

**EKSPLORASI JAMUR ASAL RIZOSFER PADI ANORGANIK UNTUK
MENGENDALIKAN *Sarocladium oryzae* dan POTENSINYA DALAM
MEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

(SKRIPSI)

Oleh

**Devika Aulia Safitri
2214191046**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

EKSPLORASI JAMUR ASAL RIZOSFER PADI ANORGANIK UNTUK MENGENDALIKAN *Sarocladium oryzae* dan POTENSINYA DALAM MEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Oleh

Devika Aulia Safitri

Penyakit busuk pelepah yang disebabkan oleh jamur *Sarocladium oryzae* merupakan salah satu patogen utama padi karena dapat menurunkan produktivitas tanaman. Pengendalian menggunakan pestisida sintesis berpotensi menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan jamur asal rizosfer tanaman padi anorganik yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati serta mengetahui kemampuannya sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF). Penelitian dilaksanakan melalui beberapa tahapan, meliputi eksplorasi dan isolasi jamur rizosfer, uji hipovirulensi, uji antagonis dengan metode kultur ganda (*dual culture*), pengamatan *slide culture*, senyawa volatil, serta uji potensi sebagai PGPF pada tanaman mentimun. Hasil eksplorasi diperoleh sebanyak 27 isolat jamur rizosfer dari tiga lokasi berbeda, sebanyak 21 isolat dikategorikan sebagai hipovirulen. Hasil uji antagonis metode *dual culture* menunjukkan isolat L2P1(1) memiliki persentase penghambatan tertinggi mencapai 60,29% termasuk dalam genus *Aspergillus* sp., sedangkan pada uji volatil isolat L3P2(1) menunjukkan penghambatan mencapai sebesar 70,24% termasuk dalam genus *Penicillium* sp. Pengamatan interaksi pada uji *Slide culture* menunjukkan adanya kontak langsung antara hifa jamur antagonis dan patogen. Beberapa isolat juga diketahui berperan sebagai PGPF yang berpotensi meningkatkan pertumbuhan tanaman berdasarkan peningkatan variabel tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, dan berat kering tanaman. Hasil identifikasi morfologi menunjukkan bahwa isolat yang diperoleh didominasi oleh genus *Penicillium*, serta beberapa isolat dari genus *Aspergillus* dan *Trichoderma*. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa jamur rizosfer padi anorganik berpotensi sebagai agen pengendali hayati sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman.

Kata kunci: jamur antagonis, pengendalian hayati, PGPF, rizosfer padi,
Sarocladium oryzae.

ABSTRACT

EXPLORATION OF FUNGI ISOLATED FROM THE RHIZOSPHERE OF INORGANIC RICE FIELDS FOR THE CONTROL OF *Sarocladium oryzae* AND THEIR POTENTIAL TO PROMOTE PLANT GROWTH

By

Devika Aulia Safitri

Sheath rot disease caused by *Sarocladium oryzae* is one of the major diseases of rice because it can significantly reduce crop productivity. The use of synthetic pesticides for disease management may have adverse environmental impacts; therefore, environmentally friendly alternatives are needed. This study aimed to obtain fungal isolates from the rhizosphere of rice grown under inorganic cultivation that have potential as biological control agents and to evaluate their ability as Plant Growth-Promoting Fungi (PGPF). The research consisted of several stages, including the exploration and isolation of rhizosphere fungi, hypovirulence testing, antagonistic assays using the dual culture method, slide culture observations, volatile compound assays, and evaluation of PGPF potential using cucumber plants as indicator plants. A total of 27 rhizosphere fungal isolates were obtained from three different locations, of which 21 isolates were classified as hypovirulent. The dual culture assay showed that isolate L2P1(1), identified as *Aspergillus* sp., exhibited the highest inhibition percentage of 60.29%. In the volatile compound assay, isolate L3P2(1), identified as *Penicillium* sp., produced the highest inhibition percentage of 70.24%. Slide culture observations revealed direct interactions between the hyphae of the antagonistic fungi and the pathogen. Several isolates also functioned as PGPF, promoting plant growth as indicated by increased plant height, number of leaves, fresh weight, and dry weight. Morphological identification showed that the fungal isolates were predominantly members of the genus *Penicillium*, with several isolates belonging to the genera *Aspergillus* and *Trichoderma*. These findings indicate that fungi isolated from the rhizosphere of inorganic rice fields have the potential to serve as biological control agents while simultaneously promoting plant growth.

Keywords: antagonistic fungi, biological control, Plant Growth-Promoting Fungi (PGPF), rice rhizosphere, *Sarocladium oryzae*.

**EKSPLORASI JAMUR ASAL RIZOSFER PADI ANORGANIK UNTUK
MENGENDALIKAN *Sarocladium oryzae* dan POTENSINYA DALAM
MEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN**

Oleh

Devika Aulia safitri

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**JURUSAN PROTEKSI TANAMAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi

**: EKSPLORASI JAMUR ASAL
RIZOSFER PADI ANORGANIK
UNTUK MENGENDALIKAN
Sarocladium oryzae DAN
POTENSINYA DALAM MEMACU
PERTUMBUHAN TANAMAN**

Nama Mahasiswa

: Devika Aulia Safitri

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2214191046

Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



Dr. Ivayani, S. P., M. Si.
NIP. 198812292015042001

Selvi Helina, S. P., M. Sc.
NIP. 198809282024212001

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

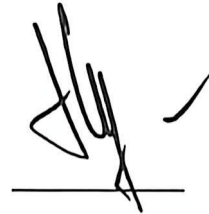
Dr. Tri Maryono, S. P., M. Si.
NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: **Dr. Ivayani, S. P., M. Si.**



Sekretaris

: **Selvi Helina, S. P., M. Sc.**



Penguji

Bukan Pembimbing

: **Dr. Tri Maryono, S. P., M. Si.**



2. Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.

NIP 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi: **01 Juli 2026**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertandatangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“EKSPLORASI JAMUR ASAL RIZOSFER PADI ANORGANIK UNTUK MENGENDALIKAN *Sarocladium Oryzae* DAN POTENSINYA DALAM MEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil Salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 08 Juli 2026
Penulis,

A handwritten signature in black ink is written over a rectangular revenue stamp. The stamp is orange and white, featuring the Garuda Pancasila emblem and the text '1000', 'METERAI TEMPEL', and the serial number '594BDAOX059965781'.

Devika Aulia Safitri
NPM. 2214191046

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama lengkap Devika Aulia safitri dengan nama panggilan Vika. Penulis merupakan anak pertama dari 3 bersaudara dari pasangan Bapak Dwi Laksono Wisnu Broto dan Ibu Tri Widyowati. Penulis dilahirkan di Desa Gunung Batin Baru, Kecamatan Terusan Nunyai, Kabupaten Lampung tengah pada tanggal 08 januari 2004. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Satya Dharma Sudjana pada tahun 2010, kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri 2 Gunung Madu dan lulus pada tahun 2016. Pendidikan Sekolah Menengah Pertama ditempuh di SMP Satya Dharma Sudjana dan diselesaikan pada tahun 2019. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di MAN 1 Lampung Tengah dan lulus pada tahun 2022. Pada tahun yang sama bulan Agustus, penulis diterima sebagai mahasiswa Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SBMPTN).

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis melakukan kegiatan Praktik Pengenalan Pertanian di Desa Karya Mulya Sari, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2023. Penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat (PMB) pada periode 2023-2025. Penulis melaksanakan kegiatan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Rawi, Kecamatan Penengahan, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2025. Pada tahun yang sama, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di PT. SGN MKSO Kebun Bungamayang, Lampung Utara. Penulis pernah menjadi asisten dosen pada tahun 2025 mata kuliah Karantina Tumbuhan, Penyakit Penting Tanaman, dan Teknik Pemantauan Proteksi tanaman, kemudian pada tahun 2026 menjadi asisten Teknik Pemantauan Agroetnologi.

PERSEMBAHAN

Bismillahirrahmanirrahim, puji syukur penulis panjatkan kepada Allah SWT atas berkat rahmat dan hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan karya ini. Shalawat serta salam kita curahkan kepada Nabi Muhammad SAW. Dengan segenap hati dan bahagia telah sampai pada titik ini, kupersembahkan karya sederhana yang kubanggakan ini sebagai bentuk rasa syukur, cinta, kasih dan sayang kepada:

1. Cinta pertama dan panutanku, Ayah Dwi laksono Wisnu Broto, terimakasih atas segala doa dan pengorbananmu yang tak pernah berhenti sampai saat ini. Membuat penulis merasa kuat, dan meyakini setiap orang memiliki prosesnya masing masing, sehat selalu dan hiduplah lebih lama ayah,
2. Pintu surgaku, ibu tercinta Tri Widyowati, terimakasih atas segala doa dan dukungan sepenuh hati. Terimakasih menjadi penyemangat dan menjadi sandaran terkuat penulis, tanpamu penulis bukan siapa siapa, sehat selalu dan hiduplah lebih lama ibu,
3. Kepada Papah Sudarmaji dan Mamah Harini, terimakasih adas doanya yang mengajarkan penulis menjadi orang yang sabar dan legowo. Mendengarkan keluh kesah bahkan tangisan yang penulis luapkan tanpa pernah menghakimi, sehat selalu dan hiduplah lebih lama papah mamah,
4. Adik-adikku tersayang, Decha Putri Pradipta dan Devandi Alvero Yusuf Subroto. Terimakasih atas doa, dan support kepada penulis,
5. Sahabat dan teman terdekat penulis, terimakasih atas doa, dan bantuan selama penulis menjalani perkuliahan selama ini, serta menjadi pendengar yang baik, dan
6. Almameter, Jurusan, Fakultas, Universitas kebangganku Universitas Lampung. Terimakasih pengalaman berharga yang telah diberikan kepada penulis.

MOTTO

“Allah tidak membebani seseorang melainkan sesuai dengan kesanggupannya Dia mendapat (pahala) dari (kebijakan) yang dikerjakannya dan mendapat (siksa) dai (kejahatan) yang diperbuatnya”

(Q.S Al-Baqarah:286)

“Dan bersabarlah kamu, sesungguhnya janji Allah adalah benar”.

