

**EKSPLORASI JAMUR RIZOSFER PADI ORGANIK (*Oryza sativa* L.)  
UNTUK MENGENDALIKAN PATOGEN BUSUK PELEPAH  
(*Sarocladium oryzae*) DAN POTENSINYA DALAM MEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN**

**(SKRIPSI)**

**Oleh**

**Abelia Novika Puri  
2214191024**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### EKSPLORASI JAMUR RIZOSFER PADI ORGANIK (*Oryza sativa* L.) UNTUK MENGENDALIKAN PATOGEN BUSUK PELEPAH (*Sarocladium oryzae*) DAN POTENSINYA DALAM MEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN

Oleh

ABELIA NOVIKA PURI

Penyakit busuk pelepah padi yang disebabkan oleh *Sarocladium oryzae* merupakan salah satu kendala penting dalam produksi padi, sehingga diperlukan alternatif pengendalian yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi dan mengidentifikasi jamur antagonis dari rizosfer padi organik yang berpotensi sebagai agen pengendali hayati dan *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF). Penelitian meliputi eksplorasi isolat, uji hipovirulen, uji antagonis menggunakan metode kultur ganda dan *double dish system*, pengamatan mikoparasitisme, serta uji PGPF pada tanaman mentimun. Hasil penelitian memperoleh 30 isolat jamur, dengan 17 isolat di antaranya bersifat hipovirulen. Berdasarkan hasil identifikasi, isolat L1O1 18 dan L2O1 7 termasuk dalam genus *Penicillium*. Pada uji antagonisme metode kultur ganda, isolat L1O1 18 menunjukkan daya hambat tertinggi terhadap *S. oryzae* sebesar 61,3%, sedangkan pada metode *double dish system*, daya hambat tertinggi ditunjukkan oleh isolat L2O1 7 sebesar 63,2%. Pengamatan mikroskopis menunjukkan adanya mekanisme mikoparasitisme melalui kontak langsung antarhifa. Hasil identifikasi menunjukkan dominasi genus *Penicillium*, *Aspergillus* dan *Trichoderma*. Selain sebagai agen antagonis, beberapa isolat juga mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur rizosfer padi organik, terutama *Penicillium* (L1O1 18, L2O1 7, serta L1O1 1) dan *Trichoderma* (L2O1 1) berpotensi sebagai agen pengendali hayati sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman.

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

**EKSPLORASI JAMUR RIZOSFER PADI ORGANIK (*Oryza sativa* L.)  
UNTUK MENGENDALIKAN PATOGEN BUSUK PELEPAH  
(*Sarocladium oryzae*) DAN POTENSINYA DALAM MEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN**

**Oleh**

**Abelia Novika Puri**

**Skripsi**

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

**pada**

**Jurusan Proteksi Tanaman  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

Judul Skripsi

: **EKSPLORASI JAMUR RIZOSFER  
PADI ORGANIK (*Oryza sativa* L.)  
UNTUK MENGENDALIKAN  
PATOGEN BUSUK PELEPAH  
(*Sarocladium oryzae*) DAN  
POTENSINYA DALAM MEMACU  
PERTUMBUHAN TANAMAN**

Nama Mahasiswa

: *Abelia Novika Puri*

Nomor Pokok Mahasiswa

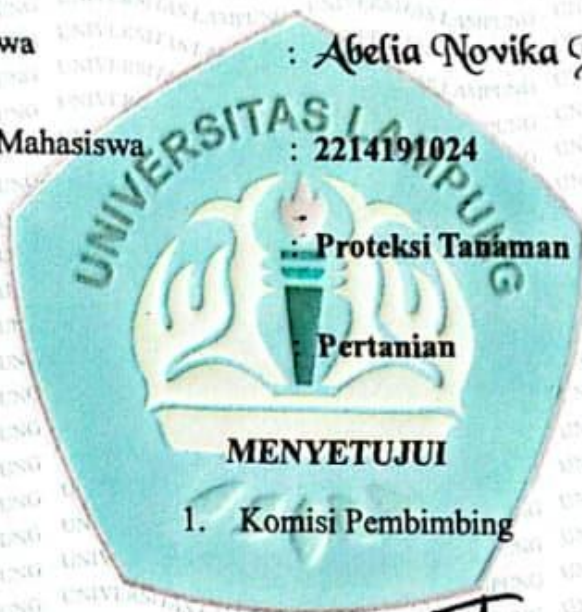
: 2214191024

Jurusan

: **Proteksi Tanaman**

Fakultas

**Pertanian**



**MENYETUJUI**

1. **Komisi Pembimbing**

*[Signature]*  
**Dr. Ivayani, S.P., M.Si.**  
NIP. 198812292015042001

*[Signature]*  
**Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.**  
NIP. 196201071986032001

2. **Ketua Jurusan Proteksi Tanaman**

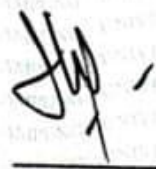
*[Signature]*  
**Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si.**  
NIP. 198002082005011002

**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

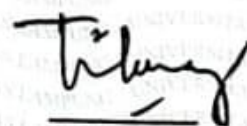
**Ketua**

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



**Sekretaris**

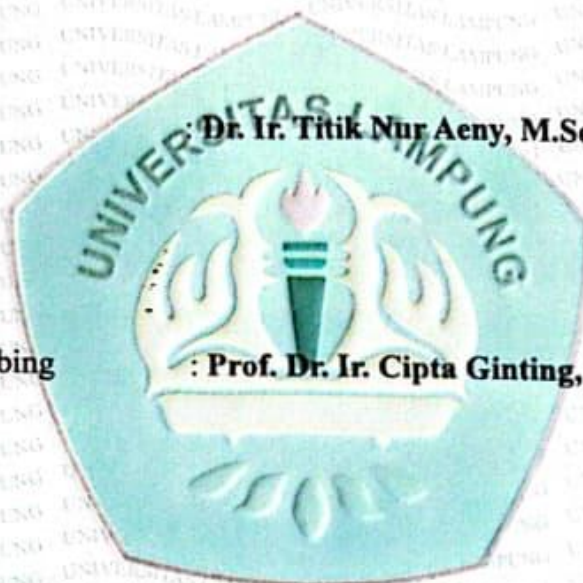
**: Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.**



**Penguji**

**Bukan Pembimbing**

**: Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**NIP. 196411181989021002**



**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 3 Juni 2026**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **"EKSPLOKASI JAMUR RIZOSFER PADI ORGANIK (*Oryza sativa* L.) UNTUK MENGENDALIKAN PATOGEN BUSUK PELEPAH (*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 di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan dan dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai.

Bandar Lampung, 15 Juni 2026  
Penulis,



**Abelia Novika Puri**  
NPM 2214191024

## RIWAYAT HIDUP

Abelia Novika Puri merupakan anak pertama dari kedua orang tua penulis. Penulis dilahirkan di Desa Brabasan, Kecamatan Tanjung Raya, Kabupaten Mesuji pada tanggal 8 November 2003. Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak di TK Surya Bakti pada tahun 2010, kemudian melanjutkan pendidikan di SD Negeri 1 Brabasan dan lulus pada tahun 2016. Pendidikan menengah pertama ditempuh di SMP Negeri 2 Mesuji dan diselesaikan pada tahun 2019. Selanjutnya penulis melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 1 Tanjung Raya dan lulus pada tahun 2022. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai mahasiswa Prog Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN).

Selama menempuh pendidikan di perguruan tinggi, penulis aktif dalam organisasi Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPROTEKTA) sebagai anggota Bidang Pengembangan Minat dan Bakat (PMB) pada periode 2024-2025. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum pada mata kuliah Dasar-dasar Perlindungan Tanaman (DDPT) Kelas PPN B dan Teknik Pemantauan Kelas PTN A pada tahun 2025, serta Ilmu Penyakit Benih Kelas PTN A pada tahun 2026. Selain kegiatan akademik di kampus, penulis mengikuti beberapa kegiatan lapangan, yaitu Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di Desa Karya Mulya Sari, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2023, Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Tanjungan, Kecamatan Katibung, Kabupaten Lampung Selatan pada tahun 2025, serta Praktik Umum (PU) di Balai Perakitan dan Pengujian Tanaman Rempah, Obat, dan Aromatik (BRMP TROA) pada tahun 2025.

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik. Dengan penuh rasa syukur dan kerendahan hati, karya sederhana ini penulis persembahkan kepada:

1. Abah dan Ibu tercinta yang senantiasa memberikan doa, kasih sayang, dukungan, serta pengorbanan yang tiada henti kepada penulis dalam setiap langkah kehidupan,
2. Adik-adik saya yang senantiasa memberikan semangat dan kebahagiaan sehingga menjadi motivasi bagi penulis untuk terus berusaha dan menyelesaikan pendidikan dengan baik, dan
3. Tante dan sepupu yang senantiasa memberikan dukungan, doa, serta semangat kepada penulis selama menempuh pendidikan.

## MOTTO

”Tidak apa-apa kalau kamu ingin berhenti sejenak, demi dapatkan dua langkah kedepannya.”

(Ria SW)

”Keberhasilan bukanlah milik orang yang pintar. Keberhasilan adalah kepunyaan mereka yang senantiasa berusaha.”

(B.J Habibie)

”What would life be if we had no courage to attempt anything?”

(Vincent Van Gogh)

“Life goes on”

(Abel)

“I believe everything will find its own way”

(Abel)

## SANWACANA

*Assalamu 'alaikum warahmatullahi wabarakatuh.*

Puji syukur penulis panjatkan kehadiran Allah SWT atas segala rahmat, karunia, serta hidayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Eksplorasi Jamur Rizosfer Padi Organik (*Oryza sativa* L.) untuk Mengendalikan Patogen Busuk Pelepah (*Sarocladium oryzae*) dan Potensinya dalam Memacu Pertumbuhan Tanaman”** sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian pada Program Studi Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.

