivitas daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum* secara *in vitro* dipengaruhi oleh jenis fungisida yang digunakan. Sementara konsentrasi pada pengujian ini tidak memberikan pengaruh yang nyata. Pada jenis fungisida yang diuji, perlakuan F1 (Tridium) dan F3 (Dhitane) merupakan fungisida yang direkomendasikan, karena memiliki bahan aktif *multi-site* dengan campuran mancozeb, azoksistrobin dan tebuconazole. Konsentrasi yang direkomendasikan berdasarkan pengujian adalah D1 (1700 ppm). Sebab penggunaan konsentrasi yang rendah saja sudah memberikan pengaruh terhadap kemampuan fungisida dalam menghambat pertumbuhan *F. oxysporum* secara *in vitro*. Sementara interaksi jenis fungisida dan konsentrasi hanya berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan diameter koloni jamur *F. oxysporum*. Interaksi yang disarankan adalah F1D1 (Tridium 1700 ppm), F2D2 (Antracol 2700 ppm), dan F3D1 (Dhitane 1700 ppm) dengan daya hambat total (0,00 cm pertumbuhan).

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, disarankan untuk melakukan pengujian lebih lanjut terkait aktivitas daya hambat fungisida terhadap pertumbuhan jamur *F. oxysporum* secara *in vivo*. Pengujian lebih lanjut diharapkan dapat memferivikasi efektivitas efikasi fungisida Tridium dan Dhitane yang diuji di laboratorium secara langsung pada tanaman, akankah memberikan hasil yang sama efektifnya saat berinteraksi dengan mikroorganisme tanah yang kompleks dan kondisi lingkungan dilapangan yang fluktuatif. Penggunaan fungisida benlox yang mengandung bahan aktif benomyl disarankan untuk tidak dilanjutkan penggunaannya. Sebab penggunaan bahan kimia tanpa memberikan pengaruh yang signifikan akan menyebabkan kerusakan pada media tumbuh, mencemari lingkungan dan kerusakan keanekaragaman hayati di lingkungan tumbuh tanaman.

DAFTAR PUSTAKA

- Apriani, L., Suprpta, D. N., & Temaja, I. G. R. M. (2014). Uji efektivitas fungisida alami dan sintetisdalam mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat yang disebabkan oleh *fusarium oxysporum f.sp. Lycopersici*. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika*, 3(3), 137–147. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT>
- Arslan, K., Sajid, A. K., Ummara, W., Raheel, M., Zulqarnain, K., Abdulwahed F. A., Hussein H. A. (2021). Morphological and genetic characterization of *Fusarium oxysporum* and its management using weed extracts in cotton. *Journal of King Saud University-Science*, 33(2).
- Bhattacharyya, B and B. M. Johri. (1998). Flowering Plants: Taxonomy and Phylogeny. New Delhi: Nurosa Publishing House.
- Chen, P. Y., Chuang, Y. C., Wu, U. I., Sun, H. Y., Wang, J. T., Sheng, W. H., Chen, Y. C., & Chang, S. C. (2021). Mechanisms of azole resistance and trailing in candida tropicalis bloodstream isolates. *Journal of Fungi*, 7(11), 1–11. <https://doi.org/10.3390/jof7110932>
- Cieslak, J. J., & Ingelbrecht, I. L. (2022). Efficient Screening Techniques to Identify Mutants with TR4 Resistance in Banana. Heidelberg Platz 3, 14197 Berlin, Germany: Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-662-64915-2>
- Cunha, J. C. S., Rivera Vega, L. J., Torres, J. B., Suh, C. P. C., & Sword, G. A. (2024). Fungal seed treatments of cotton affect boll weevil development. *Pest Management Science*, 80(3), 1566–1576. <https://doi.org/10.1002/PS.7890;REQUESTEDJOURNAL:JOURNAL:15264998;WGROU:STRING:PUBLICATION>
- Djamhuri, E., Yuniarti, N., & Purwani, H. D. (2012). Viabilitas benih dan pertumbuhan awal bibit akasia krasikarpa (*Acacia crassikarpa A. Cunn. Ex Benth.*) dari lima sumber benih di Indonesia. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 3(3), 187-195.
- Dotulong, G., Umboh, S., Pelealu, J., & Biologi, P. S. (2019). Uji toksisitas beberapa fungisida nabati terhadap penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman kentang (*Solanum tuberosum* L.) secara *in vitro*. *Jurnal Bioslogos*, 9(2), 91–101.
- Fitria, R. U., & Rachmawati, D. (2019). Efektivitas fungisida bahan aktif mancozeb untuk mengendalikan hawar daun kentang (*Phytophthora infestans*) di Sumber Brantas dan Nongkojajar. *Agrika. Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian*, 13(2), 22–30.