(Q.S Ar Rum 60)

“Keberhasilan bukanlah milik orang pintar, keberhasilan adalah milik mereka yang senantiasa berusaha”

-BJ Habibie-

“Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua”

-Buya Hamka-

“Hidup bukan untuk saling mendahului, bayangan yang diciptakan oleh mentari, ada karena matahari bermaksud terpuji, untukmu cinta diri sendiri hari ini

(Baskara Putra, Hindia)

“Setiap orang, punya porsi dan takaran masing-masing setiap masalah dan solusinya, jangan bandingkan dengan orang lain, *enjoy the process*”

(penulis)

SANWACANA

Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, dan hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Eksplorasi Jamur Asal Rizosfer Padi Anorganik untuk Mengendalikan *Sarocladium Oryzae* dan Potensinya dalam Memacu Pertumbuhan Tanaman”** Skripsi ini disusun dan diajukan untuk memenuhi syarat gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Dalam penulisannya, penulis mendapat bimbingan, bantuan, kritik, dan saran dari berbagai pihak. Segala kerendahan hati, penulis menyampaikan ucapan terima kasih yang sebesar - besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M. P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas kepada mahasiswa Fakultas Pertanian dapat melaksanakan penelitian sebagai bagian dari penyusunan skripsi,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S. P., M. Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung, sekaligus selaku dosen pembahas yang telah memberikan masukan, kritik, dan saran, serta motivasi sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik,
3. Ibu Dr. Ivayani, S. P., M. Si., selaku dosen pembimbing utama yang telah memberikan banyak ilmu, semangat, masukan dan saran serta membimbing penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik,
4. Ibu Selvi Helina, S. P., M. Sc., selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan semangat, saran dan masukan serta membimbing penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan baik,

5. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M. Sc., selaku dosen Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis selama menjalani perkuliahan di Proteksi Tanaman,
6. Ibu Widyaningrum Alita Sari, S. P., yang telah memberikan semangat, dukungan, dan membantu mengarahkan penulis selama bekerja di Laboratorium,
7. Keluarga tercinta, ayah, ibu, mamah, papah, dan adik-adik, yang selalu memberikan doa, semangat, dukungan dan mememani penulis setiap prosesnya sampai menyelesaikan skripsi dengan baik,
8. Teman – teman tercinta, tim penelitian *Oryza sativa*, rekan KKN, rekan mahasiswa PU di Bungamayang, rekan-rekan penghuni Laboratorium Penyakit Tanaman dan teman – teman proteksi tanaman angkatan 2022 yang telah memberikan dukungan dan semangat sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik,
9. Sahabat tercinta, indah, anggun, nadiyah, leony, okta, adel, dan, manda, yang telah memberikan semangat. Segala canda, tawa, suka dan sedih menjadi bagian dari perjuangan yang tidak terasa sendiri, terimakasih telah menemani semasa perkuliahan hingga penulisan skripsi ini, dan
10. *Last but not least*, anak perempuan pertama dan harapan orang tuanya, Devika Aulia Safitri, ya!, diri saya sendiri. Apresiasi sebesar-besarnya yang telah berjuang untuk menyelesaikan apa yang telah dimulai. Terimakasih sudah bertahan sejauh ini, untuk setiap malam yang dihabiskan dalam kelelahan, dan setiap ketakutan dilawan dengan keberanian. Terimakasih kepada hati yang sabar dan ikhlas meski cobaan datang seiring berganti dan mencoba untuk terlihat baik-baik saja. Terimakasih telah kuat hingga bisa menyelesaikan skripsi dan meraih gelar yang telah diperjuangkan, ini adalah bukti bahwa penulis mampu dan sudah berusaha. Mari untuk selalu bekerja sama dalam mewujudkan mimpi yang masih tertunda.

Bandar Lampung, 08 Juli 2026

Devika Aulia Safitri
NPM. 2214191046

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xxii
DAFTAR TABEL	xvi
DAFTAR GAMBAR	xvii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	5
1.4 Hipotesis.....	7
II TINJAUAN PUSTAKA	8
2.1 Tanaman Padi (<i>Oryza Sativa</i>).....	8
2.2 Pertanian Anorganik.....	9
2.3 Rizosfer Tanaman Padi.....	9
2.4 Penyakit Busuk Pelepah Padi.....	10
2.4.1 Gejala Penyakit Busuk Pelepah Padi.....	10
2.4.2 Patogen Penyebab Busuk Pelepah Padi.....	10
2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Busuk Pelepah padi.....	11
2.5 Jamur Antagonis.....	11
2.6 Jamur Rizosfer Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman PGPF.....	12
III. METODOLOGI PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	13
3.2 Alat dan Bahan.....	13
3.3 Metode Penelitian.....	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	14
3.4.1 Eksplorasi Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi.....	14
3.5 Uji Antagonis Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi Anorganik.....	18
3.5.1 Persiapan Peremajaan Isolat Jamur Patogen <i>S.oryzae</i>	18

3.5.2 Metode <i>Dual Culture</i>	18
3.5.3 Pengamatan <i>Slide Culture</i>	19
3.5.4 Uji Senyawa Volatil.....	20
3.6 Uji Potensi Jamur sebagai PGPF.....	21
3.6.1 Pembuatan Suspensi Jamur Rizosfer sebagai PGPF.....	21
3.6.2 Persiapan Benih Tanaman Indikator PGPF.....	22
3.6.3 Aplikasi PGPF.....	22
3.7 Analisis Data.....	23
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	24
4.1 Hasil Penelitian.....	24
4.1.1 Hasil Peremajaan Patogen <i>S. oryzae</i>	24
4.1.2 Eksplorasi Jamur Asal Rizosfer.....	25
4.1.3 Uji Hipovirulen.....	25
4.1.4 Uji Antagonis Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi Anorganik...	26
4.1.4.1 <i>Dual Culture</i>	26
4.1.4.2 Pengamatan Hasil <i>Slide Culture</i>	31
4.1.4.3 Volatil.....	33
4.1.5 Uji PGPF.....	36
4.1.5.1 Tinggi Tanaman.....	36
4.1.5.2 Jumlah Daun.....	37
4.1.5.3 Berat Basah dan Berat Kering.....	38
4.1.6 Identifikasi Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi Anorganik.....	39
4.1.6.1 <i>Penicillium</i> sp.....	40
4.1.6.2 <i>Aspergillus</i> sp.....	45
4.1.6.3 <i>Trichoderma</i> sp.....	49
4.1.6.4 Isolat L1P1(2).....	51
4.1.6.5 Isolat L2P3(1).....	51
4.2 Pembahasan.....	52
V. SIMPULAN DAN SARAN	57
5.1 Simpulan.....	57
5.2 Saran.....	58
DAFTAR PUSTAKA	59
LAMPIRAN	66

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Skor keparahan penyakit.....	17
2. Kategori persentase penghambatan uji antagonis.....	19
3. Kategori persentase penghambatan uji antagonis.....	21
4. Kode isolat jamur hasil eksplorasi dari rizosfer tanaman padi anorganik pada tiga lokasi pengambilan sampel.....	25
5. Nilai <i>Disease Severity Index</i> (DSI) pada uji hipovirulen isolat jamur antagonis asal rizosfer padi anorganik pada bibit mentimun pada 14 hsi.....	26
6. Persentase penghambatan <i>S. oryzae</i> oleh jamur asal rizosfer padi anorganik pada uji <i>dual culture</i>	27
7. Kategori penghambatan (%) <i>S. oryzae</i> oleh jamur asal rizosfer padi anorganik pada uji <i>dual culture</i> pada 14 hsi.....	28
8. Persentase penghambatan <i>S. oryzae</i> oleh jamur rizosfer pada uji volatil	34
9. Kategori penghambatan (%) <i>S. oryzae</i> oleh jamur asal rizosfer anorganik pada uji volatil pada 14 hsi.....	35
10. Rata-rata tinggi tanaman kontrol dan berbagai isolat jamur rizosfer.....	37
11. Rata-rata jumlah daun kontrol dan berbagai isolat jamur rizosfer.....	38
12. Rata-rata berat tanaman mentimun pada perlakuan berbagai isolat jamur antagonis.....	39
13. Hasil identifikasi isolat jamur asal rizosfer tanaman padi	40
14. Data pengamatan uji hipovirulen 14 DSI.....	67
15. Rerata jari-jari patogen pada setiap perlakuan jamur rizosfer (<i>dual culture</i>).....	70
16. Rerata jari-jari patogen pada setiap perlakuan jamur rizosfer (volatil).	71
17. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 2 hst.....	74

18. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 4 hst.....	74
19. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 6 hst.....	74
20. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 8 hst.....	74
21. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 10 hst.....	74
22. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 12 hst.....	74
23. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 14 hst.....	75
24. Analisis ragam Jumlah daun 2 hst.....	75
25. Analisis ragam Jumlah daun 4 hst.....	75
26. Analisis ragam Jumlah daun 6 hst.....	75
27. Analisis ragam Jumlah daun 8 hst.....	75
28. Analisis ragam Jumlah daun 10 hst.....	75
29. Analisis ragam Jumlah daun 12 hst.....	76
30. Analisis ragam Jumlah daun 14 hst.....	76
31. Analisis ragam berat basah.....	76
32. Analisis ragam berat kering.....	76

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Skema pengambilan sampel tanah tanaman padi.....	14
2. Skema uji <i>dual culture</i> antagonis (A) terhadap pathogen (P).....	19
3. Skema teknik <i>slide culture</i> untuk pengamatan mikoparasitisme (Kurniati dan Ali, 2018).....	20
4. Skema aplikasi PGPF pada media <i>rockwool</i> dengan AB mix.....	23
5. Morfologi <i>S. oryzae</i>	24
6. Interaksi tanpa kontak langsung antara jamur rizosfer dan <i>S.oryzae</i> dengan terbentuknya zona bening pada 14 hsi.....	29
7. Kontak langsung antara jamur rizosfer dan <i>S. oryzae</i> pada 14 hsi	31
8. Mekanisme mikoparasitisme jamur rizosfer dan <i>S.oryzae</i>	33
9. Hasil uji antagonis metode volatil pada 14 hsi	36
10. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L1P1(3) pada media PSA umur 7 hari.....	41
11. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L1P1(1) pada media PSA umur 7 hari.....	41
12. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L2P2(3) pada media PSA umur 7 hari.....	42
13. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L2P3(2) pada media PSA umur 7 hari.....	42
14. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L3P2(1) ada media PSA umur 7 hari.....	42
15. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L3P1(1) pada media PSA umur 7 hari.....	43

16. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L2P2(2) pada media PSA umur 7 hari.....	43
17. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L3P3(1) ada media PSA umur 7 hari.....	44
18. Morfologi jamur isolat <i>Penicillium</i> sp. L3P2(4) ada media PSA umur 7 hari.....	45
19. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L2P1(2) pada media PSA umur 7 hari.....	46
20. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L2P1(1) pada media PSA umur 7 hari.....	46
21. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L1P2(1) pada media PSA umur 7 hari.....	47
22. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L3P2(3) pada media PSA umur 7 hari.....	47
23. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L1P2(2) pada media PSA umur 7 hari.....	48
24. Morfologi jamur isolat <i>Aspergillus</i> sp. L2P2(4) pada media PSA umur 7 hari.....	48
25. Morfologi jamur isolat <i>Trichoderma</i> sp. L1P3(4) ada media PSA umur 7 hari:	49
26. Morfologi jamur isolat <i>Trichoderma</i> sp. L1P3(1) ada media PSA umur 7 hari.....	50
27. Morfologi jamur isolat <i>Trichoderma</i> sp. L1P3(3) ada media PSA .umur 7 hari.....	50
28. Morfologi jamur isolat <i>Trichoderma</i> sp. L1P3(2) ada media PSA umur 7 hari.....	50
29. Morfologi jamur isolat L1P1(2) ada media PSA umur 7 hari.....	51
30. Morfologi jamur isolat L2P3(1) ada media PSA umur 7 hari	52
31. Indikator mentimun menunjukkan nilai DSI < 2 sehingga dikategorikan sebagai hipovirulen.....	69
32. Indikator mentimun menunjukkan nilai DSI >2 sehingga dikategorikan sebagai virulen.....	69
33. Perhitungan tinggi tanaman dan jumlah daun mentimun 14 HSI.....	73

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Padi (*Oriza sativa* L.) merupakan salah satu komoditas tanaman pangan yang strategis dan penting bagi penduduk Indonesia, karena sebagian besar penduduk Indonesia mengonsumsi beras sebagai bahan makanan pokok (Sukari *et al.*, 2022). Oleh karena itu, tingkat produksi padi memiliki peran penting dalam menilai ketersediaan pangan secara nasional untuk memenuhi kebutuhan konsumsi bagi masyarakat (Rosyak *et al.*, 2025). Kebutuhan akan ketersediaan beras diperkirakan terus meningkat seiring dengan pertambahan jumlah penduduk untuk menjaga ketahanan pangan.