Penulis menyadari bahwa penyusunan skripsi ini tidak terlepas dari bantuan, dukungan, serta bimbingan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, pada kesempatan ini penulis menyampaikan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada:

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah menyediakan berbagai fasilitas sehingga penulis dapat melaksanakan penelitian sebagai bagian dari penyusunan skripsi,
2. Bapak Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman Universitas Lampung yang telah memberikan dukungan serta arahan kepada penulis selama proses penyusunan skripsi,
3. Ibu Dr. Ivayani, S.P.,M.Si. selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan bimbingan, saran, serta motivasi kepada penulis selama proses penelitian hingga penyusunan skripsi ini,
4. Ibu Dr. Ir. Titik Nur Aeny, M.Sc.selaku dosen pembimbing kedua sekaligus dosen proyek yang telah memberikan berbagai masukan, arahan, serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,

5. Bapak Prof. Dr. Ir. Cipta Ginting, M.Sc., selaku dosen pembahas sekaligus dosen proyek yang telah memberikan kritik, saran, serta motivasi yang sangat bermanfaat bagi penyempurnaan skripsi ini,
6. Bapak Ir. Efri, M.S dan Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc. selaku Pembimbing Akademik (PA) yang telah memberikan arahan, saran, serta dukungan kepada penulis selama menempuh pendidikan di Program Studi Proteksi Tanaman,
7. Ibu Widiyaningrum Alita Sari, S.P., yang telah memberikan berbagai arahan dan nasihat yang sangat berarti bagi penulis,
8. Keluarga tercinta, khususnya Abah, Ibu, dan Adik, yang senantiasa memberikan doa, dukungan, serta motivasi kepada penulis selama menjalani perkuliahan hingga penyusunan skripsi ini,
9. Teman dekat penulis, yaitu Ria, Ulman, Amel, dan Nadiyah, yang selalu bersedia mendengarkan keluh kesah serta terus memberikan dukungan dan semangat kepada penulis,
10. Rekan satu tim penelitian, khususnya Tim *Oryza sativa*, yang telah bekerja sama serta membantu penulis selama pelaksanaan penelitian,
11. Elsa Mulyani selaku adik saya yang selalu menemani saya ketika saya sedang terpuruk,
12. Dedi Erdiansyah Utomo yang senantiasa memberikan semangat, dukungan, serta menjadi tempat penulis berbagi keluh kesah selama proses penyusunan skripsi, dan
13. Penulis juga menyampaikan terima kasih kepada diri sendiri yang telah bertahan, berproses, dan terus berusaha hingga mampu menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Bandar Lampung, 15 Juni 2026  
Penulis,



Abelia Novika Puri  
2214191024

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	xii
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	xv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	xvii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	6
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	7
2.1 Tanaman Padi .....	7
2.2 Penyakit Busuk Pelepah.....	7
2.2.1 Gejala Penyakit .....	7
2.2.2 Penyebab Penyakit .....	8
2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Penyakit.....	9
2.3 Jamur Antagonis.....	9
2.4 PGPF ( <i>Plant Growth Promoting Fungi</i> ) .....	10
2.5 Rizosfer Tanaman Padi.....	10
2.6 Pertanian Organik.....	11
<b>III. METODE PENELITIAN</b> .....	12
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian.....	12
3.2 Alat dan Bahan .....	12
3.3 Metode Penelitian.....	12
3.4. Eksplorasi Jamur Antagonis Asal Tanaman Padi .....	13
3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah .....	13
3.4.2 Isolasi Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi .....	13

3.4.3 Pemurnian dan Peremajaan .....	14
3.4.4 Uji Hipovirulen .....	14
3.5 Uji Antagonis Jamur Rizosfer terhadap Isolat Patogen.....	15
3.5.1 Peremajaan Isolat Patogen .....	15
3.5.2 Metode Kultur Ganda.....	16
3.5.3 Metode <i>Double Dish System</i> .....	17
3.5.3 Metode <i>Slide Culture</i> .....	18
3.6 Uji PGPF pada Bibit Tanaman Mentimun .....	19
3.6.1 Perbanyakkan Jamur Rizosfer sebagai PGPF .....	19
3.6.2 Penyiapan Media Tanam .....	19
3.6.3 Penyiapan Tanaman Indikator.....	20
3.6.4 Aplikasi PGPF.....	20
3.6.5 Pengamatan .....	20
3.7 Identifikasi Jamur Antagonis .....	20
3.8 Analisis Data .....	21
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN .....</b>	<b>22</b>
4.1 Hasil .....	22
4.1.1 Peremajaan Jamur <i>S. oryzae</i> .....	22
4.1.2 Hasil Eksplorasi dari Rizosfer Padi Organik .....	23
4.1.3 Uji Hipovirulen .....	23
4.1.4 Uji Antagonis .....	24
4.1.4.1 Kultur Ganda.....	24
4.1.4.2 Hasil Pengamatan Mikoparasitsme .....	28
4.1.4.3 <i>Double Dish System</i> .....	29
4.1.5 Hasil PGPF.....	31
4.1.5.1 Tinggi Tanaman.....	31
4.1.5.2 Jumlah Daun .....	33
4.1.5.3 Berat Basah dan Berat Kering.....	33
4.1.6 Identifikasi Jamur Antagonis Asal Rizosfer.....	34
4.1.6.1 <i>Penicillium</i> 1 .....	35
4.1.6.2 <i>Penicillium</i> 2 .....	35
4.1.6.3 <i>Penicillium</i> 3 .....	36
4.1.6.4 <i>Penicillium</i> 4 .....	37

4.1.6.4 <i>Penicillium</i> 5 .....	38
4.1.6.6 <i>Penicillium</i> 6 .....	39
4.1.6.7 <i>Penicillium</i> 7 .....	40
4.1.6.8 <i>Penicillium</i> 8 .....	41
4.1.6.9 <i>Penicillium</i> 9 .....	42
4.1.6.10 <i>Penicillium</i> 10 .....	42
4.1.6.11 <i>Penicillium</i> 11.....	43
4.1.6.12 <i>Penicillium</i> 12 .....	44
4.1.6.13 <i>Penicillium</i> 13 .....	45
4.1.6.14 <i>Aspergillus</i> 1.....	46
4.1.6.15 <i>Aspergillus</i> 2.....	47
4.1.6.16 <i>Trichoderma</i> .....	48
4.1.6.17 Isolat L1O1 9 .....	49
4.2 Pembahasan.....	50
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>56</b>
5.1 Simpulan .....	56
5.2 Saran.....	56
<b>DAFTAR PUSTAKA.....</b>	<b>57</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Kode Isolat jamur antagonis yang berhasil diisolasi dari rizosfer tanaman padi.....	23
2. Hasil uji hipovirulen terhadap isolat jamur rizosfer tanaman padi .....	24
3. Pengaruh isolat antagonis terhadap <i>S. oryzae</i> pada metode kultur ganda	26
4. Pengaruh isolat antagonis terhadap <i>S. oryzae</i> pada metode <i>double dish system</i> .....	30
5. Rata-rata tinggi tanaman pada perlakuan berbagai isolat jamur antagonis	32
6. Rata-rata jumlah daun pada perlakuan berbagai isolat jamur antagonis.	33
7. Rata-rata berat tanaman mentimun pada perlakuan berbagai isolat jamur antagonis.....	34
8. Hasil identifikasi jamur antagonis dari rizosfer tanaman padi.....	43
9. Uji hipovirulensi pada semua perlakuan jamur rizosfer di lokasi 1 .....	65
10. Uji hipovirulensi pada semua perlakuan jamur rizosfer di lokasi 2.....	66
11. Rerata jari-jari Patogen pada semua perlakuan jamur antagonis (kultur ganda) .....	67
12. Rerata jari-jari Patogen pada semua perlakuan jamur antagonis ( <i>double dish system</i> ) .....	67
13. Data sporulasi untuk uji PGPF .....	70
14. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 2 hst.....	70
15. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 4 hst.....	70
16. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 6 hst.....	70
17 Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 8 hst.....	70
18. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 10 hst.....	71
19. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 12 hst.....	71
20. Analisis ragam tinggi tanaman (cm) 14 hst.....	71
21. Analisis ragam jumlah daun 2 hst .....	71
22. Analisis ragam jumlah daun 4 hst .....	71

23. Analisis ragam jumlah daun 6 hst .....	71
24. Analisis ragam jumlah daun 8 hst .....	71
25. Analisis ragam jumlah daun 10 hst .....	72
26. Analisis ragam jumlah daun 12 hst .....	72
27. Analisis ragam jumlah daun 14 hst .....	72
28. Analisis ragam berat basah 14 hst .....	72
29. Analisis ragam berat kering 14 hst .....	72

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Skema metode kultur ganda.....	16
2. Skema uji <i>double dish system</i> (Hartati <i>et al.</i> , 2024).....	17
3. Skema metode <i>Slide culture</i> .....	18
4. Skema aplikasi PGPF pada media rockwool dengan larutan AB mix .	19
5. Morfologi jamur <i>S. oryzae</i> umur 7 hari.....	22
6. Interaksi jamur Antagonis dan <i>S.oryzae</i> dengan terbentuknya zona bening pada 14 HSI.....	27
7. Mekanisme mikoparasitisme jamur antagonis dan <i>S.oryzae</i> .....	29
8. Interaksi isolat jamur antagonis dan <i>S. oryzae</i> metode <i>double dish system</i> .....	31
9. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 1) pada umur 7 hari .....	35
10. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 2) pada umur 7 hari .....	36
11. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 14) pada umur 7 hari .....	37
12. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 15) pada umur 7 hari .....	38
13. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 16) pada umur 7 hari .....	39
14. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 17) pada umur 7 hari .....	39
15. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 18) pada umur 7 hari .....	40
16. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 19) pada umur 7 hari .....	41
17. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L2O1 3) pada umur 7 hari .....	42
18. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L2O1 5) pada umur 7 hari .....	43
19. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L2O1 7) pada umur 7 hari. ....	44
20. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L2O1 9) pada umur 7 hari. ....	45
21. Morfologi jamur Isolat <i>Penicillium</i> (L1O1 8) pada umur 7 hari .....	46
22. Morfologi isolat <i>Aspergillus</i> (L1O1 12) pada umur 7 hari .....	47
23. Morfologi jamur Isolat <i>Aspergillus</i> (L2O1 6) pada umur 7 hari.....	48
24. Morfologi jamur Isolat <i>Trichoderma</i> (L2O1 1) pada umur 7 hari .....	49

25. Morfologi jamur Isolat L1O1 9 pada umur 7 hari .....	50
26. Hasil eksplorasi pada 2 lokasi padi organik.....	73
27. Contoh uji hipovirulen pada tanaman indikator (mentimun).....	73
28. Tanaman indikator (mentimun) untuk uji PGPF .....	73

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Padi (*Oryza sativa* L.) merupakan salah satu komoditas yang memiliki peran penting dalam kehidupan sehari-hari. Mayoritas masyarakat Indonesia mengonsumsi tanaman ini sebagai sumber bahan pangan utama (Ningrat *et al.*, 2021; Utama, 2015). Tanaman padi kaya akan kandungan karbohidrat yang berfungsi sebagai sumber energi bagi tubuh manusia. Dengan demikian, padi memiliki peran vital untuk memenuhi kebutuhan gizi masyarakat.