- Girsang, F. D. A. (2020). Uji Perlakuan Benih terhadap Perkembangan Penyakit Layu Fusarium (*Fusarium oxysporum f.sp.cepae*) pada Bawang Merah (*Allium cepa L.*). <https://repositori.usu.ac.id/handle/123456789/31088>
- Gortz, A., De, N., Dias, L. M., & De, L. (2011). Use of propineb for physiological curative treatment under zinc deficiency. *Bayer CropScience AG*, 1(61), 1–15.
- Heriansyah, P. (2019). Multiplikasi embrio somatis tanaman anggrek (*Dendrobium* sp) dengan pemberian kinetin dan sukrosa secara *in vitro*. *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 15(2), 67–78. <https://doi.org/10.31849/jip.v15i2.1974>
- Haroen, W.K., Uzair, Bahar, N. 1997. Kualitas Pulp Kertas *Acacia Mangium* Berbagai Umur Tanaman. *Berita Selulosa*.104-109.
- Ibrahim, S. G. A., & Abadi, A. L. (2023). Pengujian agens hayati terhadap penyakit layu fusarium (*Fusarium oxysporum*) pada tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum L.*) di Kecamatan Ciseeng, Kabupaten Bogor, Jawa Barat. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11(4), 163–172. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.4.1>
- Kumalasari K., Ade, S., Jahuddin, R., & Anggun. (2021). Uji antagonis *trichoderma* sp. Terhadap penyebab penyakit layu *fusarium* sp. Pada tanaman tomat (*Lycopersicum esculantum mill*). *Tarjih Agriculture System Journal.*, 01(01), 16–22. <https://jurnal-umsi.ac.id/index.php/agriculture>
- Kurniati, E., Zul, D., & Tjahyono, B. (2020). Isolasi dan identifikasi cendawan terbawa benih Acacia. *Jurnal Agronomi Tanaman Tropika*, 2(1), 19–30.
- Lahisuma, M. P., Agroteknologi, P. S., Pertanian, F., Peternakan, D. A. N., Islam, U., Sultan, N., & Kasim, S. (2022). Isolasi dan uji antagonis fungi *dark septate endophyte* dari perakaran *Acacia crassicarpa*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Sultan Syarif Kasim Riau. Pekanbaru. 46 hal
- Lynn, K. M. T. (2020). *Fusarium* spp. associated with ambrosia beetles on *Acaccia crassicarpa* in Indonesia. *Journal GEEJ*, 7(2), 1-24.
- Maulana, G. A., Yulia, E., & Suganda, T. (2025). Sensitivitas *Fusarium oxysporum f.sp. Cepae* isolat Kabupaten Garut terhadap beberapa jenis fungisida pada konsentrasi subletal serta virulensinya pada dua varietas bawang merah (*Allium ascalonicum L.*). *Agrikultura*, 36(1), 62–78. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v36i1.60439>
- Munnysha, S., R.N., B., A. Smriti, Sharma, P., & Yadav, S. (2024). In vitro evaluation of new generation fungicides to control of *Fusarium oxysporum* Schlecht causing wilt of Isabgol. *Ecology, Environment and Conservation*, 30(1), 141–145. <https://doi.org/10.53550/eec.2024.v30i06s.022>