Berdasarkan Badan Pusat Statistik (BPS, 2020), produksi padi pada tahun 2020 54,65 juta ton GKG (Gabah Kering Giling), tetapi mengalami penurunan pada tahun 2024 yang menjadi 53,14 juta ton GKG (Gabah Kering Giling) (BPS, 2025). Kondisi ini berpotensi mengurangi pendapatan petani akibat hasil panen yang menurun serta menimbulkan tantangan dalam pemenuhan kebutuhan beras nasional, yang pada akhirnya dapat mempengaruhi stabilitas ketahanan pangan apabila penurunan berlanjut.

Penurunan produksi padi dipengaruhi oleh berbagai faktor, salah satunya adalah gangguan penyakit tanaman. Salah satu penyakit yang menjadi kendala utama dalam upaya peningkatan produksi padi adalah penyakit busuk pelepah, yang disebabkan oleh jamur *Sarocladium oryzae*. Menurut Bigirimana *et al.* (2015), penyakit busuk pelepah ini dapat menyebabkan kehilangan hasil hingga 85%. Beberapa jenis jamur diketahui berasosiasi dengan gejala busuk pelepah pada

tanaman padi, diantaranya *S. oryzae* dan kelompok jamur *Fusarium* kompleks, yang mencakup *Fusarium fujokuroi species complex*, *Fusarium graminearum sambucinum species complex*, *Fusarium incarnatum – equiseti species complex*, serta *F. proliferatum* (Singh *et al.*, 2005; Bigirimana *et al.*, 2015).

Pengendalian penyakit busuk pelepah pada padi selama ini sebagian besar mengandalkan pestisida sintetis. Namun, penggunaan pestisida secara intensif berisiko menimbulkan pencemaran lingkungan, residu kimia pada hasil panen, dan resistensi patogen. Dampak negatif ini mendorong kebutuhan akan metode pengendalian yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh karena itu, pendekatan berbasis agen hayati menjadi alternatif potensial dalam pengelolaan penyakit tanaman (Kusumawati dan Istiqomah, 2020)

Rizosfer sekitar perakaran tanaman yang kaya akan eksudat akar sehingga menjadi habitat bagi berbagai mikroorganisme, termasuk jamur yang berpotensi sebagai agen hayati. Pada sistem budidaya padi anorganik, penggunaan pupuk dan pestisida kimia secara intensif dapat memengaruhi kondisi fisik, kimia, dan biologis tanah sehingga menyebabkan terjadinya seleksi alami terhadap mikroorganisme yang mampu bertahan pada tekanan lingkungan tinggi. Selain itu, beberapa mikroorganisme rizosfer juga diketahui mampu menekan perkembangan patogen melalui mekanisme kompetisi, antibiosis, mikoparasitisme, dan induksi ketahanan tanaman. Oleh karena itu, eksplorasi jamur rizosfer asal lahan padi anorganik penting dilakukan untuk memperoleh isolat jamur antagonis yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman (Zhu *et al.*, 2024).

Jamur rizosfer hidup di zona akar tanaman dan menjadi bagian penting dalam interaksi mikroorganisme tanah yang mendukung kesehatan tanaman. Kelimpahan jamur rhizosfer lebih banyak ditemukan pada tanaman padi yang sehat, yang menunjukkan perannya dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen serta menjaga keseimbangan mikrobioma di daerah rizosfer (Hardi *et al.*, 2025). Mikroba rizosfer sebagai agen pengendali hayati karena mampu menghambat pertumbuhan patogen penyebab penyakit tanaman. Beberapa

mikroba seperti *Gliocladium* sp., *Trichoderma* sp., dan *Bacillus* sp. juga dapat memacu pertumbuhan serta meningkatkan ketahanan tanaman menghasilkan antibiotik, asam sianida, siderofor (Istikorini dan Budiman, 2023)

Mikroorganisme rizosfer berperan penting dalam menjaga kesehatan tanaman, meningkatkan ketersediaan hara, serta memperkuat respons imun tanaman terhadap serangan patogen (Hanudin dan Marwoto, 2012). Menurut Zandrato and Lase, (2024) mikroorganisme mempunyai peranan dalam ekosistem tanah, terutama dalam meningkatkan kualitas tanah. Mikroba ini mampu menekan perkembangan patogen melalui berbagai mekanisme, seperti bersaing memperebutkan ruang dan nutrisi, dan menginduksi ketahanan tanaman (Murniati *et al.*, 2022). Selain itu, sebagian mikroorganisme rizosfer termasuk dalam kelompok *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) yang berfungsi meningkatkan penyerapan nutrisi dan memproduksi fitohormon yang mendukung pertumbuhan tanaman (Thepbandit and Athinuwat, 2024).

Jamur yang terdapat di daerah rizosfer diketahui memiliki peran penting dalam menjaga kesehatan tanaman, salah satunya sebagai agen antagonis terhadap patogen tular tanah. Beberapa genus jamur rizosfer yang banyak dilaporkan memiliki kemampuan antagonis yaitu genus *Trichoderma*, *Penicillium*, dan *Aspergillus*. Ketiga genus tersebut mampu menekan pertumbuhan patogen melalui berbagai mekanisme, seperti kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis, serta mikoparasitisme. Selain berperan dalam menghambat perkembangan patogen, jamur-jamur tersebut juga berpotensi dikembangkan sebagai biofungisida yang ramah lingkungan untuk mengendalikan penyakit tanaman. Penelitian Boughalleb-M'Hamdi *et al.* (2018) melaporkan bahwa beberapa spesies dari genus *Trichoderma*, *Penicillium*, dan *Aspergillus* mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*, *Fusarium solani*, dan *Macrophomina phaseolina*. Genus *Trichoderma* sp. juga diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui kemampuannya menghasilkan senyawa pemacu pertumbuhan dan memperbaiki perkembangan sistem perakaran, sehingga penyerapan air dan unsur hara menjadi lebih optimal (Herlina, 2009).

Jamur pemacu pertumbuhan tanaman (PGPF) hidup di zona rizosfer berbagai jenis tanaman, yang melalui kolonisasi akar berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman, berpotensi sebagai agen biokontrol (Mirta, 2023). Jamur ini tidak hanya meningkatkan pertumbuhan tanaman, tetapi juga memperkuat mekanisme pertahanannya. PGPF mampu meningkatkan kemampuan tanaman dalam merespons tekanan lingkungan, sehingga berkontribusi terhadap peningkatan produksi. Mikroorganisme ini juga dapat mengaktifkan resistensi sistemik terinduksi (ISR), yaitu proses ketika tanaman meningkatkan respons pertahanan internalnya untuk menekan aktivitas patogen, yang terjadi melalui aktivasi jalur pertahanan oleh PGPF (Adedayo dan Babalola, 2023).

Penelitian mengenai eksplorasi jamur rizosfer pada lahan padi anorganik di Lampung sebagai agen antagonis terhadap *S. oryzae* masih belum ada dilaporkan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengkaji potensi jamur rizosfer asal lahan padi anorganik sebagai agen pengendali hayati dan pemacu pertumbuhan tanaman. Dengan demikian, integrasi jamur rhizosfer dalam strategi pengendalian hayati merupakan solusi efektif dan ramah lingkungan untuk mengurangi ketergantungan pada pestisida sintetis. Pendekatan ini mendukung ekosistem pertanian dengan meningkatkan ketahanan tanaman padi terhadap penyakit dan meningkatkan kualitas dan hasil panen secara berkelanjutan, serta menjadi alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan menggunakan pestisida sintetis (Darwis, 2024).

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut.

1. Mendapatkan jamur asal rizosfer tanaman padi anorganik yang dapat menekan pertumbuhan *Sarocladium oryzae* penyebab penyakit busuk pelepah padi,,
2. Mendapatkan identitas jamur asal rizosfer tanaman padi anorganik, dan
3. Mengetahui potensi jamur rizosfer tanaman padi anorganik sebagai PGPF

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur rhizosfer hidup di zona akar tanaman dan berperan penting dalam interaksi mikroorganisme tanah yang mendukung kesehatan serta pertumbuhan tanaman. Keberadaan jamur rhizosfer dalam jumlah yang lebih tinggi pada tanaman padi sehat menunjukkan bahwa mikroorganisme tersebut memiliki peran penting dalam mendukung kesehatan tanaman, serta meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan pathogen (Hardi *et al.*, 2025). Aktivitas dan keberadaan mikroorganisme rhizosfer dipengaruhi oleh kondisi fisik dan kimia tanah (Sonari *et al.*, 2023). Beberapa jamur rhizosfer seperti *Gliocladium* sp. dan *Trichoderma* sp. diketahui mampu melindungi tanaman dari serangan patogen, berperan sebagai biofertilizer (Noerfitriyani dan Hamzah, 2018). Jamur rizosfer dapat menginduksi ketahanan tanaman terhadap berbagai penyakit yang ditularkan melalui tanah maupun udara (Hyakumachi dan Kubota, 2003; Purwantisari dan Hastuti, 2009).

Dampak ekonomi yang ditimbulkan penyakit busuk pelepah yang disebabkan oleh jamur *S. oryzae* pun cukup besar, terutama pada sistem budidaya anorganik yang masih mengandalkan penggunaan pestisida kimia. Penggunaan pestisida secara terus-menerus dapat menurunkan keanekaragaman mikroba menguntungkan di rizosfer, sehingga keseimbangan mikrobiologis tanah terganggu dan tanaman menjadi lebih rentan terhadap serangan patogen. Oleh karena itu, diperlukan strategi pengendalian hayati melalui eksplorasi jamur antagonis yang mampu bertahan di tanah anorganik dan memiliki potensi menekan *S. oryzae*. Eksplorasi jamur antagonis asal rizosfer tanaman padi anorganik ini menjadi langkah penting untuk menyediakan agen hayati yang efektif, ramah lingkungan, dan berkelanjutan dalam mengurangi ketergantungan pada pestisida kimia.

Jamur antagonis merupakan kelompok mikroorganisme yang berperan penting dalam pengendalian hayati karena mampu menekan perkembangan patogen tanaman melalui berbagai mekanisme. Salah satu mekanisme utama adalah kompetisi dalam memanfaatkan ruang dan sumber nutrisi (Rosyida, 2025). Jamur antagonis juga memiliki kemampuan menghasilkan senyawa antibiotik yang bekerja secara langsung dalam menghambat pertumbuhan patogen. Senyawa

tersebut dapat berupa senyawa kimia yang bersifat mudah menguap (*volatile*) maupun yang tidak menguap (*non-volatile*) (Amaria *et al.*, 2015).

Kemampuan jamur antagonis dalam melakukan kompetisi dan menghasilkan senyawa antibiosis menjadikannya sebagai agen hayati dalam strategi pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan menjadi alternatif efektif untuk mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia. Hasil penelitian Meiniwati *et al.* (2014) melaporkan bahwa pada daerah rizosfer tanaman padi (*Oryza sativa* L.) terdapat berbagai jenis jamur yang berpotensi sebagai agen antagonis terhadap jamur patogen *Pyricularia grisea*, antara lain *Aspergillus flavus*, *Aspergillus fumigatus*, *Aspergillus niger*, *Curvularia* sp., serta *Trichoderma harzianum*. Keberadaan jamur antagonis tersebut menunjukkan bahwa rizosfer tanaman padi merupakan habitat yang mendukung pertumbuhan mikroorganisme dengan potensi pengendalian hayati.