Produksi padi pada tahun 2024 diperkirakan mencapai 53,14 juta ton gabah kering giling (GKG) (BPS, 2024). Angka ini mengalami penurunan sebanyak 838,27 ribu ton GKG atau sekitar 1,55% dibanding dengan hasil panen padi pada tahun 2023 yang sebesar 53,98 juta ton GKG. Apabila kondisi tersebut terjadi secara terus-menerus, maka akan menyebabkan kelangkaan pangan yang akhirnya akan berpengaruh pada kenaikan harga pangan dan menyebabkan kesulitan ekonomi bagi masyarakat berpendapatan menengah kebawah.

Penurunan produksi padi dipengaruhi oleh beberapa faktor, salah satunya yaitu penyakit tanaman. Salah satu penyakit yang saat ini dianggap sangat serius dan penting untuk dikendalikan adalah busuk pelepah padi, yang disebabkan oleh salah satu patogen seperti *Sarocladium oryzae*. Penyakit ini dapat menurunkan hasil hingga 85% (Bigirimana *et al.*, 2015) dan kini banyak ditemukan di daerah penghasil padi, termasuk Lampung (Maryono *et al.*, 2024). Busuk pelepah ditandai dengan gejala berupa pembusukan dan perubahan warna pelepah, yang pada akhirnya menyebabkan gabah menjadi berjamur (Bigirimana *et al.*, 2015). Kondisi tersebut menuntut adanya strategi pengendalian yang tidak hanya efektif, tetapi juga berkelanjutan.

Pengendalian hayati merupakan salah satu strategi penting dalam menekan perkembangan patogen tanaman dengan memanfaatkan mikroorganisme antagonis yang mampu menghambat atau menekan pertumbuhan patogen secara alami. Mikroba antagonis yang terdapat di rizosfer padi diketahui memiliki peran yang berkontribusi dalam meningkatkan kesehatan tanah dan tanaman. Melalui interaksi dengan sistem perakaran, mikroba tersebut mampu meningkatkan kesuburan tanah, ketersediaan nutrisi, serta ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit.

Dalam hal ini, sistem pertanian organik memberikan peluang lebih besar terhadap keberadaan mikroorganisme yang beragam dan menguntungkan karena tidak adanya penggunaan bahan kimia sintetis. Kondisi tersebut menjadikan lingkungan tanah lebih stabil dan mendukung perkembangan berbagai jenis mikroba baik, termasuk mikroorganisme antagonis. Keanekaragaman mikroorganisme ini berpotensi meningkatkan keseimbangan ekosistem tanah, memperkuat fungsi biologis tanah, serta mendukung pertumbuhan dan kesehatan tanaman secara berkelanjutan.

Mikroorganisme rizosfer menekan pertumbuhan patogen melalui berbagai mekanisme, seperti kompetisi ruang dan nutrisi, produksi senyawa antimikroba, serta induksi ketahanan tanaman. Selain itu, sebagian di antaranya tergolong sebagai *Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) yang berperan meningkatkan penyerapan nutrisi, menghasilkan fitohormon, serta memperkuat toleransi tanaman terhadap stres biotik maupun abiotik (Thepbandit and Athinuwat, 2024). Oleh karena itu, pertanian organik menawarkan pendekatan yang sejalan dengan prinsip pengendalian hayati, yaitu dengan memanfaatkan sumber daya alami yang ramah lingkungan tanpa bergantung pada bahan kimia sintetis (Mayrowani, 2012).

Dengan demikian, pengendalian penyakit busuk pelepah pada tanaman padi dapat dilakukan secara lebih berkelanjutan melalui pemanfaatan jamur antagonis dari wilayah rizosfer. Pendekatan ini tidak hanya menekan perkembangan patogen, tetapi juga memperbaiki kualitas tanah dan mendukung pertumbuhan padi secara

menyeluruh, sekaligus menjadi alternatif yang lebih aman dibandingkan penggunaan fungisida sintetis (Aryani *et al.*, 2019).

## 1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengeksplorasi dan mendapatkan isolat jamur dari rizosfer tanaman padi yang memiliki kemampuan antagonis terhadap patogen *S. oryzae*,
2. Mengevaluasi kemampuan isolat jamur rizosfer tersebut sebagai PGPF dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman (uji indikator pada mentimun), dan
3. Mengidentifikasi secara morfologi isolat-isolat jamur rizosfer yang memiliki potensi sebagai agen antagonis dan PGPF.

## 1.3 Kerangka Pemikiran

Pertanian organik merupakan sistem pertanian yang berusaha mengembalikan semua jenis bahan organik ke dalam tanah dengan tujuan menyediakan nutrisi bagi tanaman. Dalam sistem ini, budidaya tanaman dilakukan dengan memanfaatkan bahan organik tanpa penggunaan bahan kimia sintetis (Mayrowani, 2012; Sutanto, 2002). Kondisi tersebut berkaitan erat dengan peran mikroorganisme tanah, khususnya jamur rizosfer, yang tidak hanya berfungsi dalam mendekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan unsur hara, tetapi juga berperan sebagai agen hayati yang mampu melindungi tanaman. Mikroorganisme tersebut dapat bekerja melalui berbagai mekanisme seperti kompetisi ruang dan nutrisi, produksi senyawa antibiosis, serta mikoparasitisme terhadap patogen, sehingga mendukung pertumbuhan dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit.

Jamur rizosfer merupakan mikroorganisme yang hidup di sekitar zona perakaran tanaman (Rahman *et al.*, 2023). Beberapa jenis jamur ini dikenal sebagai agen antagonis yang mampu menekan aktivitas patogen tular tanah, sedangkan lainnya berperan sebagai PGPF yang mendukung pertumbuhan tanaman melalui berbagai mekanisme biologis.

Agen antagonis dalam mengendalikan penyakit tanaman bekerja melalui dua mekanisme utama, yaitu interaksi langsung dan tidak langsung dengan patogen. Interaksi langsung mencakup mikoparasitisme, pemanfaatan enzim untuk mendegradasi dinding sel patogen, kompetisi terhadap ruang dan nutrisi, serta antibiosis melalui produksi metabolit sekunder yang bersifat toksik bagi patogen. Sementara itu, interaksi tidak langsung melibatkan induksi ketahanan sistemik pada tanaman, perebutan ruang dan nutrisi dalam tanah, serta peningkatan pertumbuhan tanaman secara keseluruhan sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap serangan penyakit (Villavicencio-Vásquez *et al.*, 2025).

PGPF merupakan kelompok jamur saprotrof nonpatogen yang bersifat heterogen, yang dapat dibedakan menjadi endofit yang hidup di dalam jaringan akar dan berinteraksi langsung dengan tanaman melalui pertukaran metabolit, serta epifit dan jamur hidup bebas yang berada di permukaan akar maupun di daerah rizosfer (Hossain and Sultana, 2020). Dalam mendukung pertumbuhan tanaman, PGPF menghasilkan senyawa penting dengan fungsi spesifik. Salah satunya adalah *indole-3-acetic acid* (IAA) yang berperan dalam pemanjangan sel, diferensiasi jaringan, pembentukan akar lateral dan rambut akar, sehingga meningkatkan kemampuan tanaman dalam menyerap air dan nutrisi (Al-Sissi *et al.*, 2025).

Seperti yang sudah dijelaskan bahwa kompetisi nutrisi, mikoparasitisme, dan antibiosis adalah beberapa cara jamur antagonis rizosfer untuk menghambat patogen. Misalnya *Trichoderma* dan *Gliocladium* memiliki kemampuan untuk menghasilkan enzim yang menghancurkan dinding sel patogen. Jamur antagonis memiliki kemampuan untuk menghasilkan senyawa viridian dan gliovirin, yang masing-masing memiliki kemampuan untuk menghentikan pertumbuhan *Fusarium* (Rusli *et al.*, 2021). Sundari *et al.* (2014) juga melaporkan berhasil mengisolasi *Trichoderma* dari tanah di sekitar perakaran jeruk sehat dan membuktikan bahwa isolat tersebut mampu menghambat pertumbuhan *Diplodia* penyebab busuk batang jeruk siam dengan tingkat penghambatan mencapai 100% pada hari ke-6 hingga ke-7.

Penelitian oleh Sun *et al.* (2025) mengungkapkan bahwa jamur rizosfer seperti *Penicillium spp.* dan *Trichoderma spp.* berpotensi sebagai agen pengendali hayati sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman. Kedua genus tersebut mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui peningkatan penyerapan unsur hara, produksi fitohormon, serta peningkatan ketahanan terhadap stres biotik dan abiotik. Selain itu, peran antagonisnya ditunjukkan melalui mekanisme mikoparasitisme, antibiosis, serta kompetisi ruang dan nutrisi yang efektif dalam menekan perkembangan patogen tanaman.

Selanjutnya, penelitian oleh Naziya *et al.* (2019) menunjukkan bahwa jamur rizosfer juga memiliki peran ganda sebagai agen antagonis dan PGPF pada tanaman cabai. Beberapa isolat yang diperoleh mampu menghambat pertumbuhan *Colletotrichum capsici* sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman. Selain itu, aplikasi PGPF terbukti dapat meningkatkan sistem pertahanan tanaman melalui akumulasi lignin dan kalosa, serta peningkatan aktivitas enzim pertahanan seperti peroksidase, kitinase, dan  $\beta$ -1,3-glukanase. Persentase penghambatan tertinggi terhadap *C. capsici* mencapai 88,64% oleh isolat *Talaromyces* NBP-61, diikuti oleh *Penicillium* NBP-45 sebesar 85,48% dan *Trichoderma* NBP-67 sebesar 82,33%, yang menunjukkan tingginya potensi jamur rizosfer sebagai agen antagonis sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman.

Sejalan dengan penelitian tersebut, Attia *et al.* (2022) melaporkan bahwa jamur PGPF seperti *Aspergillus* dan *Rhizopus* mampu mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat dengan menghambat pertumbuhan *Fusarium oxysporum*. Selain berperan sebagai agen antagonis, jamur tersebut juga meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan. Secara spesifik, *A. fumigatus* dan *R. oryzae* dilaporkan mampu menurunkan keparahan penyakit masing-masing sebesar 12,5% dan 37,5%, serta memberikan tingkat perlindungan yang cukup tinggi, yaitu 86,35% dan 59,06%, sehingga menegaskan potensi jamur rizosfer sebagai agen hayati dalam pengendalian penyakit sekaligus pemacu pertumbuhan tanaman.