- Ningsih, H., Utami, S. H., & Dwi, L. (2016). Kajian antagonis *trichoderma* spp . terhadap *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada daun cabai rawit (*capsicum frutescens*) secara *in vitro*. *Proceeding Biology Education Conference*, 13(1), 814–817.
- Nisa, C. (2018). Pengujian Formulasi *Trichoderma* sp. Terhadap Pencegahan Patogen *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu pada Cabai Rawit (*Capsicum frutescens*) secara *In Vivo*. [Skripsi]. Universitas Islam Negeri Maulana Malik Ibrahim. Malang. 102 hal.
- Nugraheni, E. S. 2010. Karakterisasi Biologi Isolat-Isolat *Fusarium* sp pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Asal Boyolali. [Skripsi]. Universitas Sebelas Maret. Surakarta. 77 hal.
- Nugroho, B. (2016). Effectiveness of avirulent fusarium oxysporum f. sp. cepae in controlling fusarium wilt disease on chili. https://www.academia.edu/81265089/effectiveness_of_avirulent_fusarium_oxysporum_f_sp_cepae_in_controlling_fusarium_wilt_disease_on_chili
- Nugroho, T. D., Santoso, D., & Maulina, E. (2022). Efektivitas karbendazim dalam mengendalikan Fusarium oxysporum pada tanaman kehutanan. *Jurnal Proteksi Tanaman*, 28(1), 45–52. <https://doi.org/10.24831/jpt.28.1.45-52>
- Nurdiana, D., & Fatima, R. (2018). Pengaruh berbagai jenis fungisida terhadap perkembangan jamur *Fusarium oxysporum*. *Jagros : Jurnal Agroteknologi dan Sains (Journal of Agrotechnology Science)*, 1(1), 22–30. <https://doi.org/10.52434/jagros.v1i1.304>
- Nurhasanah. (2020). Uji dosis fungisida berjenis propineb dan waktu aplikasi terhadap pertumbuhan (*Fusarium oxysporum* sp.) Secara *in vitro*. *Jurnal Agroekoteknologi*, 4(5), 78–85.
- Nurhasanah, & Sulhaswardi. (2021). Uji dosis fungisida berjenis propineb dan waktu aplikasi terhadap pertumbuhan (*Fusarium oxysporum*) secara *in vitro*. *Jurnal Dinamika Pertanian*, 37(2), 131–140.
- Picardal, J. P., Danielle, E., Tundag, L., Picardal, M. T., & Goc-Ong, G. B. (2019). Antagonistic activity of *Metarhizium anisopliae* (*Metschnikoff*) against phytopathogenic *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* (Schlecht.) as a biological control. *CNU Journal of Higher Education*, 13(1), 25–33. <https://doi.org/10.70997/2546-1796.1014>
- Pinaria, A. (2021). Jamur Patogen Tanaman Terbawa Tanah. Manado: Unsrat Press.
- Pongmanapa, A. P. M., Prof. Dr. Ir. Abdul Latief Abadi, MS., & Fery Abdul Choliq, SP., MP., M.Sc. (2020). Efektivitas Trichoderma Harzianum Dan Ekstrak Daun Pepaya (*Carica Papaya* L.) Terhadap *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Moler Pada Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.).