Berdasarkan hasil penelitian Noerfitriyani dan Hamzah (2018), jamur yang ditemukan pada rhizosfer tanaman padi berasal dari genus *Fusarium* sp., *Aspergillus* sp., dan *Trichoderma* sp., yang tumbuh dan berkembang pada sistem budidaya padi anorganik. Keberadaan jamur tersebut diduga dipengaruhi oleh kondisi lingkungan tanah yang kaya bahan organik serta aktivitas mikroorganisme yang mendukung pertumbuhan dan kelangsungan hidupnya. Rhizosfer kaya akan berbagai bahan organik sehingga mampu merangsang pertumbuhan mikroorganisme, menjadikannya sebagai habitat yang baik bagi perkembangan mikroba (Sari, 2015; Febrianingsih *et al.*, 2025).

Jamur pemacu pertumbuhan tanaman (*Plant Growth Promoting Fungi*) hidup di zona rizosfer berbagai jenis tanaman dan berperan penting dalam meningkatkan pertumbuhan serta ketahanan tanaman melalui kolonisasi akar (Mirta, 2023). PGPF mampu meningkatkan respons tanaman terhadap tekanan lingkungan, mengaktifkan resistensi sistemik terinduksi (ISR), dan menekan aktivitas patogen melalui aktivasi jalur pertahanan tanaman (Adedayo dan Babalola, 2023). Jamur rhizosfer yang tergolong PGPF juga berpotensi sebagai agen pengendali hayati karena mampu menghasilkan enzim kitinase dan senyawa antibiotik yang

menghambat pertumbuhan fitopatogen. Salah satu contohnya adalah *Gliocladium virens* yang menghasilkan gliovirin untuk menghambat pertumbuhan *Pythium ultimum* (Adedayo dan Babalola, 2023; Nandini *et al.*, 2021). Oleh karena itu, jamur rhizosfer berpotensi dimanfaatkan sebagai jamur antagonis yang efektif dan ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit tanaman.

1.4 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran diperoleh hasil hipotesis dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Terdapat jamur asal rizosfer tanaman padi anorganik yang berperan sebagai agen antagonis terhadap patogen penyebab busuk pelepah padi, dan
2. Terdapat jamur asal rizosfer tanaman padi anorganik berpotensi sebagai agens pemacu pertumbuhan tanaman PGPF.

II TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Padi (*Oryza Sativa*)

Padi termasuk ke dalam family Poaceae karena tergolong tumbuhan berkeping satu (Cronquist, 1981), tanaman padi dimasukkan kedalam klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Kelas	: Liliopsida
Ordo	: Poales
Famili	: Poaceae
Genus	: <i>Oryza</i>
Spesies	: <i>Oryza sativa</i> L.

Tanaman semusim yang berasal dari India atau Indocina ini mampu beradaptasi pada berbagai kondisi lingkungan dan sejak dahulu menjadi makanan pokok utama (Suwarno *et al.*, 2022). Tanaman padi sawah memiliki akar serabut yang berfungsi menyerap air serta unsur hara dari tanah, dengan bagian generatif berupa malai yang terdiri atas bunga. Selain itu, daunnya memiliki ciri khas berupa sisik dan telinga daun. Air berperan penting dalam pertumbuhan padi, antara lain untuk pembentukan karbohidrat di daun, menjaga hidrasi protoplasma, mendukung pengangkutan serta translokasi makanan, unsur hara, dan mineral, serta sangat diperlukan dalam proses perkecambahan biji (Monareh dan Ogie, 2020).

2.2 Pertanian Anorganik

Pertanian anorganik merupakan sistem pertanian yang mengandalkan penggunaan bahan kimia sintetis seperti pupuk kimia, pestisida, dan herbisida untuk meningkatkan hasil panen. Sistem ini biasanya dilakukan secara turun-temurun dengan memanfaatkan alat sederhana serta mengandalkan ketersediaan lahan, air, dan kondisi iklim. Ciri utama pertanian anorganik adalah penggunaan pupuk kimia dan pestisida sintetis untuk meningkatkan hasil panen dan mengendalikan hama, disertai pengolahan tanah, penanaman, serta panen yang banyak bergantung pada tenaga kerja manusia. Keunggulan pertanian anorganik terletak pada biaya awal yang relatif rendah dan keterampilan budidaya yang sudah dimiliki petani, sehingga mudah diterapkan di berbagai daerah, terutama pedesaan. Namun, di sisi lain, sistem ini menghadapi sejumlah tantangan seperti produktivitas yang cenderung stagnan, ketergantungan pada iklim dan cuaca, serta dampak lingkungan yang cukup besar akibat penggunaan input kimia berlebihan yang dapat mencemari tanah dan air serta menurunkan kesuburan lahan. Dalam konteks pembangunan pertanian masa kini, pertanian anorganik tetap memiliki peran penting, tetapi memerlukan inovasi dan transformasi agar lebih efisien, ramah lingkungan, dan berkelanjutan (Budiawati *et al.*, 2025).

2.3 Rizosfer Tanaman Padi

Rizosfer merupakan wilayah tanah di sekitar perakaran tanaman yang secara langsung dipengaruhi oleh aktivitas fisiologis akar serta interaksi dengan mikroorganisme tanah. Pada ekosistem padi, rizosfer menjadi habitat penting bagi berbagai jenis mikroba, baik bakteri maupun cendawan, yang dapat berperan dalam siklus hara, pembentukan tanah, serta pengendalian hayati terhadap patogen tular tanah. Mikroba rizosfer tidak hanya membantu tanaman dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara, tetapi juga mampu menghasilkan senyawa bioaktif, termasuk hormon pemacu pertumbuhan tanaman yang berkontribusi terhadap pertumbuhan dan produktivitas padi. Selain fungsi pemacu pertumbuhan, mikroba rizosfer juga berperan sebagai agen biokontrol dengan cara menekan perkembangan patogen melalui kompetisi nutrisi, antibiosis, maupun parasitisme.

Pemanfaatan mikroba rizosfer sebagai penghasil hormon pertumbuhan sekaligus agens hayati memiliki potensi besar untuk mendukung sistem pertanian padi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan (Murniati *et al.*, 2022).

2.4 Penyakit Busuk Pelepah Padi

Penyakit busuk pelepah padi merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman padi yang seringkali menyebabkan kerugian signifikan, terutama pada daerah dengan kelembaban tinggi atau kondisi tanaman yang rentan. Penyakit busuk pelepah padi pertama di temukan di Taiwan pada tahun 1992, sebelumnya dikenal dengan *Acrocylindrium oryzae* (Mew dan Gonzales, 2002).

2.4.1 Gejala Penyakit Busuk Pelepah Padi

Gejala awal ditandai dengan bercak berbentuk lonjong atau tidak beraturan berukuran 0,5–15 cm. Bercak tersebut memiliki tepi berwarna coklat dengan bagian tengah abu-abu, atau seluruhnya coklat keabu-abuan. Seiring perkembangannya, bercak melebar, saling menyatu, dan dapat menutupi sebagian besar pelepah daun. Kondisi ini menyebabkan malai muda tidak dapat keluar sempurna dari pelepah. Pada pelepah yang terinfeksi, sering ditemukan miselium berwarna putih menyerupai tepung yang menyebabkan malai muda membusuk (Ou, 1985; Bigirimana, 2015).

2.4.2 Patogen Penyebab Busuk Pelepah Padi

Jamur *S. oryzae* merupakan jamur patogen utama yang menyebabkan penyakit busuk pelepah padi. Patogen ini dikenal sebagai *seed-borne* dan *soil-borne*, yang berarti dapat ditularkan melalui benih dan bertahan di sisa-sisa tanaman terinfeksi di dalam tanah. Infeksi terjadi ketika konidia jamur masuk ke dalam pelepah daun bendera yang sedang berkembang, menghambat proses keluarnya malai, dan menyebabkan malai membusuk atau malai gagal terisi penuh. Jamur ini juga menghasilkan toksin yang berperan dalam proses patogenisitasnya (Ayyadurai *et al.*, 2005). Penyakit busuk pelepah padi disebabkan oleh patogen kompleks yang melibatkan berbagai jenis jamur, serta dipengaruhi oleh faktor lingkungan dan kondisi agroklimat tanaman padi. Jamur penyebab utamanya berasal dari genus

Sarocladium (*Sarocladium oryzae*, *Sarocladium sparsum*), *Fusarium* (*Fusarium bubalinum*, *Fusarium hanianense*), dan *Alternaria padwickii* (Ivayani *et al.*, 2024).

2.4.3 Faktor yang Mempengaruhi Penyakit Busuk Pelepah padi

Perkembangan penyakit busuk pelepah padi dipengaruhi oleh interaksi antara patogen, tanaman inang, dan kondisi lingkungan yang mendukung, seperti kelembapan tinggi dan drainase yang buruk, dapat meningkatkan intensitas serangan penyakit dan mempercepat perkembangan penyakit di lapangan. Faktor agroklimat yang mempengaruhi meliputi kandungan unsur hara tanah seperti besi (Fe), klorida (Cl), dan pH tanah. Kondisi ini secara langsung mempengaruhi kejadian dan intensitas penyakit busuk pelepah padi. Penyebaran penyakit ini di lapangan mengikuti pola agregasi dan dapat berkembang melalui model monosiklik maupun polisiklik (Ivayani *et al.*, 2024)

2.5 Jamur Antagonis

Jamur antagonis merupakan kelompok jamur yang berperan penting dalam perlindungan tanaman dari penyakit yang disebabkan oleh patogen jamur melalui berbagai mekanisme fisiologis dan biokimia. Jamur ini mampu menghambat pertumbuhan jamur patogen dengan memproduksi enzim ekstraseluler seperti kitinase dan glukonase yang merusak struktur dinding sel patogen, serta menghasilkan senyawa volatil dan non-volatil yang bersifat antijamur. Selain itu, jamur antagonis juga berkompetisi dengan patogen untuk ruang dan nutrisi, dan mampu menginduksi resistensi sistemik tanaman ISR (*Induced Systemic Resistance*) sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan pathogen (Bisen *et al.*, 2016). Pemanfaatan jamur antagonis sebagai agen biokontrol memberikan solusi pengendalian penyakit tanaman yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, sekaligus berkontribusi terhadap peningkatan pertumbuhan dan produktivitas tanaman (Brazhnikova *et al.*, 2025).