Pemanfaatan jamur antagonis dari rizosfer sebagai agens hayati pengendali busuk pelepah pada padi menawarkan alternatif yang ramah lingkungan dibandingkan penggunaan fungisida kimia. Penggunaan jamur antagonis tidak hanya menekan populasi patogen, tetapi juga dapat meningkatkan kesehatan tanah dan mendukung pertumbuhan tanaman secara keseluruhan (Aryani *et al.*, 2019). Implementasi strategi ini dapat dilakukan melalui aplikasi inokulan jamur antagonis ke tanah atau akar tanaman padi.

#### **1.4 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan diatas, hipotesis yang diajukan pada penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Terdapat jamur asal rizosfer tanaman padi organik yang berperan sebagai agen antagonis patogen busuk pelepah padi, dan
2. Terdapat jamur asal rizosfer tanaman padi organik yang berpotensi PGPF atau sebagai pemacu pertumbuhan tanaman (uji indikator pada mentimun).

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Tanaman Padi

Padi merupakan tanaman yang termasuk dalam serealia dengan famili Poaceae (IPM IMAGES, 2023), tanaman padi dimasukkan ke dalam klasifikasi sebagai berikut :

Kingdom : Plantae  
Divisi : Magnoliophyta  
Kelas : Liliopsida  
Ordo : Cyperales  
Famili : Poaceae  
Genus : *Oryza*  
Spesies : *Oryza sativa* L.

Tanaman padi adalah salah satu komoditas pangan terpenting yang dibudidayakan (Kawure *et al.*, 2022). Tanaman semusim ini memiliki morfologi berupa batang yang bulat dan berongga yang biasa disebut jerami. Daun padi memanjang dengan ruas searah batang daun. Batang utama dan anakan membentuk rumpun pada fase vegetatif dan di fase generatif akan membentuk malai. Pada saat pembentukan karbohidrat di daun air sangat dibutuhkan, terutama untuk menjaga hidrasi protoplasma, pengangkutan dan mentranslokasi makanan serta unsur hara mineral. Air juga dibutuhkan untuk perkecambahan biji (Monare and Ogie, 2020).

### 2.2 Penyakit Busuk Pelepah

#### 2.2.1 Gejala Penyakit

Busuk pelepah padi adalah penyakit yang menyerang padi disebabkan oleh berbagai jamur dan bakteri. Penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil

yang bervariasi, yang dapat mencapai 85%. Patogen utama yang terakit dengan busuk pelepah padi adalah jamur seperti *Fusarium* dan *S. oryzae*. Ciri utama dari busuk pelepah padi adalah pembusukan dan perubahan warna pada pelepah, yang menyebabkan pelepah berjamur (Bigirimana *et al.*, 2015). Infeksi pada daun bendera bagian atas yang terdapat malai muda dan mengakibatkan pembentukan malai terhambat sehingga hanya menghasilkan sedikit bulir atau bahkan menyebabkan malai tidak keluar (Gopalakrishnan *et al.*, 2010; Chien and Huang, 1979).

### 2.2.2 Penyebab Penyakit

*S. oryzae*, yang sebelumnya dikenal sebagai *Acrocylindrium oryzae*, juga tercatat sebagai organisme pertama yang berasosiasi dengan penyakit busuk pelepah padi (Bigirimana *et al.*, 2015). Isolat *S. oryzae* yang diperoleh dari beras menunjukkan pertumbuhan lambat pada media agar dekstrosa dengan karakteristik morfologi tertentu, termasuk miselium berwarna keputihan dan koloni bagian belakang berwarna jingga. Menurut Ou (1985), *S. oryzae* menyerang pelepah daun paling atas yang membungkus malai muda, dengan gejala khas yang telah didokumentasikan dalam berbagai studi (Gopalakrishnan *et al.*, 2010; Sakthivel, 2001).

Selain itu, busuk pelepah pada tanaman padi dikaitkan dengan keberadaan *Fusarium*, yang merupakan bagian dari kompleks patogen penyebab penyakit ini. Gejala busuk pelepah pada padi yang disebabkan oleh *Fusarium* ditandai dengan malai yang hampa atau hanya terisi sebagian, di mana floret maupun bulir berubah warna menjadi cokelat kemerahan hingga putih pucat. Pada permukaan bulir sering terlihat lapisan serbuk berwarna putih hingga kemerahan (Abbas *et al.*, 1999).

### 2.2.3 Faktor-faktor yang Mempengaruhi Pertumbuhan Penyakit

Virulensi patogen busuk pelepah dipengaruhi oleh berbagai faktor yang dapat berubah seiring waktu, di antaranya adalah keberadaan gen virulensi, kecepatan daur hidup patogen, jumlah spora yang dihasilkan, serta ukuran populasi patogen.

Dari sisi tanaman inang, tingkat kerentanannya ditentukan oleh sejumlah faktor seperti ketersediaan inang, fase pertumbuhan tanaman, kondisi kesehatan dan status nutrisinya, keberadaan gen resistensi, serta tekanan dari stres abiotik. Di samping itu, faktor lingkungan juga memainkan peran penting dalam perkembangan penyakit, yang mencakup kualitas udara dan tanah, kondisi cuaca, suhu lingkungan, intensitas cahaya, tingkat kelembaban, kandungan unsur hara dalam tanah, dan ketersediaan air (Ivayani *et al.*, 2022).

### 2.3 Jamur Antagonis

Jamur antagonis merupakan kelompok jamur yang dapat dimanfaatkan untuk menghambat pertumbuhan patogen penyebab penyakit tanaman. Agar dapat dikategorikan sebagai agen hayati pengendali penyakit, jamur tersebut perlu melalui serangkaian uji efektivitas dalam kondisi yang terkontrol dan seragam, salah satunya melalui pengujian secara *in vitro* menggunakan media cawan petri. Jika hasil uji *in vitro* menunjukkan bahwa jamur tersebut mampu menekan pertumbuhan atau perkembangan patogen secara signifikan, maka pengujian selanjutnya akan dilakukan di lapangan guna mengamati efektivitasnya dalam kondisi nyata dan menilai potensi penggunaannya secara komersial. Dalam proses ini, mekanisme kerja jamur antagonis yang umumnya terlibat meliputi parasitisme, antibiosis (menghasilkan senyawa penghambat), pelisisan (penghancuran sel patogen), dan kompetisi memperebutkan ruang serta nutrisi (Agustina *et al.*, 2019).

Potensi penerapan agen pengendali hayati jamur terhadap patogen tanaman telah meningkat pesat karena jamur memiliki tingkat reproduksi yang relatif tinggi (baik secara seksual maupun aseksual), waktu generasi yang singkat, dan bersifat spesifik terhadap target (Thambugala *et al.*, 2020). Penelitian menunjukkan bahwa

jamur antagonis yang diisolasi dari limbah media jamur merang memiliki potensi sebagai agen pengendali hayati dalam menekan patogen tanaman. Hasil uji antagonisme secara *in vitro* dengan metode kultur ganda menunjukkan bahwa beberapa isolat yang didominasi oleh genus *Trichoderma* dan *Aspergillus* mampu menghambat pertumbuhan *Rhizoctonia solani*. Isolat terbaik dari *Trichoderma* menunjukkan persentase daya hambat tertinggi mencapai 31,22%, sehingga berpotensi digunakan dalam pengendalian penyakit hawar pelepah pada tanaman padi (Miftahussurur *et al.*, 2024).

#### **2.4 Plant Growth Promoting Fungi (PGPF)**

*Plant Growth Promoting Fungi* (PGPF) merupakan jamur saprofit nonpatogen yang hidup berasosiasi dengan perakaran tanaman dan berperan dalam meningkatkan kesuburan tanah, pertumbuhan tanaman, serta ketahanan terhadap patogen. Kemampuan kolonisasi akar memungkinkan PGPF meningkatkan penyerapan unsur hara sekaligus melindungi tanaman dari infeksi. PGPF bekerja melalui mekanisme langsung, seperti peningkatan ketersediaan hara dan produksi fitohormon, serta mekanisme tidak langsung berupa kompetisi, antibiosis, mikoparasitisme, dan induksi ketahanan tanaman (Naziya *et al.*, 2019).

PGPF tidak hanya terdapat di tanah, tetapi juga mampu mengkolonisasi berbagai jaringan tanaman seperti akar hingga biji, sehingga berperan dalam meningkatkan perkecambahan, pertumbuhan, dan ketahanan tanaman terhadap patogen (Asniwita *et al.*, 2025). Pada tanaman padi, PGPF seperti *Trichoderma harzianum*, *T. viride*, *Aspergillus* spp., dan *Penicillium* spp. dilaporkan mampu meningkatkan pertumbuhan melalui produksi hormon dan peningkatan ketersediaan hara. Selain itu, *Trichoderma* spp. efektif menekan *R. solani* melalui mekanisme mikoparasitisme, antibiosis, dan kompetisi (Jefferson *et al.*, 2026).

#### **2.5 Rizosfer Tanaman Padi**

Rizosfer adalah daerah atau zona tanah yang berada di sekitar perakaran tanaman dan secara langsung dipengaruhi oleh aktivitas akar. Rizosfer relatif kaya akan

nutrisi atau unsur hara dan terdapat jamur serta mikroorganisme lainnya. Rizosfer dapat membantu pertumbuhan tanaman dan peningkatan penyerapan nutrisi yang menghasilkan hormon pertumbuhan pada tanaman padi. Mikroorganisme yang berada disekitar perakaran tanaman dapat dimanfaatkan sebagai pendukung peningkatan efektivitas unsur hara pada tanaman. Beberapa mikroba rizosfer telah diketahui berperan penting dalam siklus hara dan proses pembentukan tanah, pertumbuhan tanaman, serta sebagai pengendali hayati terhadap patogen akar misalnya jamur *Colletotrichum* yang dapat berfungsi sebagai pemacu pertumbuhan tanaman cendawan ini menjadi penyedia unsur hara dalam tanah sehingga dapat tersedia untuk tanaman (Khaeruni *et al.*, 2010). Selain itu, mikroorganisme antagonis pada daerah rizosfer keberadaannya dapat menghambat persebaran dan infeksi akar oleh patogen. Mikroba antagonis yang potensial dikembangkan sebagai agen pengendalian hayati (Meiniwati *et al.*, 2014).

## 2.6 Pertanian Organik

Massijaya (2016) menyatakan bahwa pertanian organik merupakan suatu sistem dalam arti budidaya pertanian yang menggunakan bahan alami tanpa bahan kimia selama proses produksinya. Di dalam pertanian organik dikenal istilah hukum pengembalian atau *low of return*, yang memiliki arti bahwa suatu sistem yang berusaha untuk mengembalikan semua jenis bahan organik ke dalam tanah baik dalam bentuk residu dan limbah pertanaman maupun ternak yang selanjutnya memiliki tujuan memberikan nutrisi untuk tanaman.