- Praquysa, (2024). Identifikasi Dan Intensitas Penyakit Layu Menguning Pada *Acacia Crassicarpa* Di Distrik Rasau Kuning. [Skripsi]. Universitas Lancang Kuning, Pekanbaru. 43 hal.
- Putri, D. R., Asri, M. T., Ratnasari, E., Biologi, J., Matematika, F., & Alam, P. (2019). Aktivitas antifungi ekstrak buah pare (*Momordica charantia* L.) dalam menghambat pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum*. *LenteraBio*, 8(2), 156–161.
- Rama. (2022). Uji Kemampuan Fungisida Terhadap Pertumbuhan *Colletotrichum spp. C*, 17–22. [Skripsi]. Universitas Sriwijaya. Palembang. 52 hal.
- Rani, A., et al. (2023). Biochemical impact of mancozeb on fungal enzyme systems. *Journal of Agricultural Science and Technology*, 25(2), 312-325.
- Reis, P., Gaspar, A., Alves, A., Fontaine, F., & Rego, C. (2022). Response of different grapevine cultivars to infection by *lasiodiplodia theobromae* and *lasiodiplodia mediterranea*. *Plant Disease*, 106(5), 1350–1357. <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-21-0941-RE>
- Sajangbati, F. C., H. Assa, B., & Tairas, R. W. (2020). Efektifitas *trichoderma* sp dan fungisida propineb dalam pengendalian penyakit karat (*Puccinia allii*) pada bawang daun di Desa Sinsingon, Kecamatan Passi Timur, Kabupaten Bolaang Mongondow. *Cocos E-Journal Unsrat*, 4(4), 51–65.
- Sanuriza, I., Kartika, R. D., Jayadi, I., & Afrianti, M. (2021). Potensi ekstrak etanol (*Clitoria ternatea* L) sebagai biofungisida dalam mengendalikan jamur *Fusarium* sp. *Jurnal Evolusi*, 5(5), 6–13.
- Shcherbacova, L. A. (2019). Fungicide resistance of plant pathogenic fungi and their chemosensitization as a tool to increase anti-disease effects of triazoles and strobilurines. *Agricultural Biology*, 54(5), 875–891. <https://doi.org/10.1525/abt.2016.78.1.78b>
- Setiawati, N. (2020). Efektivitas Beberapa Jenis Fungisida untuk Mengendalikan *Fusarium oxysporum* pada Bibit Acacia. *Jurnal Hutan Tropis*, 8(2), 120–128.
- Silalahi, R., Simarmata, T., & Siregar, H. (2020). Evaluasi serangan *Fusarium oxysporum* pada bibit *Acacia crassicarpa* di persemaian industri hutan tanaman. *Jurnal Silvikultur Tropika*, 11(3), 211–218. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.11.3.211-218>
- Sitanggang, J., Siregar, E.B., Batubara, R. (2015). Respon *phaeophleospora* sp. terhadap fungisida berjenis metiram secara *in vitro*. *Peronema Forestry Science Journal*, 5(3), 147–152.
- Soleha, S., Muslim, A., Suwandi, S., Kadir, S., & Pratama, R. (2022a). Host range

studies of *Fusarium oxysporum*, causal agent of seedling wilt disease of *Acacia mangium*. *Biodiversitas*, 23(1), 25–32.
<https://doi.org/10.13057/biodiv/d230104>

Soleha, S., Muslim, A., Suwandi, S., Kadir, S., & Pratama, R. (2022b). The identification and pathogenicity of *Fusarium oxysporum* causing acacia seedling wilt disease. *Journal of Forestry Research*, 33(2), 711–719.
<https://doi.org/10.1007/s11676-021-01355-3>

Sopialena, S. (2024). *Teknologi Pestisida Nabati*. Samarinda: Universitas Mulawarman.

Soesanto, L. (2013). *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Jakarta: PT Raja Grafindo Persada.

Suganda, T., Kaltsum, R. T., Tripuspasari, L., & Yulia, E. (2024). Uji ekstrak metanol biji kembang telang (*Clitoria ternatea* L.) Dalam menghambat pertumbuhan koloni serta produksi dan perkecambahan konidia jamur *Fusarium oxysporum* f. *Sp. Cepae*. *Agrikultura*, 35(1), 46.
<https://doi.org/10.24198/agrikultura.v35i1.53887>

Suganda, T., & Widiastuti, A. (2025). *Optimalisasi Pengelolaan Fungisida dalam Penanganan Resistensi Jamur Patogen*. Yogyakarta: Penerbit Andi.
https://books.google.co.id/books/about/Optimalisasi_Pengelolaan_Fungisida_dalam.html?id=5ZGGEQAAQBAJ&redir_esc=y