2.6 Jamur Rizosfer Sebagai Pemacu Pertumbuhan Tanaman PGPF

PGPF merupakan kelompok jamur yang sangat bermanfaat karena mampu meningkatkan perkecambahan benih, vigor kecambah, pertumbuhan, serta perkembangan tanaman. Selain itu, PGPF juga berperan penting dalam merangsang pertumbuhan akar, mendukung penyerapan hara dan air, serta menekan serangan penyakit (Asniwita *et al.*, 2025). Jamur pemacu pertumbuhan ini, yang meliputi mikoriza, rizosfer, dan endofit, dapat meluas ke sistem akar tanaman, memperbaiki sifat fisik tanah dengan membentuk makroagregat dari partikel tanah, sekaligus berkontribusi sebagai agen pengendali hayati (Tatung *et al.*, 2024)

Aplikasi PGPF membantu mengurangi ketergantungan pada bahan kimia pertanian sekaligus melindungi tanaman dari berbagai tekanan biotik maupun abiotik. Jamur ini berperan penting dalam mendukung pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme, seperti bersaing dengan patogen untuk mendapatkan ruang dan nutrisi, menghasilkan hormon pertumbuhan, melarutkan mineral tanah, serta berperan sebagai mikoparasit dan saprofit yang mendukung kesehatan akar. Selain itu, PGPF dapat menempel dan tumbuh pada akar tanaman, serta mengaktifkan resistensi sistemik terinduksi (ISR), yaitu mekanisme pertahanan alami tanaman untuk menekan serangan patogen. Berbagai kelompok jamur, termasuk Ascomycetes, Basidiomycetes, dan Deuteromycetes, diketahui memiliki kemampuan menghasilkan senyawa dan sifat yang mendukung pertumbuhan tanaman. Melalui kemampuannya menstimulasi produksi senyawa antimikroba serta meningkatkan sistem pertahanan tanaman, PGPF berperan sebagai agen biokontrol yang efektif dalam menghambat pertumbuhan organisme penyebab penyakit dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi lingkungan yang kurang baik (Adedayo dan Babalola, 2023).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, dan di lahan persawahan yang terletak di 3 lokasi yang berbeda yaitu Sabah Balau (Lampung Selatan), Trimurjo (Lampung Tengah), dan Jati Agung (Lampung Selatan). Penelitian akan dilaksanakan pada bulan November 2025 sampai dengan Maret 2026

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu LAF (*Laminar Air Flow*), cawan petri, autoklaf, timbangan analitik, bunsen, tabung reaksi, labu erlemeyer, kompor, panci, *vortex*, spatula, preparat, cover glass, pisau, pinset, skapel, gelas ukur, mikroskop, pipet tetes, driglaski, dan hand sprayer. Sedangkan bahan yang digunakan dalam penelitian ini yaitu isolat patogen *S. oryzae* koleksi laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan, Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, sampel tanah, plastik, media rose bengal, media PSA (*Potato Sucrose Agar*), akuades, alkohol 70 %, antibiotik kloramfenikol, NaOCl 1 %, aluminium foil, benih mentimun, dan bahan pendukung yang diperlukan pada proses penelitian

3.3 Metode Penelitian

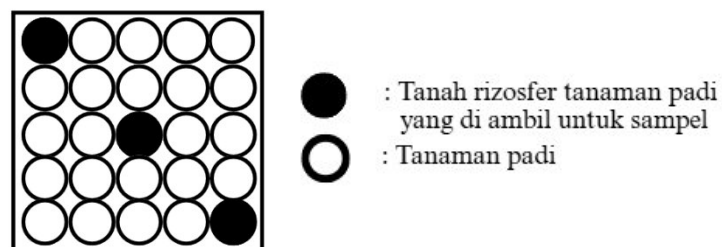
Penelitian ini dilaksanakan dalam empat tahap utama, yaitu (1) eksplorasi jamur asal rizosfer pada tanaman padi, (2) uji antagonis jamur asal rizosfer terhadap patogen *S. oryzae*, (3) uji jamur asal rizosfer sebagai PGPF dengan parameter tinggi tanaman, jumlah daun, berat basah, dan berat kering tanaman, serta (4) identifikasi morfologi jamur rizosfer yang berperan sebagai hipovirulen. Pada uji *dual culture* digunakan 22 perlakuan, masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pada uji volatil digunakan 22 perlakuan, masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Pengujian PGPF digunakan 23 perlakuan, masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali dan disusun menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok) dengan kelompok perlakuan dari masing-masing isolat jamur hasil eksplorasi rizosfer tanaman padi. Pengambilan sampel tanah dilakukan pada lokasi persawahan padi menggunakan metode acak sistematis.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Eksplorasi Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi

3.4.1.1 Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel tanah tanaman padi anorganik untuk eksplorasi jamur rizosfer dilakukan pada tiga lokasi yang berbeda. Sampel tanah diambil menggunakan metode sampling sistematis pada titik tetap (pojok dan tengah petak) untuk mewakili variasi spasial (Gambar 1). Pengambilan tanah dilakukan di sekitar perakaran tanaman padi pada fase generatif yaitu umur ± 60 HST.



Gambar 1. Skema pengambilan sampel tanah tanaman padi.

Setiap titik diambil tanah di sekitar perakaran dengan kedalaman ± 20 cm. Kemudian di setiap titik tanah di sekitar perakaran sekitar 100 g dari 3 titik, lalu di kompositkan. Kemudian, sampel tanah dari hasil komposit diambil sebanyak 10 gram untuk dilakukan pengenceran bertingkat.

3.4.1.2 Pembuatan Media *Rose Bengal Chloramphenicol* (RBC)

Media R-PDA *Chloramphenicol* dibuat dengan mencampurkan 0,033 g rose bengal dan 39 g PDA ke dalam 1000 ml akuades steril. Campuran tersebut kemudian disterilkan menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah proses sterilisasi, media didinginkan hingga mencapai suhu ruang, kemudian ditambahkan 250 mg chloramphenicol dan diaduk hingga tercampur merata, lalu tuangkan pada cawan petri (Jayaram dan Nagao, 2018).

3.4.1.3 Pembuatan Media (PSA)

Media PSA disiapkan dengan komposisi 1000 ml akuades, 200 g kentang, 20 g agar, 20 g sukrosa, dan 1,4 ml asam laktat. Kentang dikupas, dicuci bersih, dipotong berbentuk dadu kecil, kemudian ditimbang sebanyak 200 g. Kentang yang sudah dipotong-potong dimasak bersama air berisi 1000 ml akuades dalam panci. Sebanyak 20 g sugrose dan 20 g agar dimasukkan ke dalam erlenmeyer yang berisi air rebusan kentang, kemudian diaduk hingga homogen. Selanjutnya, mulut tabung ditutup dengan aluminium foil, diikat karet gelang dan dimasukkan ke dalam plastik tahan panas. Media disterilkan menggunakan autoclave pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah sterilisasi, media didinginkan hingga hangat kukuh, ditambahkan 1,4 ml asam laktat, dihomogenkan kembali, kemudian dituangkan ke dalam cawan petri steril untuk digunakan lebih lanjut (Putri *et al.*, 2022).

3.4.1.4 Isolasi Jamur asal Rizosfer Tanaman Padi

Isolasi jamur asal rizosfer dilakukan melalui pengenceran dengan tingkat pengenceran 10^{-2} . Sampel tanah dari setiap petak lokasi terlebih dahulu dikompositkan, kemudian ditimbang sebanyak 10 g menggunakan timbangan analitik. Tanah tersebut dimasukkan ke dalam labu Erlenmeyer yang berisi 90 ml

air steril dan dicampur menggunakan *magnetic stirrer* selama 10–15 menit agar homogen. Selanjutnya, sebanyak 1 ml suspensi diambil dengan mikropipet dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 ml air steril, ditutup dengan aluminium foil, lalu dihomogenkan kembali menggunakan vortex selama 30 detik.

Pengenceran berseri dilakukan hingga mencapai konsentrasi 10^{-2} . Dari hasil pengenceran, sebanyak 0,1 ml suspensi diambil menggunakan mikropipet lalu disebar ke dalam media menggunakan metode sebar, kemudian diratakan dengan drigalski steril hingga kering. Media diinkubasi selama 5–7 hari pada suhu ruang (Noerfitryani & Hamzah, 2018). Koloni jamur yang tumbuh pada media RBC selanjutnya diidentifikasi, dimurnikan, serta diremajakan untuk proses tahapan berikutnya.

3.4.1.5 Purifikasi dan Peremajaan Jamur Asal Rizosfer

Purifikasi atau pemurnian isolat jamur dilakukan untuk memperoleh koloni murni tanpa adanya kontaminan. Proses ini dilakukan dengan memindahkan isolat jamur ke dalam media PSA. Isolat jamur yang telah disimpan sebelumnya diambil menggunakan teknik aseptis. Potongan miselium dari tepi koloni yang masih aktif masing-masing jamur dan dipindahkan ke cawan petri berisi media PSA segar menggunakan jarum ose. Selanjutnya, cawan petri ditutup rapat menggunakan plastik wrap dan diberi label (Millatia *et al.*, 2022). Pemurnian dapat dilakukan berdasarkan perbedaan karakter koloni jamur pada cawan petri, seperti warna, tekstur, serta bentuk koloni dari tampak depan maupun belakang cawan petri, yang kemudian diberi label untuk memudahkan identifikasi.

3.4.1.6 Uji Hipovirulen

Hipovirulen merupakan metode yang digunakan untuk menguji apakah mikroba yang diisolasi dari berbagai jaringan tanaman bersifat virulen atau hipovirulen. Pengujian dilakukan dengan menularkan isolat jamur pada benih mentimun. Melalui uji ini, diperoleh isolat jamur hasil eksplorasi yang bersifat hipovirulen isolat tersebut kemudian dapat digunakan atau diuji lebih lanjut pada tahap penelitian selanjutnya (Asmani *et al.*, 2024).

Uji hipovirulen menggunakan tanaman mentimun varietas hercules sebagai tanaman indikator. Uji hipovirulen menggunakan tanaman mentimun varietas Hercules sebagai tanaman indikator. Benih mentimun didisinfeksi dengan etanol 50% selama 1 menit, direndam 30 menit dalam larutan *clorox* 1%, lalu dicuci dengan air steril sebanyak 3 kali. Benih dikecambahkan dengan media kertas merang yang dilembabkan, lalu dipindahkan ke dalam cawan petri dan diinkubasikan 2 hari pada suhu ruang. Bibit dipindahkan ke agar air dalam cawan petri dan ditumbuhkan 2–3 hari pada suhu ruang. Satu koloni isolat jamur (berumur 1–3 hari dan berdiameter 3 mm) diletakkan di tengatengah hipokotil mentimun. Untuk kontrol, tanaman mentimun ditumbuhkan tanpa diberi perlakuan inokulasi jamur (Supriyanto *et al.*, 2009).

Pengamatan uji hipovirulen dilakukan dengan mengamati indeks keparahan penyakit *Disease Severity Index* (DSI) pada bibit mentimun. Isolat dikategorikan sebagai hipovirulen jika nilai $DSI < 2$ Tabel 1 (Worosuryani *et al.*, 2006)

$$DSI = \frac{\sum N}{Z}$$

Keterangan:

DSI : Indeks keparahan penyakit,

N : Nilai tingkat keparahan penyakit masing masing individu, dan

Z : Jumlah bibit individu yang diamati.

Tabel 1. Skor keparahan penyakit

Skor	Keterangan
0	Sehat, tidak ada bercak pada kecambah
1	Satu atau dua bercak coklat terang dengan ukuran kecambah $< 0,25$ cm
2	Bercak coklat muda pada kecambah (ukuran 0,25-0,5 cm) daerah basah pada kecambah $< 10\%$
3	Bercak coklat muda sampai gelap $> 1,0$ cm, dan bergabung dengan bercak lainnya daerah kebasahan kecambah 10-100%
4	Kecambah layu dan mati

3.4.1.7 Identifikasi Jamur Asal Rhizosfer

Identifikasi jamur dari rizosfer dilakukan melalui pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Pada pengamatan makroskopis, diamati karakter koloni jamur yang tumbuh pada media PSA, meliputi warna bagian atas dan bawah koloni, tekstur, bentuk hifa, serta warna keseluruhan koloni. Sementara itu, pengamatan mikroskopis dilakukan untuk melihat bentuk konidia dan spora. Isolat jamur diambil dan diletakkan pada kaca preparat, kemudian ditetesi air steril, ditutup dengan kaca penutup (*cover glass*), dan diamati di bawah mikroskop. Proses identifikasi selanjutnya dilakukan dengan membandingkan hasil pengamatan dengan literatur yang sesuai dengan karakter morfologi jamur yang didapatkan.