Dengan demikian, pertanian organik yang ramah lingkungan menjadi salah satu pendekatan penting untuk mencapai sistem pertanian yang berkelanjutan.

Pertanian berkelanjutan (*sustainable agriculture*) adalah pemanfaatan sumber daya yang dapat diperbaharui (*renewable resources*) dan sumber daya yang tidak dapat diperbaharui (*non-renewable resources*) untuk proses produksi pertanian dengan menekan dampak negatif terhadap lingkungan seminimal mungkin. Oleh karena itu, pertanian organik yang tidak menggunakan bahan kimia sintetik menjadi salah satu pendekatan penting untuk mencapai sistem pertanian yang berkelanjutan.

### **III. METODE PENELITIAN**

#### **3.1 Waktu dan Tempat Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Lampung, serta di lahan pertanian padi organik yang terletak di Kecamatan Trimurjo, Lampung Tengah dan Kecamatan Abung Semuli, Lampung Utara. Penelitian dilaksanakan dari bulan Juli 2025 sampai dengan Maret 2026.

#### **3.2 Alat dan Bahan**

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah cawan petri berdiameter 9 cm, tabung reaksi, *magnetic stirrer*, labu erlenmeyer, autoklaf, *Laminar Air Flow* (LAF), vortex, alat saring, spatula, mikroskop, nampan, dan preparat. Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah isolat *S. oryzae* (koleksi laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan), sampel tanah sekitar perakaran padi, alkohol 70 %, Media *Rose Bengal*, *aluminium foil*, *plastic wrap*, akuades, kentang, agar, sukrosa, asam laktat, antibiotik kloramfenikol, benih mentimun, AB mix, dan NaOCI 1%.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan melalui tiga tahapan utama, yaitu: (1) eksplorasi jamur dari rizosfer tanaman padi, (2) pengujian kemampuan menghambat antagonis jamur rizosfer dalam mengendalikan patogen *S. oryzae*, dan (3) pengujian peran jamur rizosfer sebagai PGPF.

### 3.4 Eksplorasi Jamur Antagonis Asal Tanaman Padi

#### 3.4.1 Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada dua lokasi pertanaman padi organik yang budidayanya tidak menggunakan bahan kimia sintetis di Provinsi Lampung, yaitu di Kecamatan Trimurjo, Kabupaten Lampung Tengah dan Kecamatan Abung Semuli, Lampung Utara, yang masing-masing mewakili kondisi lokasi yang berbeda. Pemilihan lokasi tersebut didasarkan pada keberadaan sistem budidaya padi organik tanpa penggunaan bahan kimia sintetis. Pengambilan tanah dilakukan di sekitar akar tanaman padi yang berada pada fase vegetatif. Pengambilan sampel dalam satu petak dilakukan pada tiga titik yang berbeda, kemudian dari masing-masing titik diambil tanah di sekitar perakaran sebanyak  $\pm 100$  g. Sampel diambil pada kedalaman  $\pm 20$  cm dari permukaan tanah. Tanah kemudian dicampur menjadi satu (dikompositkan). Setelah itu, sebanyak 10 g tanah basah hasil komposit tersebut diambil untuk diisolasi lebih lanjut.

#### 3.4.2 Isolasi Jamur Asal Rizosfer Tanaman Padi

Isolasi jamur antagonis dilakukan menggunakan metode pengenceran bertingkat dan metode sebar (Noerfitryani dan Hamzah, 2018). Pertama, 10 g sampel tanah yang telah ditimbang diambil dan dimasukkan ke dalam 90 ml air steril, kemudian dilakukan pengadukan menggunakan *magnetic stirrer* selama 10-15 menit dan diperoleh pengenceran untuk  $10^{-1}$ . Selanjutnya, 1 ml suspensi diambil dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi yang berisi 9 ml air steril, lalu dihomogenkan dengan *vortex* selama 30 detik sampai merata hingga mencapai pengenceran  $10^{-2}$ . Dari pengenceran tersebut 0,1 ml suspensi diambil dan ditanamkan pada media *Potato Dextrose Agar Rose Bengal Chloramphenicol* (PDA-RC).

Pembuatan Media PDA-RC dilakukan dengan mencampurkan 0,033 g *rose bengal*, dan PDA 39 g pada 1000 ml akuades steril lalu disterilisasi dengan *autoclave* selama 15 menit pada suhu  $121^{\circ}\text{C}$  pada tekanan 1 atm. Setelah itu media didinginkan sampai suhu  $43-46^{\circ}\text{C}$ , 250 mg *Chloramphenicol* dicampurkan pada media tersebut. Sebanyak 1 ml suspensi tanah diinokulasikan ke dalam

cawan petri yang berisi media PDA-RC kemudian diratakan hingga kering dengan spatula (Jayaram and Nagao, 2018). Setelah itu, media diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu ruang. Jamur yang tumbuh pada media diidentifikasi dan dimurnikan untuk digunakan pada proses selanjutnya.

### **3.4.3 Pemurnian dan Peremajaan**

Pembuatan media *Potato Sucrose Agar* (PSA) diawali dengan mengupas dan memotong 200 g kentang menjadi dadu kecil, kemudian direbus dalam 1000 ml akuades hingga lunak. Air rebusan (kaldu kentang) disaring dan dimasukkan ke dalam labu erlenmeyer yang telah berisi 20 g agar dan 20 g sukrosa. Volume total campuran kemudian disesuaikan kembali menjadi 1000 ml dengan menambahkan akuades. Setelah itu, labu ditutup menggunakan aluminium foil dan disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Setelah sterilisasi, media dibiarkan hingga hangat kuku. Pada tahap ini, ditambahkan asam laktat sebanyak 1,4 ml untuk mencegah pertumbuhan bakteri. Media kemudian dihomogenkan dengan cara diaduk, lalu dituangkan ke dalam cawan petri steril di dalam LAF untuk menjaga kondisi bebas kontaminasi. Setelah media mengeras dan siap digunakan, koloni jamur yang tumbuh pada media PDA-RC diisolasi ulang ke cawan petri baru yang juga berisi media PSA. Setiap koloni yang berbeda dipindahkan satu per satu ke media baru guna memperoleh isolat tunggal. Proses ini diulang hingga diperoleh kultur murni yang hanya terdiri dari satu jenis jamur saja.

### **3.4.4 Uji Hipovirulen**

Uji hipovirulen dilakukan dengan menggunakan benih mentimun sebagai tanaman indikator. Sebelum dikecambahkan, benih disterilisasi dengan cara direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit, dilanjutkan dengan larutan NaOCl 1% selama 30 detik, lalu dibilas tiga kali menggunakan akuades steril. Selanjutnya, benih diinkubasi selama 3 hari pada suhu 25°C dalam kondisi aseptik, kemudian dikecambahkan pada nampan yang telah dialasi kertas merang lembab.

Nampan berisi benih mentimun ditutup menggunakan *plastic wrap* selama 3 hari dan dipindahkan pada media agar air (*Water Agar*) yang terbuat dari 1 liter aquades dan agar batang sebanyak 20 g dan disterilisasi menggunakan autoklaf. Setiap cawan petri berisi 3 kecambah dengan 3 ulangan dan diinkubasi pada suhu ruangan. Isolat jamur yang diuji berumur 3 hari. Biakan diambil menggunakan bor gabus dengan diameter  $\pm 3$  mm dan diletakkan ditengah-tengah hipokotil bibit mentimun. Pengamatan dilakukan selama 2 minggu dan dihitung indeks keparahan penyakit atau *disease severity index* (DSI) dengan rumus :

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

Keterangan :

DSI = *Disease severity index* (indeks keparahan penyakit),

N = Nilai tingkat keparahan penyakit masing-masing individu, dan

Z = Jumlah individu yang digunakan.

Nilai Tingkat keparahan penyakit:

0 = Sehat dan tidak ada infeksi pada hipokotil,

1 = Satu atau dua bercak coklat muda <0,25 cm,

2 = Bercak coklat muda <0,5 cm dan area kebasahan <10% pada hipokotil,

3 = Bercak coklat muda sampai tua >1,0 cm dan kemudian bergabung dengan bercak lainnya dan daerah kebasahan  $10\% < x < 100\%$  pada hipokotil (daun belum layu dan hipokotil masih tegar dan putih, dan

4 = Hipokotil bercak hitam, daun layu, dan bibit mati.

Worosuryani *et al.* (2006) menyatakan bahwa isolat yang tidak menimbulkan gejala penyakit atau hanya menimbulkan gejala ringan dengan nilai DSI < 2,0 pada perkecambahan mentimun digolongkan sebagai isolat hipovirulen.

### **3.5 Uji Antagonis Jamur Rizosfer terhadap Isolat Patogen**

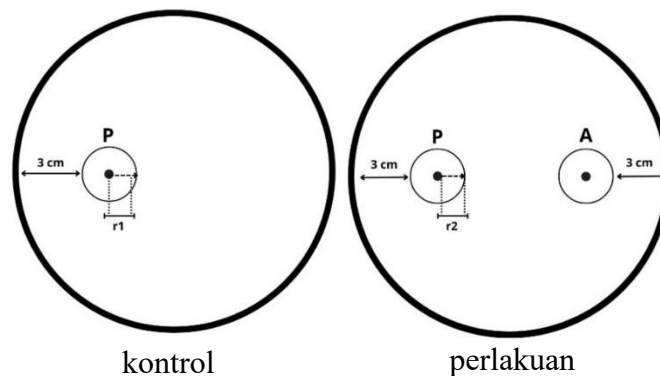
#### **3.5.1 Peremajaan Isolat Patogen**

Peremajaan isolat *S. oryzae* yang berasal dari koleksi Laboratorium Ilmu Penyakit Tumbuhan yang sudah dilakukan pengujian molekuler (Ivayani *et al.*, 2022) dilakukan dengan menumbuhkan pada media PSA dan diinkubasi pada suhu

ruang. Isolat yang digunakan untuk uji antagonisme adalah isolat berumur 7 hari setelah reisolasi (HSI).