Suhartati, Y., Y. Daeng. 2014. Dampak penurunan daur tanaman HTI Acacia terhadap kelestarian produksi, ekologis dan sosial. *Info Teknis Eboni*. Vol. 11 No. 2, Desember 2014 : 103 – 116

Sumardiyono, C. (2024). *Pengantar Toksikologi Fungisida*. Yogyakarta: UGM Press.
https://books.google.co.id/books?hl=id&lr=&id=EDX_EAAAQBAJ&oi=fnd&pg=PA1&dq=Sinergisme+Bahan+Aktif+dalam+Formulasi+Fungisida+Modern.&ots=WKyTz88NCY&sig=_aHEdR3fSmDcZ_btpgSbi-EWTBE&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false

Sumarna, A. (2024). Peran dan mekanisme fungi mikoriza dalam pengendalian penyakit layu fusarium pada beberapa jenis tanaman. 2(1), 45–52.

Susanto, A. (2013). Pengendalian penyakit layu fusarium pada tanaman acacia. *Jurnal Penelitian Kehutanan Wallacea*, 2(1), 25–33

Syarifah, S. M., Sari, O. P., & Bimantara, A. (2024). Pengendalian hayati patogen *Fusarium oxysporum* f. *sp. capsici* dengan isolat *Trichoderma* sp. asal rizosfer bambu dari Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(3), 454–460. <https://doi.org/10.18343/jipi.29.3.454>

- Syibli, M. A., Taufiqurrahman, A. F., & Khoirunnisa', A. (2023). Efikasi lapangan fungisida trivia 73 wp (bahan aktif: fluopikolid: 6%, propineb: 67%) terhadap penyakit lanas (*Phytophthora nicotianae*) pada tanaman tembakau. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan*, 11(3), 154–162. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.3.6>
- Tampubolon, A. R. A. (2022). Inventarisasi Penyakit pada Tanaman *Acacia crassiparva* Cunn Ex Benth di Sentral Pembibitan 1 dan Perkebunan Pelalawan PT RAPP Kabupaten Pelalawan Riau. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/114581>
- Tasik, S., Widyastuti, S. M., & . H. (2015). Mekanisme parasitisme *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* pada semai *Acacia mangium*. *Jurnal Hama Dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 15(1), 72. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11572-80>
- Wahyu, A. S. (2021). Uji Konsentrasi Bahan Aktif Mankozeb Dan Waktu Aplikasi Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* Pada Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) Secara *in-vitro*. [Skripsi]. Universitas Islam Riau, Pekanbaru. 43 Hal.
- Wahyudi, R. (2023). Pengaruh active alkali charge terhadap kualitas pulp cooked dari kayu akasia (*Acacia crassiparva*). *Jurnal Vokasi Teknologi Industri (Jvti)*, 5(2), 032–040. <https://doi.org/10.36870/jvti.v5i2.334>
- Weridyaningrum, R. (2019). Karakterisasi dan Pemurnian β -glukanase dari Bakteri Penghambat Pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. <http://repository.ipb.ac.id/handle/123456789/102161>
- Widiastuti, A., Agustina, W., Wibowo, A., & Sumardiyono, C. (2011). Uji efektivitas pestisida terhadap beberapa patogen penyebab penyakit penting pada buah naga (*Hylocereus* sp.) secara *in vitro*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 17(2), 73–76.
- Xu, D., Wang, K., Li, T., Wang, J., Wang, S., Kong, F., Dai, J., Liu, Y., Ruan, B., & Zhou, B. (2025). In vitro activity of seven antifungal agents against *Fusarium oxysporum* and expression of related regulatory genes. *PLoS ONE*, 20(4 April), 1–12. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0322206>
- Yun, J. Y., Kim, H. S., Moon, J. H., Won, S. J., Choub, V., Choi, S. I., Ajuna, H. B., Lee, P. S. H., & Ahn, Y. S. (2024). Antifungal and plant-growth promotion effects of *Bacillus velezensis* when applied to coastal to pine (*Pinus thunbergii* parl.) seedlings. *Forests*, 15(1). <https://doi.org/10.3390/f15010062>