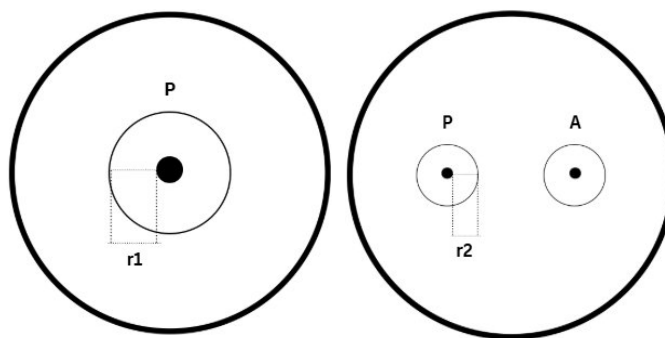
3.5 Uji Antagonis Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi Anorganik

3.5.1 Persiapan Peremajaan Isolat Jamur Patogen *S.oryzae*

Isolat jamur patogen *S. oryzae* diremajakan dengan cara mengambil biakan menggunakan bor gabus, dipindahkan ke media PSA baru untuk mendapatkan kultur muda, dan selanjutnya diinkubasi pada suhu ruang $\pm 28^{\circ}\text{C}$.

3.5.2 Metode *Dual Culture*

Uji antagonis jamur rizosfer padi anorganik dilakukan dengan mengambil isolat jamur asal rizosfer dan jamur patogen yang telah tumbuh pada media PSA, kemudian masing-masing dipotong menggunakan bor gabus berdiameter 5 mm. Potongan isolat tersebut diletakkan pada media PSA dalam cawan petri dengan jarak 3 cm, lalu diinkubasi pada suhu ruang (Kurniati dan Ali, 2018). Hasil pengujian antagonis jamur asal rizosfer terhadap patogen ditunjukkan pada (Gambar 2.)



Gambar 2. Skema uji *dual culture* antagonis (A) terhadap patogen (P).

Menurut Kurniati dan Ali (2018), daya antagonis jamur asal rizosfer dihitung dengan rumus sebagai berikut:

$$P = \frac{r1 - r2}{r1} \times 100\%$$

Keterangan:

P = daya hambat (%),

r1 = jari-jari koloni pathogen pada control, dan

r2 = jari-jari koloni patogen yang mendekati jamur rizosfer.

Tabel 2. Kategori persentase penghambatan uji antagonis

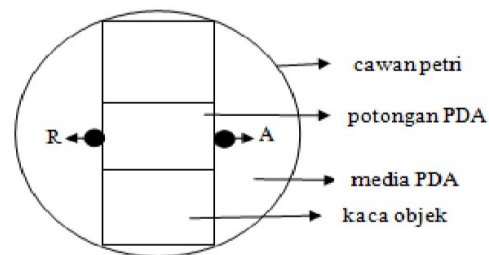
Skor	Persentase	Kategori
1	1-25%	Rendah
2	26-50%	Sedang
3	51-75%	Tinggi
4	76-100%	Sangat tinggi

Sumber: Zivkovic *et al.* (2010)

3.5.3 Pengamatan *Slide Culture*

Pengamatan mikoparasitisme dilakukan dengan teknik *slide culture*, teknik ini menumbuhkan jamur pada kaca objek secara tidak langsung. Proses dimulai dengan menyiapkan cawan petri steril yang dilengkapi kapas serta dua batang kaca berbentuk huruf L sebagai penyangga, kemudian kaca objek diletakkan di atasnya. Media PSA dipotong berbentuk persegi berukuran 1×1 cm, lalu ditempatkan di atas kaca objek tersebut. Isolat jamur antagonis dan patogen

selanjutnya diambil menggunakan *cork borer* dan diinokulasikan secara berseberangan pada sisi kanan dan kiri potongan agar. Potongan agar tersebut kemudian ditutup dengan cover glass untuk membentuk preparat kultur jamur (Gambar 3). Setelah itu, akuades steril ditambahkan dengan pipet ke kapas di bawah kaca objek hingga kapas lembap, kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Teknik ini digunakan untuk mengamati pertumbuhan dan interaksi morfologi jamur secara mikroskopis (Tjampakasari *et al.*, 2023).



Gambar 3. Skema teknik *slide culture* untuk pengamatan mikoparasitisme (Kurniati dan Ali, 2018).

Isolat diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang. Setelah pertumbuhan terlihat, dilakukan pengamatan mikroskopis. Target pertama berasal dari cover glass yang menutup potongan agar berbentuk persegi. cover glass yang telah ditumbuhi jamur tersebut diangkat, kemudian dipindahkan ke kaca preparat baru yang telah ditetesi satu tetes metilen blue. Target kedua adalah kaca preparat yang telah ditumbuhi jamur setelah potongan agar perseginya dibuang. Kaca preparat tersebut ditetesi satu tetes metilen blue, lalu ditutup kembali dengan cover glass. Kedua preparat kemudian diamati di bawah mikroskop cahaya dengan perbesaran 40× dan 100× (Tjampakasari *et al.*, 2023).

3.5.4 Uji Senyawa Volatil

Uji senyawa volatil dilakukan dengan mengambil biakan jamur *S. oryzae* pada cawan petri yang berbeda berumur 3 hari menggunakan bor gabus berdiameter 5 mm. Potongan biakan patogen tersebut ditempatkan di tengah cawan petri berisi media PSA. Selanjutnya, biakan jamur antagonis asal rizosfer yang telah dipurifikasi dengan ukuran 5 mm diambil menggunakan bor gabus dan diletakkan di tengah cawan petri berisi media PSA baru. Kedua cawan kemudian

ditangkupkan dengan posisi cawan berisi *S. oryzae* dibalik di atas cawan yang berisi jamur antagonis, sehingga jamur patogen berada di bagian atas dan jamur antagonis berada di bagian bawah. Pada perlakuan kontrol, cawan petri berisi media PSA tanpa jamur antagonis ditangkupkan dengan cawan petri yang berisi *S. oryzae*. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan serta diameter koloni pada uji volatil setelah inkubasi selama 7 hari (Motlagh *et al.*, 2023).

Pengamatan kemampuan jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *S. oryzae* dan pada uji volatil secara *in vitro* dilakukan dengan mengukur diameter koloni pada perlakuan dengan jamur antagonis dan pada perlakuan kontrol.

Persentase hambatan relatif akibat aktivitas antijamur dari senyawa volatil yang dihasilkan jamur antagonis terhadap pertumbuhan koloni *S. oryzae* (Messgo-Moumene *et al.*, 2025). kemudian dihitung menggunakan rumus berikut.

$$I = \frac{DT - Dt}{DT} \times 100$$

Keterangan:

I = tingkat penghambatan pertumbuhan jamur *S. oryzae* (%),

DT = diameter koloni pathogen pada perlakuan kontrol (cm), dan

Dt = diameter koloni jamur antagonis pada perlakuan patogen (cm).

Tabel 3. Kategori persentase penghambatan uji antagonis

Skor	Persentase	Kategori
1	1-25%	Rendah
2	26-50%	Sedang
3	51-75%	Tinggi
4	76-100%	Sangat tinggi

Sumber: Zivkovic *et al.* (2010)

3.6 Uji Potensi Jamur sebagai PGPF

3.6.1 Pembuatan Suspensi Jamur Rizosfer sebagai PGPF

Tahap awal pembuatan suspensi dilakukan dengan memurnikan isolat jamur asal rizosfer melalui penumbuhan pada media cawan dan inkubasi pada suhu ruang

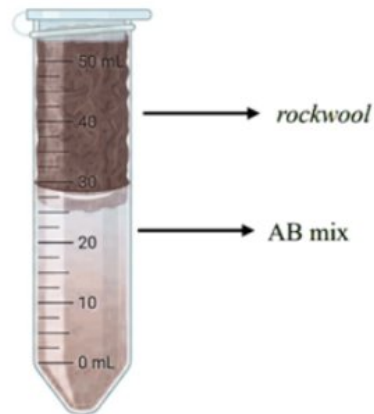
selama 7 hari. Koloni jamur yang terbentuk kemudian disuspensikan dengan menambahkan 10 ml akuades steril, dipisahkan dari media menggunakan jarum ose, dipindahkan ke dalam tabung reaksi, dan dihomogenkan menggunakan vortex pada kecepatan 100 rpm selama 30 detik agar spora terdispersi merata. Untuk memperoleh kerapatan konidia sebesar $10^5/\text{ml}$, dilakukan pengenceran bertahap, sedangkan perhitungannya menggunakan *haemocytometer* (Marnita *et al.*, 2017).

3.6.2 Persiapan Benih Tanaman Indikator PGPF

Benih terlebih dahulu disterilkan dengan cara perendaman dalam alkohol 70% selama 1 menit, dilanjutkan dengan natrium hipoklorit 1% selama 2 menit, kemudian dibilas tiga kali menggunakan akuades steril dan dikeringkan dengan tisu steril. Selanjutnya, benih direndam dalam suspensi konidia jamur antagonis asal rizosfer dengan konsentrasi 10^5 selama 20 menit (Istikorini, 2008; Marnita *et al.*, 2017).

3.6.3 Aplikasi PGPF

Uji potensi jamur asal rizosfer sebagai *Plant Growth-Promoting Fungi* (PGPF) dilakukan dengan mengacu pada metode Syamsia *et al.* (2021) yang dimodifikasi pada penggunaan larutan nutrisi, yaitu mengganti AM mix dengan AB mix yang mengandung unsur hara makro dan mikro penting untuk mendukung pertumbuhan dan hasil tanaman (Ag *et al.*, 2021). Media tanam disiapkan dengan meletakkan potongan rockwool ke dalam tabung sentrifuge ukuran 50ml yang telah berisi 30 ml larutan nutrisi AB mix (Gambar 4). Benih yang telah disterilkan ditanam pada rockwool yang telah diberi lubang sebagai tempat peletakan benih. Percobaan dilakukan dengan tiga ulangan untuk setiap isolat jamur antagonis asal rizosfer, serta tiga tabung kontrol tanpa perlakuan jamur antagonis. Selama pertumbuhan, larutan nutrisi yang berkurang ditambahkan kembali dengan AB mix ke dalam tabung sentrifuge. Setelah 14 hari, pertumbuhan tanaman mentimun diamati melalui parameter tinggi tanaman, panjang akar, dan berat segar (Syamsia *et al.*, 2021).



Gambar 4. Skema aplikasi PGPF pada media rockwool dengan AB mix.

3.7 Analisis Data

Analisis data yang digunakan dalam penelitian ini adalah Analisis Ragam (ANARA). Rancangan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Jika ditemukan perbedaan yang signifikan, maka dapat dilanjutkan dengan uji lanjut Beda Nyata terkecil (BNT) atau *Least Significant Difference* (LSD) untuk mengetahui perlakuan mana yang berbeda nyata.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Eksplorasi isolat jamur rizosfer padi anorganik didapatkan 27 isolat yang diuji, sebanyak 21 isolat tergolong hipovirulen dan berpotensi sebagai agen antagonis terhadap patogen *S. oryzae*, Hasil uji antagonis metode *dual culture* menunjukkan isolat L1P1(1) dengan genus *Aspergillus* memiliki daya hambat tertinggi terhadap pertumbuhan patogen. Pada uji antagonis volatil, isolat L3P2(1) dengan genus *Penicillium* menunjukkan kemampuan penghambatan tertinggi melalui senyawa volatil yang dihasilkan untuk menekan pertumbuhan patogen,
2. Hasil identifikasi menunjukkan bahwa isolat jamur rizosfer didominasi oleh genus *Penicillium* (9 isolat), diikuti oleh *Aspergillus* (6 isolat), dan *Trichoderma* (4 isolat), sedangkan 2 isolat lainnya belum teridentifikasi, yaitu isolat L1P1(2) dan L2P3(1), dan
3. Isolat jamur rizosfer juga menunjukkan potensi sebagai PGPF yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman mentimun sebagai tanaman indikator, meskipun dengan tingkat efektivitas yang bervariasi. Isolat dari genus *penicillium* menghasilkan tinggi tanaman tertinggi. Pada parameter jumlah daun, nilai tertinggi ditunjukkan oleh isolat dengan genus *Penicillium* dan genus *Aspergillus*. Sementara itu, biomassa tanaman nilai tertinggi ditunjukkan oleh isolat dengan genus *Penicillium* pada berat basah dan berat kering.