### 3.5.2 Metode Kultur Ganda

Metode kultur ganda yang digunakan mengacu pada Abeygunawardane *et al.* (2025) dengan beberapa modifikasi, terutama pada posisi peletakan isolat jamur. Potongan koloni jamur antagonis berdiameter 5 mm yang telah dimurnikan dan diremajakan diinokulasikan pada salah satu sisi cawan petri berdiameter 9 cm dengan jarak 3 cm dari tepi. Pada sisi berlawanan, potongan koloni patogen dengan ukuran yang sama juga ditempatkan pada jarak 3 cm dari tepi cawan. Sebagai kontrol, koloni patogen ditanam pada media PSA tanpa keberadaan jamur antagonis dengan posisi yang sama. Seluruh perlakuan kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Parameter yang diamati adalah pertumbuhan diameter koloni patogen yang diukur setiap hari selama 14 hari (Gambar 1).



Gambar 1. Skema metode kultur ganda : (A) antagonis terhadap (P) patogen.

Selanjutnya hasil pengamatan dilakukan perhitungan presentase penghambatan (PIRG = *Percentage Inhibition of Radial Growth*) (Singh and Vijay, 2011) dengan menggunakan rumus sebagai berikut :

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

Keterangan :

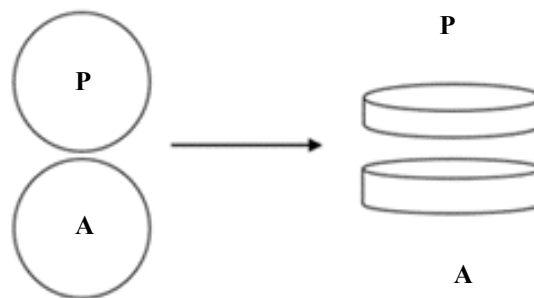
r1 = jari-jari koloni patogen yang tumbuh pada petri kontrol, dan

r2 = jari-jari koloni patogen yang mengarah pada koloni jamur antagonis pada petri perlakuan.

Kemudian menentukan kategori berdasarkan persentase zona penghambatan yaitu kuat ( $>40\%$ ), sedang ( $40\% < x < 30\%$ ), lemah (30%), dan tidak memiliki kemampuan antagonis (0%)(Prastya *et al.*, 2021).

### 3.5.3 Metode *Double Dish System*

Pengujian *double dish system* dilakukan dengan mengambil potongan biakan berdiameter 5 mm dari masing-masing biakan murni jamur antagonis dan patogen, kemudian diletakkan pada media PSA pada 2 buah cawan petri secara terpisah. Selanjutnya kedua cawan petri tersebut ditangkupkan satu sama lain saling berhadapan, jamur patogen berada di atas dan jamur antagonis berada di bawah. Pengamatan pertumbuhan koloni patogen pada metode uji *double dish system* dilakukan dengan mengukur diameter koloni setelah 7 hari inkubasi (Hartati *et al.*, 2024; Ruiz-Moyano *et al.*, 2020)(Gambar 2).



Gambar 2. Skema uji *double dish system*: (A) antagonis dan (P) patogen(Hartati *et al.*, 2024).

Persentase penghambatan dihitung dengan menggunakan rumus :

$$\% \text{ Penghambatan} = \frac{d1 - d2}{d1} \times 100\%$$

Keterangan :

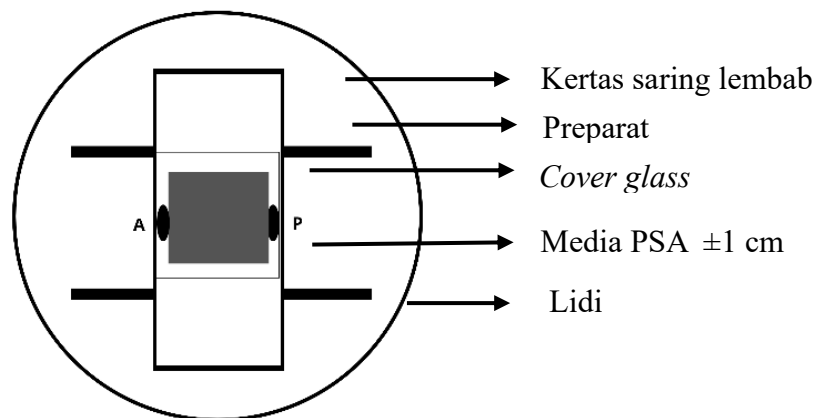
d1 = diameter koloni patogen dari petri kontrol, dan

d2 = diameter koloni patogen dari petri perlakuan.

Kemudian menentukan kategori berdasarkan persentase zona penghambatan yaitu kuat ( $>40\%$ ), sedang ( $40\% < x < 30\%$ ), lemah (30%), dan tidak memiliki kemampuan antagonis (0%)(Prastya *et al.*, 2021).

### 3.5.3 Metode *Slide Culture*

Metode *Slide Culture* bertujuan untuk mengetahui mekanisme mikoparasit antara jamur antagonis dan patogen. Prosedur diawali dengan meletakkan potongan media PSA berbentuk persegi berukuran  $\pm 1$  cm pada kaca preparat, kemudian ditutup dengan kaca penutup (*cover glass*). Inokulasi dilakukan menggunakan jarum ose steril, dengan menggoreskan isolat patogen pada salah satu sisi media, sedangkan pada sisi berlawanan diinokulasikan kecambah jamur antagonis maupun patogen yang berumur 10–18 jam. Preparat tersebut selanjutnya ditempatkan di dalam cawan petri yang telah dilapisi kertas saring lembab menggunakan akuades steril. Dua batang lidi disusun secara horizontal di dasar cawan sebagai penyangga, kemudian preparat diletakkan di atasnya. Seluruh rangkaian diinkubasi pada suhu  $27^{\circ}\text{C}$  selama kurang lebih 7 hari. Setelah masa inkubasi, kaca penutup (*cover glass*) yang telah ditumbuhi hifa patogen maupun antagonis ditetesi larutan *methylene blue*, lalu diamati menggunakan mikroskop (Gambar 3).



Gambar 3. Skema metode *Slide culture* : (A) antagonis dan (P) patogen.

Pengamatan intervensi antar kedua hifa dilakukan apabila terjadi kontak miselium antara kedua koloni. Jamur yang dilakukan  $\pm$  hari ke-7 dan diamati dibawah mikroskop mulai dari perbesaran rendah (100x) hingga perbesaran tinggi (1000x). Perlakuan uji *slide culture* dibuat dengan mengkombinasikan antara antagonis yang didapata dari hasil isolasi dengan patogen hasil isolasi.

### 3.6 Uji PGPF pada Bibit Tanaman Mentimun

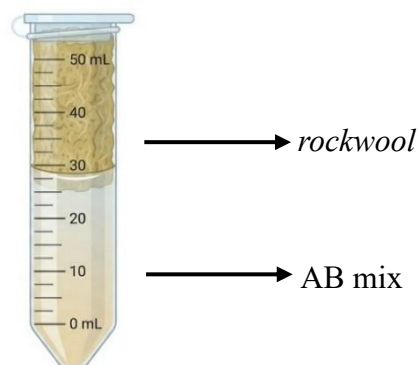
Uji potensi jamur rizosfer sebagai PGPF dilakukan melalui beberapa tahapan, yaitu perbanyak jamur rizosfer sebagai PGPF, Penyapan media tanam, Penyiapan tanaman indikator, aplikasi PGPF, dan pengamatan.

#### 3.6.1 Perbanyak Jamur Rizosfer sebagai PGPF

Inokulum jamur yang digunakan sebagai PGPF diperoleh dari hasil isolasi pada media PSA. Setelah berumur 7 hari, miselium yang tumbuh di permukaan media dikumpulkan dengan menambahkan 10 ml air steril, kemudian dipindahkan ke dalam tabung reaksi. Suspensi tersebut dihomogenkan menggunakan vortex selama 30 detik untuk menyebarkan spora secara merata. Hasil suspensi mengandung spora dengan konsentrasi bertahap sebesar  $1 \times 10^6$  CFU. Konidia dihitung dengan menggunakan haemositometer (Marnita *et al.*, 2017).

#### 3.6.2 Penyiapan Media Tanam

Pengujian PGPF dilakukan dengan mengacu pada metode Syamsia *et al.* (2021) yang telah dimodifikasi, yaitu dengan mengganti larutan nutrisi AM menggunakan larutan AB mix. Larutan AB mix dibuat dengan melarutkan masing-masing larutan A dan B ke dalam 500 ml akuades, kemudian dari masing-masing larutan diambil 5 ml dan dicampurkan dalam satu wadah, lalu ditambahkan 1000 ml akuades hingga homogen. Larutan nutrisi sebanyak 30 ml yang telah disiapkan kemudian dimasukkan ke dalam tabung eppendorf berkapasitas 50 ml, selanjutnya rockwool yang telah dipotong sesuai ukuran dan dibasahi ditempatkan di atas larutan tersebut (Gambar 4).



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

### 3.6.3 Penyiapan Tanaman Indikator

anaman indikator yang digunakan adalah mentimun. Benih mentimun didesinfeksi dengan cara merendam dalam larutan alkohol 70% selama 5 detik, dilanjutkan dengan larutan NaOCl 1% selama 5 detik. Setelah itu, benih dibilas dengan air steril sebanyak 2–3 kali untuk menghilangkan sisa bahan kimia.

### 3.6.4 Aplikasi PGPF

*Rockwool* direndam terlebih dahulu dalam suspensi konidia jamur rizosfer dengan kerapatan  $1 \times 10^6$  CFU selama 6 jam. Setelah itu, benih mentimun yang telah didesinfeksi diletakkan di atas *rockwool* yang telah diberi suspensi konidia (Istikorini, 2008; Marnita *et al.*, 2017).

### 3.6.5 Pengamatan

Pengamatan dilakukan setiap dua hari sekali selama 14 hari, meliputi pengukuran tinggi tanaman dan perhitungan jumlah daun. Di akhir periode penanaman, dilakukan pula pengamatan terhadap berat basah tajuk tanaman, dan berat kering tajuk tanaman. Berat basah tanaman diukur segera setelah tanaman dicabut, sementara berat kering tanaman diukur setelah pengeringan dalam oven selama 3 hari pada suhu 80°C.

## 3.7 Identifikasi Jamur Antagonis

Identifikasi jamur dilakukan secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis, ciri-ciri koloni jamur pada media PSA diamati, meliputi warna koloni bagian atas dan bawah, tekstur, warna, serta bentuk hifa. Secara mikroskopis, pengamatan dilakukan terhadap bentuk konidia dan spora. Isolat jamur dipindahkan ke preparat, ditetesi air steril, ditutup dengan kaca penutup (*cover glass*), lalu diamati di bawah mikroskop. Identifikasi dilakukan berdasarkan literatur yang relevan dengan karakteristik jamur tersebut.

### 3.8 Analisis Data

Data hasil pengujian antagonis dianalisis berdasarkan nilai persentase daya hambat pertumbuhan patogen pada 17 perlakuan dengan tiga kali ulangan untuk setiap perlakuan. Persentase penghambatan dihitung guna mengetahui kemampuan masing-masing isolat jamur rizosfer dalam menekan pertumbuhan patogen secara *in vitro*. Sementara itu, data hasil pengamatan pada uji PGPF dianalisis menggunakan analisis ragam (ANARA) untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap parameter pertumbuhan tanaman. Apabila hasil analisis menunjukkan pengaruh yang nyata, maka pengujian dilanjutkan menggunakan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5% untuk membandingkan perbedaan antarperlakuan.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian ini, diperoleh kesimpulan bahwa:

1. Sebanyak 17 dari 30 isolat jamur rizosfer padi organik bersifat hipovirulen dan berpotensi sebagai agen antagonis terhadap *S. oryzae*. Isolat L1O1 18 menunjukkan daya hambat tertinggi pada uji kultur ganda sebesar 61,3% dan pada metode *double dish system* dengan isolat L2O1 7 sebesar 63,2% kedua isolat tersebut diidentifikasi sebagai *Penicillium*,
2. Beberapa isolat jamur rizosfer padi organik berpotensi sebagai PGPF, walaupun tidak berbeda nyata secara statistik, L2O1 1 (*Trichoderma*) menunjukkan respons pertumbuhan terbaik dengan peningkatan tinggi tanaman (17%), jumlah daun (40%), berat basah (10%), dan berat kering (36%) dibandingkan kontrol. L1O1 1 (*Penicillium*) juga meningkatkan tinggi tanaman (19%), jumlah daun (30%), dan berat kering (21%), dan berat basah tidak berpengaruh nyata (-27%) dibandingkan dengan kontrol, dan
3. Hasil identifikasi menunjukkan dominasi genus *Penicillium* sebanyak 13 isolat, diikuti *Aspergillus* sebanyak 2 isolat dan *Trichoderma* sebanyak 1 isolat, sedangkan beberapa isolat lainnya belum teridentifikasi.

### 5.2 Saran

Saran yang dapat diberikan dalam penelitian ini adalah :

1. Perlu dilakukan pengujian di rumah kaca dan lapangan untuk mengonfirmasi efektivitas isolat jamur potensial dalam mengendalikan patogen dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan
2. Perlu dilakukan identifikasi molekuler untuk memastikan spesies jamur secara akurat guna mendukung pengembangannya sebagai agen pengendali hayati dan PGPF pada padi.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, H. K., Cartwright, R. D., Xie, W., Mirocha, C. J., Richard, J. L., Dvorak, T. J., and Shier, W. T. 1999. Mycotoxin production by *Fusarium proliferatum* isolates from rice with *Fusarium* sheath rot disease. *Mycopathologia*. 147: 97-104.
- Abeygunawardane, S., Thambugala, K. M., Kumara, W., and Daranagama, D. 2025. Seaweed-associated fungal endophytes from southern Sri Lanka and their biocontrol potential against selected fungal phytopathogens. *Studies in Fungi*. 10(1).
- Agustina, D., Triasih, U., Dwiastuti, M. E., and Wicaksono, R. C. 2019. Potensi jamur antagonis dalam menghambat pertumbuhan jamur *Botryodiplodia theobromae* penyebab penyakit busuk batang pada tanaman jeruk. *Jurnal Agronida*. 5(1): 1-6.
- Al-Sissi, N., Yassin, M. H., Khalil, R., Gamal, A., Attia, M. S., and Hashem, A. H. 2025. Innovative fungal bioagents: producing siderophores, IAA, and HCN to support plants under salinity stress and combat microbial plant pathogens. *Microbial Cell Factories*. 24: 246.
- Aryani, I., Lisnawita, and Lubis, L. 2019. Keragaman jamur antagonis pada rhizosfer karet (*Hevea brassiliensis* Muell. Arg.) sehat dan terserang jamur akar putih (*Rigidoporus microporus* (Swartz: Fr). *Jurnal Agroteknologi*. 7(2): 376-382.
- Asniwita, A., Yurleni, Y., Farni, Y., and 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.
- Attia, M. S., El-Wakil, D. A., Hashem, A. H., and Abdelaziz, A. M. 2022. Antagonistic effect of plant growth-promoting fungi against *Fusarium* wilt disease in tomato: *in vitro* and *in vivo* study. *Applied Biochemistry and Biotechnology*. 194(11): 5100-5118.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Luas panen padi dan produksi padi di Indonesia 2024. <https://www.bps.go.id/id/pressrelease/2025/02/03/2414>.
- Barbosa, R. D. N., Bezerra, J. D. P., Santos, A. C. D. S., Melo, R. F. R., Houbraken, J., Oliveira, N. T., and Souza-Motta, C. M. D. 2020. Brazilian tropical dry forest (Caatinga) in the spotlight: an overview of species of *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces* (Eurotiales) and the description of *P. vascosobrinhou* sp. nov. *Acta Botanica brasiliica*. 34: 409-429.

- 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 :1066.
- Bint-e-Zahira, S., Khalid, A. N., Yousaf, N., Iqbal, M., Anwar, T., Qureshi, H., and Ansari, M. J. 2024. Exploring *Trichoderma* species in industrial wastewater: morphological and molecular insights from isolates. *Life*. 14(6): 750.
- Chen, X., Lu, Y., Liu, X., Gu, Y., and Li, F. 2025. *Trichoderma*: Dual roles in biocontrol and plant growth promotion. *Microorganisms*. 13(8): 1840.
- Chien, C.C. and C.H. Huang. 1979. The relation between sheath rot and the sterility of rice plant. *Journal Agriculture China*. 28: 7–16.
- Dwiastuti, M. E. and Fajri, M. N. 2015. Potensi *Trichoderma* spp. sebagai agens pengendali *Fusarium* spp. penyebab penyakit layu pada tanaman stroberi (*Fragaria x ananassa* Dutch.). *Paper on International Tropical Horticulture Conference*. 17.
- Gams, W. and Hawksworth, D. L. 1975. *The identity of Acrocyndrium oryzae Sawada and a similar fungus causing sheath-rot of rice*. <https://www.cabidigitallibrary.org/doi/full/10.5555/19761328126>.
- Gavande, D. L., Pochhi, V. U., and Kolte, M. D. 2026. *In vitro* evaluation of antagonistic potential of *Penicillium chrysogenum* against selected plant pathogenic fungi using dual culture, volatile metabolite and agar well diffusion assays. *International Journal of Plant Pathology and Microbiology*. 6(5): 15-22
- Gopalakrishnan, C., A. Kamalakannan, and V. Valluvaparidasan. 2010. Effect of seedborne *Sarocladium oryzae*, the incitant of rice sheath rot on rice seed quality. *Journal of Plant Protection Research*. 50(1): 98-102.
- Hartati, S., Setiani, C., Meliansyah, R., Yulia, E., and Mayanti, T. 2024. The ability of three species of yeast in inhibiting the *in vitro* growth of *Sclerotium rolfsii* Sacc., the cause of damping off on soybean plants (*Glycine max* L.). *Cropsaver-Journal of Plant Protection*. 7(2): 78-88.
- Hossain, M. M. and Sultana, F. 2020. *Organic Agriculture*. IntechOpen. London.
- Houbraken, J., Kocsubé, S., Visagie, C. M., Yilmaz, N., Wang, X. C., Meijer, M., and Frisvad, J. C. 2020. Classification of *Aspergillus*, *Penicillium*, *Talaromyces* and related genera (Eurotiales): An overview of families, genera, subgenera, sections, series and species. *Studies in mycology*. 95: 5-169.
- IPM IMAGES. 2023. <https://www.ipmimages.org/browse/subinfo.cfm?sub=6108>.
- Istikorini, Y. 2008. Potensi Cendawan Endofit untuk Mengendalikan Penyakit Antraknosa pada Cabai (*Capsicum annum* L.). *Disertasi*. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Ivayani and Nuraini, S. 2025. Identifikasi Morfologi Jamur Yang Berasosiasi Dengan Penyakit Busuk Pelepah Padi. *Jurnal Pertanian Agros*. 27(2): 215-226.

- Ivayani, Widiastuti, A., Suryanti, Suharjo, R., and Priyatmojo, A. 2022. Fungi associated with rice sheath rot in Lampung, Indonesia. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*. 55(18): 2075-2097.
- 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).
- Jefferson, T. A., Miranti, M., Awal, M. A., Hafsari, A. R., Prismantoro, D., Joshi, R. C., and Doni, F. 2026. Plant growth-promoting fungi (PGPF) for controlling rice diseases: a sustainable approach. *Cogent Food and Agriculture*. 12(1): 2610015.
- Joo, J. H. and Hussein, K. A. 2022. Biological control and plant growth promotion properties of volatile organic compound-producing antagonistic *Trichoderma* spp. *Frontiers in plant science*. 13: 897668.
- Julianty, D., Manalu, K., and Nasution, R. A. 2024. Ecting of fungal antagonists from the rhyzosphere of mother-in-law's tongue (*Sansevieria trifasciata* Prain) as a fungal control agent *Fusarium* sp. *Jurnal Biologi Tropis*. 24(4): 516-525.
- Kawure, S., Garba, A. A., Fagam, A. S., Shuaibu, Y. M., Sabo, M. U., and Bala, R. A. 2022. Performance of lowland rice (*Oryza sativa* L.) as influenced by the combined effect of season and sowing pattern in Zigau. *Journal of Rice Research and Developments*. 5(2).
- Khaeruni, A., Sutariati, G. A. K., and Wahyuni, S. 2010. Karakterisasi dan uji aktivitas bakteri rizosfer lahan ultisol sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan agensia hayati cendawan patogen tular tanah secara *in vitro*. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 10(2): 123-130
- Khan, R., Mohamad Ghazali, F., Mahyudin, N. A., and Samsudin, N. I. P. 2020. Morphological characterization and determination of aflatoxigenic and non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* isolated from sweet corn kernels and soil in Malaysia. *Agriculture*. 10(10) : 450.
- Kholostiakov, V., Burns, B., Ridgway, H., and Padamsee, M. 2025. Effects of fungicides on the beneficial seed-borne microbiome and seedling development of a long-lived myrtaceae tree species. *Symbiosis*. 96(2): 133-154.
- Li, X., Garbeva, P., Liu, X., Klein Gunnewiek, P. J., Clocchiatti, A., Hundscheid, M. P., and De Boer, W. 2020. Volatile-mediated antagonism of soil bacterial communities against fungi. *Environmental Microbiology*. 22(3) : 1025-1035.
- Lin, X., Zhou, X., Wang, F., Liu, K., Yang, B., Yang, X., and Liu, Y. 2012. A new cytotoxic sesquiterpene quinone produced by *Penicillium* sp. F00120 isolated from a deep sea sediment sample. *Marine Drugs*. 10(1): 106-115.
- Marnita, Y., Lisnawita, dan Hasanuddin. 2017. Potensi jamur endofit terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman cabai (*Capsicum annum*). *J. Pertanian Tropik*. 4(2): 1-12.