5.2 Saran

Saran yang diberikan dalam penelitian ini sebagai berikut:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan secara *in vivo* di rumah kaca maupun lapangan terhadap isolat jamur unggul untuk mengetahui efektivitasnya dalam menekan *S. oryzae* dan meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi nyata.
2. Perlu dilakukan karakterisasi lebih lanjut terhadap isolat unggul secara molekuler dan fisiologis untuk mengetahui identitas serta mekanisme kerjanya, seperti kemampuan produksi hormon pertumbuhan, pelarutan unsur hara, dan aktivitas enzimatik.

DAFTAR PUSTAKA

- Adedayo, A. A. dan Babalola, O. O. 2023. Fungi that promote plant growth in the rhizosphere boost crop growth. *Journal of Fungi*. 9(2): 239.
- Ag, R., Faisal, F., dan Hayati, Z. 2021. Peran nutrisi AB mix-plus dan jenis media terhadap pertumbuhan tanaman selada merah (*Lactuca sativa*) pada sistem hidroponik substrat. *Jurnal Agrista*. 25(3): 136-145.
- Aisyah, A., Budianta, D., dan Salampessy, M. L. 2019. Pertanian organik dan pengaruhnya terhadap sifat kimia tanah dan produksi padi. *Jurnal Pertanian Presisi (Journal of Precision Agriculture)*. 3(1): 23-32.
- Akhsan, N. M., Sila, S., Syaifudin, E. A., dan Kurniati, I. 2022. Identifikasi jamur rhizosfer di lahan tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) bergulma di Desa Bendang Raya Kecamatan Tenggarong. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika Lembab ISSN*. 4(2): 2622, 3570.
- Amaria, W., Harni, R., dan Samsudin, S. 2015. Evaluasi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *J. Tanam. Ind. Dan Penyegar*. 2: 51-60.
- Asmani, A., Rianto, F., dan Syahputra, E. 2024. Studi cendawan pada bulir padi di kecamatan sungai kakap dan potensinya sebagai patogen tular-benih. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 13(3): 943-952.
- Anggraeni, D. N. dan Usman, M. 2015. Uji aktivitas dan identifikasi jamur rhizosfer pada tanah perakaran tanaman pisang (*Musa paradisiaca*) terhadap jamur *Fusarium*. *BIOLINK (Jurnal Biologi Lingkungan Industri Kesehatan)*. 1(2): 89-98.
- Asmani, A., Rianto, F., dan Syahputra, E. 2024. Studi cendawan pada bulir padi di kecamatan sungai kakap dan potensinya sebagai patogen tular-benih. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 13(3): 943-952.
- Asniwita, A., Yurleni, Y., Farni, Y., dan Bestari, A. V. 2025. Penerapan teknologi PGPF untuk pengembangan sorgum sebagai pangan fungsional dan pakan ternak. *Al-Khidmah Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 5(1): 75-84.

- Asmani, A., Rianto, F., dan Syahputra, E. 2024. Studi cendawan pada bulir padi di kecamatan sungai kakap dan potensinya sebagai patogen tular-benih. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 13(3): 943-952.
- Asniwita, A., Yurleni, Y., Farni, Y., dan Bestari, A. V. 2025. Penerapan teknologi PGPF untuk pengembangan sorgum sebagai pangan fungsional dan pakan ternak. *Al-Khidmah Jurnal Pengabdian Masyarakat*. 5(1): 75-84.
- Ayyadurai, N., Kirubakaran, S. I., Srisha, S., and Sakthivel, N. 2005. Biological and molecular variability of *Sarocladium oryzae*, the sheath rot pathogen of rice (*Oryza sativa* L.). *Current microbiology*. 50 (6): 319.
- Badan Pusat Statistik. 2020. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024* (12 Juli 2021). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/publication/2021/07/12/b21ea2ed9524b784187be1ed/luas-panen-dan-produksi-padi-di-indonesia-2020.html>
- Badan Pusat Statistik. 2025. *Luas Panen dan Produksi Padi di Indonesia 2024* (BRS No. 15/02/Th. XXVIII, 3 Februari 20225). Badan Pusat Statistik. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/03/2414/pada-2024--luas-panen-padi-mencapai-sekitar-10-05-juta-hektare-dengan-produksi-padi-sebanyak-53-14-juta-ton-gabah-kering-giling--gkg--.html>
- Bigirimana, V. D. P., Hua, G. K., Nyamangyoku, O. I., and Höfte, M. 2015. Rice sheath rot: An emerging ubiquitous destructive disease complex. *Frontiers in Plant Science*. 6 (1): 1–16.
- Bisen, K., Keswani, C., Patel, J. S., Sarma, B. K., and Singh, H. B. 2016. *Trichoderma* spp.: efficient inducers of systemic resistance in plants. In *Microbial-mediated induced systemic resistance in plants* . 185-195. Singapore: Springer Nature Singapore.
- Brazhnikova, Y., Belimov, A., Ignatova, L., Mukasheva, T., Karpenyuk, T., dan Goncharova, A. 2025. The antagonistic activity of beneficial fungi and mechanisms underlying their protective effects on plants against phytopathogens. *Sustainability*. 17(2): 450.
- Budiawati, Y., Gunawan, G., dan Suhera. 2025. Smart agriculture vs pertanian anorganik: tantangan atau peluang pertanian masa depan di indonesia? smart agriculture vs pertanian anorganik: tantangan atau peluang pertanian masa depan di Indonesia. *Agri Wiralodra*. 17(1): 16-28.
- Boughalleb-M'Hamdi, N., Salem, I. B., and M'Hamdi, M. 2018. Evaluation of the efficiency of *Trichoderma*, *Penicillium*, and *Aspergillus* species as biological control agents against four soil-borne fungi of melon and watermelon. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*. 28(1): 1-12.
- Contreras-Cornejo, H. A., Macías-Rodríguez, L., Cortés-Penagos, C., and López-Bucio, J. 2009. *Trichoderma virens*, a plant beneficial fungus, enhances biomass production and promotes lateral root growth through an auxin-dependent mechanism in Arabidopsis. *Plant physiology*. 149(3): 1579-1592.

- Cronquist, A. 1981. An Integrated System of Classification of Flowering Plants. *Columbia University Press*. New York. 477.
- Darwis, A. N. 2024. Isolasi cendawan rhizosfer pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) serta uji antagonisme terhadap patogen *Pyricularia oryzae* secara *in vitro*. Doctoral dissertation. Universitas Hasanuddin.
- Dimitrios I, Tsitsigiannis, M., Dimakopoulou, P.P., Antaniou., dan Tjamos. E. C. 2012. Biological control strategies of mycotoxigenic fungi and associated mycotoxin in Mediterranean basin crop. *Phytopathologia Mediterranea*. 51(1):158–174
- Elfina, Y., Ali, M., Wulandari, S. F., dan Ibrahim, R. 2022. Identifikasi morfologi lima isolat jamur endofit tanaman bawang merah dan kemampuannya menghambat *Alternaria porri* Ellis Cif. *Jurnal Budidaya Pertanian*. 18(1): 74-80.
- Febrianingsih, F., Ramlan, R., dan Amelia, R. 2025. Identifikasi jamur asal rhizosfer padi gogo (*Oryza sativa* L.) di Desa Ampera Kecamatan Palolo Kabupaten Sigi. *Agrotekbis: jurnal ilmu pertanian (e-journal)*. 13(3).
- Hanudin, H. dan Marwoto, B. 2012. Prospek penggunaan mikroba antagonis sebagai agens pengendali hayati penyakit utama pada tanaman hias dan sayuran. *Jurnal Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*. 31(1): 30898.
- Hardi, H., Saharuddin, Y., Jumardi, J., Muliadi, M., dan Nur, M. J. 2025. Identifikasi cendawan rhizosfer pada tanaman padi Desa Maddenra Kabupaten Sidrap Sulawesi Selatan. *Agroscript: Journal of Applied Agricultural Sciences*. 7(1): 24-37.
- Hartati, S., Meliansyah, R., dan Mayanti, T. 2024. Potensi senyawa volatil dari khamir untuk mengendalikan *Cercospora coffeicola*. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 20(1).
- Herlina, L. 2009. Potensi *Trichoderma harzianum* sebagai biofungisida pada tanaman tomat. *Biosaintifika: Journal of Biology & Biology Education*. 1(1):1-7.
- Hastuti, U. S., Aisaroh, S., dan Najib, A. 2013. Daya antagonisme *Trichoderma* spp. terhadap beberapa spesies kapang patogen dari rhizosfer tanah pertanian kedelai. In *Proceeding Biology Education Conference: Biology, Science, Enviromental, and Learning*. Universitas Negeri Malang. 10(2): 18-23.
- Hossain, M. M. and Sultana, F. 2020. Application and mechanisms of plant growth promoting fungi. *Organic Agriculture*. 1-30.
- Husfarandy, M. F. 2017. Potensi Khamir dan Jamur Antagonis dalam Mengendalikan Penyakit Antraknosa (*Colletotrichum gloeosporioides*) pada Tanaman Tomat (*Fragaria* spp.). *Skripsi*. Universitas Brawijaya. Malang.
- Hyakumachi, M. and M Kubota. 2003. Fungi as plant growth promoter and disease suppressor. Pp. 101- 110 In: *Fungal Biotechnology in Agricultural, Food and Environmental Application*. Arora D. K. (ed) Marcel Dekker.

- Istikorini, Y. 2008. Potensi cendawan endofit untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annum* L.). (PPs) Program Pasca Sarjana / S3 IPB. Diakses dari [http ://www.unila.net/](http://www.unila.net/) 07 Maret 2012.
- Ivayani, I., Priyatmojo, A., Widiastuti, A. dan Suryanti, S., 2024. Patobioma penyakit busuk pelepah padi. Disertasi (S3). Yogyakarta: Universitas Gadjah Mada. <https://etd.repository.ugm.ac.id/penelitian/detail/236098>
- Izzatinnisa., Utami, U., dan Mujahidin, A. 2020. Uji antagonisme beberapa fungi endofit pada tanaman kentang terhadap *Fusarium oxysporum* secara *in vitro*. *Jurnal Riset Biologi dan Aplikasinya*. 2(1). 18-25.
- Jayaram, M. and Nagao, H. 2018. *Potato Dextrose Agar with rose-bengal and chloramphenicol: a new culture medium to isolate pathogenic exophiala dermatitidis from the environment*. *Klimik Journal/Klimik Dergisi*. 31(1):11-15.
- Kurniati, A. dan Ali, M. 2018. Isolasi dan uji antagonis jamur asal rizosfer tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) terhadap *Alternaria porri* Ellis Cif. *JOM Faperta UR*. 5(1): 1-9.
- Kusumawati, D. E., dan Istiqomah, I. 2020. Potensi agensia hayati dalam menekan laju serangan penyakit blas (*Pyricularia oryzae*) pada tanaman padi. *Viabel: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Pertanian*. 14(2): 1-13.
- Maghfiroh, E. L. 2018. *Eksplorasi Jamur Endofit Dan Khamir Pada Tanaman Tebu (Saccharum Officinarum L.) Serta Uji Potensi Antagonisnya Terhadap Patogen Fusarium Moniliforme*. Doctoral dissertation, Universitas Brawijaya. Malang.
- Marnita, Y., Lisnawati., dan Hasanuddin. 2017. Potensi jamur endofit terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annum*). *Jurnal Online Pertanian Tropik*. 4(2): 171-182.
- Mawarni, N. I. I., Erdiansyah, I., dan Wardana, R. 2021. Isolasi cendawan *Aspergillus* sp. pada tanaman padi organik. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*. 5(1): 68-74.
- Meiniwati, S. K. dan Mukarlina. 2014. Uji antagonis *Pyricularia grisea* Sacc. penyebab blas pada tanaman padi menggunakan jamur rizosfer isolat lokal. *Protobiont*. 3(1): 17-24.
- Mew, T. W. dan Gonzales, P. 2002. Buku Panduan Jamur Pembawa Benih Padi. IRRI, Sains Penerbit. Los Baños, Filipina; Enfield, NH, AS.
- Millatia, Z., Sabdaningsih, A., dan Muskananfolo, M. R. 2022. Isolasi dan karakterisasi jamur dari sedimen mangrove Tapak, Semarang. *Jurnal Pasir Laut*. 6(2): 67-74.
- Mirta, B. 2023. *Exploration of Plant Growth Promoting Fungi (PGPF) in Agroforestry Land Cover and Activity Test on Seedling of Red Chili (Capsicum annum L.)*. (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin). Makassar.