- Maryono, T., Ramadhan, M. H., Ivayani, I., Purnomo, P., and Ginting, C. 2024. Uji ketahanan empat varietas padi terhadap *Sarocladium oryzae* penyebab penyakit busuk pelepah. *Jurnal Agrotek Tropika*. 12(1): 107-114.
- Massijaya, M. Y. 2016. *Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia- Pemikiran Guru Besar IPB.*(DA Astuti, Sudarsono, A. Sulaeman, and M. Syukur, Eds.)(Vol. 1). Bogor.
- Mayrowani, H. 2012. *Pengembangan Pertanian Organik di Indonesia*. Pusat Sosial Ekonomi dan Kebijakan Pertanian. Bogor.
- Meiniwati, Khotimah, S. and Mukarlina. 2014. Uji Antagonis *Pyricularia grisea* Sacc. Penyebab Blas pada Tanaman Padi menggunakan Jamur Rizosfer Isolat Lokal. *Protobiont*. 3(1) : 17-24.
- Mendieta-Brito, S., Sayed, M., Hamza, F. A., Son, E., Kim, D. S., Plata, G., and Pyo, S. H. 2025. Identification, characterization, antimicrobial activity and biocontrol potential of four endophytic fungi isolated from Amazonian plants. *Scientific Reports*. 15(1): 39361.
- Miftahussurur, A. D., Adhi, S. R., and Sugiarto, S. 2024. Identifikasi jamur antagonis asal media limbah jamur merang dan potensinya dalam menekan *Rhizctonia Solani* penyebab penyakit penyakit hawar pelepah padi (*Oryza sativa* L.). *AgroRadix: Jurnal Ilmu Pertanian*. 7(2): 50-57.
- Moore, G. G., Lebar, M. D., and Carter-Wientjes, C. H. 2022. Cumulative effects of non-aflatoxigenic *Aspergillus flavus* volatile organic compounds to abate toxin production by mycotoxigenic *aspergilli*. *Toxins*. 14(5): 340.
- Moreno-Gavira, A., Huertas, V., Diánez, F., Sánchez-Montesinos, B., and Santos, M. 2020. *Paecilomyces* and its importance in the biological control of agricultural pests and diseases. *Plants*. 9(12): 1746.
- Muhibuddin, A., Yamaniar, F.Y., Sektiono, A, W., and . Susanti, A. 2024. Uji antagonisme *Penicillium* spp. ub forest terhadap patogen penyebab penyakit tanaman cabai. *Agrosaintifika*. 7(1).
- Naziya, B., Murali, M., and Amruthesh, K. N. 2019. Plant growth-promoting fungi (PGPF) instigate plant growth and induce disease resistance in *Capsicum annuum* L. upon infection with *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler and Bisby. *Biomolecules*. 10(1): 41.
- Ningrat, M. A., Mual, C.D., and Makabori, Y.Y. 2021. Pertumbuhan dan hasil tanaman padi (*Oryza sativa* L.) pada berbagai sistem tanam di Kampung Desay, Distrik Prafi, Kabupaten Manokwari. *Prosiding Seminar Nasional Pembangunan Dan Pendidikan Vokasi Pertanian*. 2(1).
- Ningsih, H., Hastuti, U. S., and Listyorini, D. 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.

- Naziya, B., Murali, M., and Amruthesh, K. N. 2019. Plant growth-promoting fungi (PGPF) instigate plant growth and induce disease resistance in *Capsicum annuum* L. upon infection with *Colletotrichum capsici* (Syd.) Butler and Bisby. *Biomolecules*. 10(1): 41.
- Noerfitriyani, N. and Hamzah, H. 2018. Inventarisasi jenis-jenis cendawan pada rhizosfer pertanaman padi. *Journal Galung Tropika*. 7(1): 11-21.
- Noviyanti, N., Purwantisari, S., and Suprihadi, A. 2024. Isolation of potential antagonistic rhizosphere fungi against *Alternaria alternata* from organic carrot productions. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 28(1): 58-67.
- Nursadin, N., Suwanto, I., and Supriyanto, S. 2012. Penapisan jamur antagonis asidofilik lignoselulolitik dari tanah gambut terhadap penyakit layu fusarium. *Jurnal Perkebunan dan Lahan Tropika*. 2(1), 27-34.
- Ou, S. H. 1985. *Rice Disease*. CAB International. Wallingford.
- Putra, I.K.V.D.T., Sudiarta, I.P., and Suniti, N.W. 2021. Identifikasi morfologi jamur kontaminan pada naskah lontar. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 10(4).
- Prastya, M. E., Suprihadi, A., and Kusdiyantini, E. 2021. Eksplorasi rhizobakteri indigenous tanaman cabai rawit (*Capsicum frutescens* Linn.) dari pertanian semi organik Desa Batur Kabupaten Semarang sebagai agen hayati pengendali pertumbuhan jamur *Fusarium oxysporum* f. sp *capsici*. *Jurnal Akademika Biologi*. 3(3): 18-31.
- Rahman, F. A., Safni, I., and 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.
- Ramadhan, M. H. 2022. Uji ketahanan beberapa varietas padi terhadap *Sarocladium oryzae* penyebab penyakit busuk pelepah. *Skripsi*. Universitas Lampung
- Rusli, J., Hafsan, H., and Sukmawaty, E. 2021. Efek antagonis jamur rhizosfer terhadap jamur patogen tanaman kentang. *Filogeni: Jurnal Mahasiswa Biologi*. 1(1): 1-6.
- Sakthivel, N. 2001. Sheath rot disease of rice: current status and control strategies. *Major Fungal Diseases of Rice: Recent Advances*: 271–283.
- Saravanakumar, D., Lavanya, N., Muthumeena, K., Raguchander, T., and Samiyappan, R. 2009. Fluorescent pseudomonad mixtures mediate disease resistance in rice plants against sheath rot (*Sarocladium oryzae*) disease. *Biocontrol*. 54: 273–286
- Simamora, A. V., Hahuly, M. V., Ishaq, L. F., Nenotek, P. S., Ola, A. R., Hosang, E. Y., and Fitriadi, B. R. 2025. Identifikasi penyakit pada tanaman padi di kelurahan oesao, kabupaten kupang, nusa tenggara timur. *Agrica*. 18(1): 60-75.

- Singh P. K. and Vijay K. 2011. Biological control of *Fusarium* wilt of *Shrysanthemum* with *Trichoderma* and botanicals. *Journal of Agricultural Technology*. 7(6): 1603-1613.
- Sobanbabu, G., Sabarinathan, K. G., Parthiban, V. K., and Ramamoorthy, V. 2018. Isolation, screening and identification of virulent isolates of *Bipolaris oryzae* causing rice brown spot and *Sarocladium oryzae* causing sheath rot disease. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*. 7(09): 930-939.
- Sobianti, S., Soesanto, L., and Hadi, S. 2020. Inventarisasi jamur patogen tular-benih pada lima varietas padi. *Agro Bali : Agricultural Journal*. 3(1): 1–15.
- Sun, W., Shahrajabian, M. H., and Guan, L. 2025. The biocontrol and growth-promoting potential of *Penicillium* spp. and *Trichoderma* spp. in sustainable agriculture. *Plants*. 14(13) : 2007.
- Sutanto, R. 2002. *Penerapan Pertanian Organik*. Kanisius. Yogyakarta.
- 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).
- Thambugala, K. M., Daranagama, D. A., Phillips, A. J., Kannangara, S. D., and Promputtha, I. 2020. Fungi vs. fungi in biocontrol: An overview of fungal antagonists applied against fungal plant pathogens. *Frontiers in cellular and infection microbiology*. 10: 604923.
- Thepbandit, W. and Athinuwat, D. 2024. Rhizosphere microorganisms supply availability of soil nutrients and induce plant defense. *Microorganisms*. 12(3): 558.
- Unartngam, J., Kopmoo, N., Pinruan, U., Kosawang, C., and Jørgensen, H. J. L. 2024. Molecular and morphological identification of *Sarocladium* species causing sheath rot of rice in Thailand and their division into physiological races. *Journal of Fungi*. 10(8): 535.
- Utama, M. Z. H. 2015. *Budidaya Padi Lahan Marjinal Kiat Meningkatkan Produksi Padi*. Andi. Yogyakarta.
- Villavicencio-Vásquez, M., Espinoza-Lozano, F., Espinoza-Lozano, L., and Coronel-León, J. 2025. Biological control agents: mechanisms of action, selection, formulation and challenges in agriculture. *Frontiers in Agronomy*. 7: 1578915.
- Visagie, C. M., Houbraeken, J., Dijksterhuis, J., Seifert, K. A., Jacobs, K., and Samson, R. A. 2016. A taxonomic review of *Penicillium* species producing conidiophores with solitary phialides, classified in section *Torulomyces*. *Persoonia-molecular phylogeny and evolution of fungi*. 36(1): 134-155.

- Visagie, C. M., Seifert, K. A., Houbraken, J., Samson, R. A., and Jacobs, K. 2016. A phylogenetic revision of *Penicillium* sect. *Exilicaulis*, including nine new species from fynbos in South Africa. *IMA fungus*. 7(1): 75-117.
- Visagie, C. M., Hirooka, Y., Tanney, J. B., Whitfield, E., Mwange, K., Meijer, M., and Samson, R. A. 2014 *Aspergillus*, *Penicillium* and *Talaromyces* isolated from house dust samples collected around the world. *Studies in Mycology*. 78: 63-139.
- 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., and Wibowo, A. 2006. Uji Kemampuan Jamur Tanah yang diisolasi dari lahan pasir sebagai PGPF. *Jurnal Agrosain*. 19(2): 179-191.
- Yusnawan, E., Inayati, A., and Baliadi, Y. 2019. Isolation of antagonistic fungi from rhizospheres and its biocontrol activity against different isolates of soil borne fungal pathogens infected legumes. *Biodiversitas*. 20(7): 2048-2054.
- Zhao, X., Hou, D., Xu, J., Wang, K., and Hu, Z. 2022. Antagonistic activity of fungal strains against *Fusarium* crown rot. *Plants*. 11(3): 255.