- Monareh, J. dan Ogie, T. B. 2020. Disease control using biopesticide on rice plants (*Oryza sativa* L.). *Jurnal Agroekoteknologi Terapan*. 1(1): 11-13.
- Motlagh, M. S., Kulus, D., Kaviani, B., and Habibollahi, H. 2023. Exploring fungal endophytes as biocontrol agents against rice blast disease. *Acta Agrobotanica*. 76.
- Messgo-Moumene, S., Li, Y., Bachir, K., Houmani, Z., Bouznad, Z., and Chemat, F. 2015. Antifungal power of citrus essential oils against potato late blight causative agent. *Journal of essential oil research*. 27(2): 169-176.
- Muhibuddin, A., Salsabila, S., dan Sektiono, A. W. 2021. Kemampuan antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap beberapa jamur patogen penyakit tanaman. *Agrosaintifika*. 4(1): 225-233.
- Muhibuddin, A., Yamanian, F. Y., Sektiono, A. W., dan Susanti, A. 2024. Uji antagonisme *Penicillium* spp. UB forest terhadap patogen penyebab penyakit tanaman cabai. *Agrosaintifika*. 7(1); 18-28.
- Murniati, A., Tahir, D., dan Tahir, R. 2022. Identifikasi mikroba rizosfer penghasil hormon pertumbuhan pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*. 5(3): 608-615.
- Nandini, B., Geetha, N., Prakash, H. S., and Hariparsad, P. 2021. Penyerapan alami anti-oomycetes yang dihasilkan *Trichoderma* dari bibit jewawut Mekanisme baru pengendalian hayati penyakit bulai berbulu. *Biol. Control*. 156, 104550
- Neekety, A. A., Abdel-Aziz, M. S., Hathout, A. S., Hamed, A. A., Sabry, B. A., Ghareeb, M. A., and Abdel-Wahhab, M. A. 2016. Molecular identification of newly isolated non-toxigenic fungal strains having antiaflatoxicogenic, antimicrobial and antioxidant activities. *Der Pharm Chem*. 8: 121-34.
- Noerfitryani, N. dan Hamzah, H. 2018. Inventarisasi jenis-jenis cendawan pada rhizosfer pertanaman padi. *Journal Galung Tropika*. 7(1): 11-21.
- Oktaviani, L., Hamtini, H., Patricia, V., dan Armal, H. L. 2024. Pemanfaatan Bekatul Sebagai Bahan Dasar Media Alternatif Pertumbuhan *Aspergillus flavus*. *Jurnal Ilmiah As-Syifaa Учёным*. 16(2): 153-162.
- Ou, S. H. 1985. Penyakit padi. CMI, Kew, Inggris.
- Purba, R. E., Fauziah, F., and Afandhi, A. 2025. Persistensi isolat jamur patogen serangga asal filoplan tanaman teh dari perkebunan dataran tinggi pangalengan dengan lama paparan sinar matahari berbeda. *Jurnal HPT (Hama Penyakit Tumbuhan)*, 13(2), 97-108.
- Purnama, G. W., Permana, A. A. J., Ananda, I. K. N., Purnami, N. L. I., Nugraha, G. N. A., dan Yogi, I. B. S. M. 2024. Implementasi sistem pakar untuk klasifikasi tanaman padi (*Oryza sativa* L.) berdasarkan ciri-ciri morfologi. *Jurnal Pendidikan Teknik Elektro Undiksha*. 13(2): 171-185.
- Putri, R., Prasetyo, J., Maryono, T., dan Dirmawati, S. R. 2022. Pengaruh empat isolat *Trichoderma* spp. terhadap penyakit bulai dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2): 177-185.

- Putri, U. D. dan Anhar, A. 2024. *Trichoderma* sp: solusi ramah lingkungan untuk pengendalian patogen dan peningkatan pertumbuhan tanaman. In *Prosiding Seminar Nasional Biologi*. Universitas Negeri Padang. Sumatera Barat. 4(1): 222-229.
- Rahman, F. A., Safni, I., dan Lisnawita, L. 2023. Kelimpahan jamur non-patogenik pada rhizosfer daerah endemik patogen *Magnaporthe grisea* penyebab penyakit blas pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.). *Agro Bali: Agricultural Journal*. 6(2): 395-404.
- Ristiari, N. P. N., Julyasih, K. S. M., dan Suryanti, I. A. P. 2019. Isolasi dan identifikasi jamur mikroskopis pada rizosfer tanaman jeruk siam (*Citrus nobilis* Lour.) di Kecamatan Kintamani, Bali. *Jurnal Pendidikan Biologi Undiksha*. 6(1): 10-19.
- Rosyak, A. V., Yuliarso, M. Z., Priyono, B. S., dan Sari, P. 2025. Faktor determinan ketahanan pangan rumah tangga petani padi di Kecamatan Singaran Pati Kota Bengkulu. *Journal of Food System and Agribusiness*. 67-76.
- Rosyida, R. 2025. Mekanisme antagonisme beberapa isolate jamur antagonis terhadap pertumbuhan jamur *Colletotrichum gloeosporioides*. *Jurnal Buana Sains*. 25(2): 17-28.
- Sari, D. R. 2015. Isolasi dan identifikasi bakteri tanah yang terdapat disekitar perakaran tanaman. *J. Bio-Sitevol*. 1(1): 21-27.
- Singh, R., Sunder, S., Dodan, D. S., and L. Ram. 2005. Etiology, inoculation methods and evaluation of botanicals against sheath rot complex of rice. *Haryana agric. Univ. J. Res*. 35: 93-97.
- Soniari, N. N., Sutari, N. W. S., dan Pradnyawathi, N. L. M. 2023. Pengaruh Jenis Biochar dan Kompos terhadap Aktivitas Mikroorganisme Tanah. *Journal on Agriculture Science*. 13(3): 390-396.
- Sukari, D., Radian, R., dan Wasi'an, W. A. 2022. Pengaruh *Trichoderma* spp. terhadap pertumbuhan dan hasil berbagai varietas padi pada lahan sawah tadah hujan di kabupaten ketapang. *Jurnal Pertanian Agros*. 24(1): 27-35.
- Supriyanto, S., Priyatmojo, A., dan Arwiyanto, T. 2009. Penapisan PGPF untuk pengendalian penyakit busuk lunak lidah buaya (*Aloe vera*) di tanah gambut. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 15(2): 71-82.
- Suwarno, P. M., Wirnas, D., dan Junaedi, A. 2022. Studi keragaan varietas padi pada dua kondisi lingkungan. *Jurnal Sains Terapan: Wahana Informasi dan Alih Teknologi Pertanian*. 12(Khusus): 15-21.
- Syamsia, S., Idhan, A., Firmansyah, A. P., Noerfitryani, N., Rahim, I., Kesaulya, H., and Armus, R. 2021. Combination on endophytic fungal as the plant growth-promoting fungi (PGPF) on cucumber (*Cucumis sativus*). *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*. 22(3): 1194-1202.
- Talanca, A. H. 2005. Uji berbagai media biakan massal *Trichoderma* spp. dan aktifitas *Trichoderma* sp. Terformulasi terhadap cendawan patogen tular tanah. *Jurnal Stigma*. XII (4): 600-605.

- Tatung, M., Cshaupoo, S., and Deb, C. R. 2024. *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) for ecologically sound agriculture and its market trend evolution. *Current Agriculture Research Journal*. 12(3): 1048-1061
- Thaha, A. R., Damayanti, D., Asrul, A., dan Umrah, U. 2020. Pertumbuhan *Aspergillus* sp pada Media Limbah Cair Tempe dan Air Kelapa. *Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Yapedumenu. Universitas Tadulako*. 27(3): 256-264.
- Thepbandit, W. and Athinuwat, D. 2024. Rhizosphere microorganisms supply availability of soil nutrients and induce plant defense. *Microorganisms*, 12(3): 558.
- Tjampakasari, C. R., Agustini, R., Baihaki, I., Noor, S., dan Bustami, A. 2023. Kultur slide sebagai metode mikroskopik tidak langsung untuk identifikasi jamur kapang. *Jurnal Sehat Indonesia (jusindo)*. 6(01): 201-210.
- Van Zijl de Jong, E., Kandula, J., Rostás, M., Kandula, D., Hampton, J., and Mendoza-Mendoza, A. 2023. Fungistatic activity mediated by volatile organic compounds is isolate-dependent in *Trichoderma* sp. "atroviride B". *Journal of Fungi*. 9(2): 238.
- Visagie, C. M., Houbbraken, J., Frisvad, J. C., Hong, S. B., Klaassen, C. H. W., Perrone, G., Seifert, K. A., Varga, J., Yaguchi, T and Samson, R. A. 2014. Identification and nomenclature of the genus *Penicillium*. *Studies in mycology*. 78(1): 343-371.
- Wang, X. C., Zhang, Z. K., and Zhuang, W. Y. 2023. Species diversity of *Penicillium* in Southwest China with discovery of forty-three new species. *Journal of Fungi*. 9(12): 1150.
- Worosuryani, C., Priyatmojo, A., dan Wibowo, A. 2006. Uji Kemampuan Jamur Tanah yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF. *Jurnal Agrosain*. 19(2): 179-191
- Zendrato, I. N. dan Lase, N. K. 2024. Peran mikroorganisme dalam meningkatkan kualitas tanah dan toleransi tanaman terhadap cekaman abiotik. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 1(2): 94-100.
- Zhu, F., Kamiya, T., Fujiwara, T., Hashimoto, M., Gong, S., Wu, J., Nakanishi, H., and Fujimoto, M. 2024. A comparison of rice root microbial dynamics in organic and conventional paddy fields. *Microorganisms* 13(1): 41.
- Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Ž., Gavrilović, V., Popović, T., and Balaž, J. 2010. Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of biological sciences*. 62(3): 611-623.
- Zhong, Y., Chi, H., Wu, T., Fan, W., Su, H., Li, R., Jiang, W., Du, X., & Ma, Z. 2025. Diversity of rhizosphere microbial communities in different rice varieties and their diverse adaptive responses to saline and alkaline stress. *Frontiers in Microbiology*, 16, 1537846.