

PERBANDINGAN DAYA HAMBAT *Trichoderma* sp. DAN FUNGISIDA TERHADAP JAMUR PATOGEN PADI SECARA IN VITRO

COMPARISON OF INHIBITORY ACTIVITY OF *Trichoderma* sp. AND FUNGICIDE AGAINST RICE PATHOGENIC FUNGUS IN VITRO

Susiana Purwantisari*, Vani Nur Arifah, Aurell Belva Kirana, Riana Nurul Haya, Siti Nur Jannah, dan Rido Baharudin Ar Rasyid

Program Studi Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro, Semarang, Indonesia

* Corresponding Author. E-mail address: Susiana_purwantisari@yahoo.co.id

ARTICLE HISTORY:

Received: 02 April 2024

Peer Review: 22 May 2024

Accepted: 15 December 2025

KATA KUNCI:

Antagonis, fungisida, jamur, padi, patogen

KEYWORDS:

antagonist, fungi, fungicide, Pathogen, rice

ABSTRAK

Penyakit pada tanaman padi yang disebabkan oleh *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Cercospora oryzae* menjadi ancaman serius bagi produktivitas pertanian. Penggunaan fungisida kimia berisiko menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan, sehingga diperlukan alternatif yang lebih ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi patogen penyebab penyakit padi serta mengevaluasi efektivitas *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati dalam menghambat pertumbuhan patogen secara *in vitro*. Selain itu, penelitian ini juga menganalisis daya hambat fungisida sintetis (Amistartop) terhadap patogen yang sama dan membandingkan efektivitasnya dengan *Trichoderma* sp. sebagai solusi pengendalian penyakit padi yang berkelanjutan. Isolasi patogen dilakukan menggunakan media PDA, sementara uji postulat Koch digunakan untuk mengonfirmasi patogenisitas isolat. Uji antagonisme dilakukan dengan metode *dual culture* untuk menilai daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap ketiga patogen. Hasil isolasi menunjukkan bahwa ketiga patogen berhasil diperoleh, dan uji postulat Koch mengonfirmasi sifat patogenik *N. oryzae*, *P. oryzae*, dan *C. oryzae* terhadap tanaman padi. Hasil uji antagonisme menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. mampu menghambat pertumbuhan *P. oryzae* sebesar 84,62%, *N. oryzae* sebesar 43%, dan *C. oryzae* sebesar 26%. Mekanisme penghambatan melibatkan kompetisi ruang dan nutrisi serta antibiosis, yang ditandai dengan zona bening dan produksi pigmen kuning. Analisis efektivitas menunjukkan bahwa daya hambat *Trichoderma* sp. tidak berbeda nyata dengan fungisida kimia ($p > 0,05$). Hasil ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. memiliki efektivitas yang sebanding dengan fungisida sintetis dan berpotensi sebagai agen hayati dalam sistem pertanian berkelanjutan, sehingga dapat menjadi alternatif ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit padi.

ABSTRACT

Rice diseases caused by *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, and *Cercospora oryzae* pose a significant threat to agricultural productivity. The use of chemical fungicides carries environmental risks, necessitating the search for more eco-friendly alternatives. This study aims to isolate and identify the pathogens responsible for rice diseases and evaluate the effectiveness of *Trichoderma* sp. as a biocontrol agent in inhibiting pathogen growth *in vitro*. Additionally, this research analyzes the inhibitory effects of a synthetic fungicide (Amistartop) against the same pathogens and compares its efficacy with *Trichoderma* sp. as a sustainable disease control solution. Pathogen isolation was conducted using PDA medium, while Koch's postulates were applied to confirm the pathogenicity of the isolates. Antagonistic assays were performed using the dual culture method to assess the inhibitory potential of *Trichoderma* sp. against the three pathogens. The results confirmed the successful isolation of all three pathogens, with Koch's postulates verifying their pathogenicity in rice plants. Antagonistic testing revealed that *Trichoderma* sp. inhibited the growth of *P. oryzae* by 84.62%, *N. oryzae* by 43%, and *C. oryzae* by 26%. The inhibition mechanisms involved spatial and nutritional competition as well as antibiosis, as indicated by clear zones and yellow pigment production. Effectiveness analysis showed no significant difference ($p > 0.05$) between the inhibitory effects of *Trichoderma* sp. and the synthetic fungicide. These findings suggest that *Trichoderma* sp. exhibits comparable efficacy to synthetic fungicides and has the potential to serve as a biocontrol agent in sustainable agriculture, offering an environmentally friendly alternative for rice disease management.

1. PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris dengan sektor pertanian sebagai salah satu fondasi utama pertumbuhan perekonomian dan sumber utama ketahanan pangan. Tanaman padi (*Oryza sativa* L.) menjadi komoditas pangan strategis yang krusial dalam memenuhi kebutuhan pangan nasional. Jawa Tengah termasuk salah satu lumbung padi utama (Lathifah & Purnomo, 2022), dengan Kabupaten Temanggung sebagai daerah penghasil padi terbesar (Handoyo et al., 2023). Pada tahun 2018, Kabupaten Temanggung tercatat sebagai produsen padi tertinggi ketiga di Jawa Tengah (Palupi et al., 2020). Seiring meningkatnya kebutuhan pangan, produksi padi harus dijaga agar tetap stabil dan berkelanjutan. Namun, stabilitas ini kini menghadapi tantangan serius. Data Badan Pusat Statistik (2022) mengungkapkan adanya penurunan tajam produksi padi di Temanggung, dari 76.705 ton pada 2020 menjadi hanya 58.782 ton pada tahun 2022. Fenomena ini tidak terlepas dari degradasi kualitas lingkungan, anomali iklim, serta tekanan organisme pengganggu tanaman (OPT) yang kian masif (Sudewi et al., 2020).

Satu di antara faktor determinan yang berkontribusi terhadap kemerosotan kuantitas produksi padi adalah infeksi jamur patogen, seperti *Pyricularia oryzae*, *Cercospora oryzae*, dan *Nigrospora* sp., yang masing-masing menyebabkan penyakit blas, bercak daun sempit, dan nekrosis batang (Hao et al., 2020; Kusumawati & Istiqomah, 2020; Sharma et al., 2017). Ketiga penyakit ini dapat menyerang berbagai fase pertumbuhan padi, yang berakibat pada penurunan hasil panen secara signifikan. Infeksi jamur patogen berdampak pada pertumbuhan tanaman serta memicu reduksi kuantitas anakan produktif dan jumlah malai, yang secara simultan mendegradasi standar mutu serta massa gabah yang dihasilkan. Dalam kondisi infeksi yang parah, kehilangan hasil dapat mencapai 30–100% tergantung tingkat infeksi dan kondisi lingkungan (Salimah et al., 2021; Zulaika et al., 2018). Di beberapa negara penghasil padi seperti Jepang, India, dan Filipina, penyakit blas bahkan diketahui menyebabkan kehilangan hasil hingga 5–85% (Zulaika et al., 2018). Sebaran patogen blas yang telah menjangkau mayoritas wilayah budidaya padi di Indonesia menempatkan penyakit ini sebagai tantangan krusial yang mengancam ketahanan pangan nasional (Salimah et al., 2021).

Pengendalian penyakit jamur pada padi selama ini banyak mengandalkan penggunaan fungisida sintetis. Namun, pendekatan ini menyisakan problematik baru berupa resistensi patogen, pencemaran lingkungan, serta gangguan ekosistem akibat hilangnya musuh alami (Rizal et al., 2019; Suriani et al., 2018). Selain itu, residu fungisida berpotensi merugikan kesehatan manusia dan mencemari lingkungan perairan. Dari sisi ekonomi, penggunaan pestisida kimia menyumbang hingga 25% dari total biaya produksi, sehingga menjadi beban bagi petani (Nuryanto, 2018). Maka dari itu, pencarian metode kontrol alternatif yang mengedepankan aspek kelestarian lingkungan dan efikasi jangka panjang dipandang sebagai langkah krusial dalam manajemen penyakit tanaman.

Pendekatan alternatif dalam pengendalian penyakit tanaman salah satunya adalah pemanfaatan agen hayati sebagai pengendali biologis terhadap jamur patogen padi. Agen pengendali hayati yang digunakan dapat berupa bakteri atau jamur yang mampu melawan pertumbuhan dan berkompetisi terhadap patogen dalam hal nutrisi maupun tempat dengan berbagai mekanisme (Kusumawati & Istiqomah, 2020). Kapasitas antagonis yang dimiliki *Trichoderma* sp. menjadikannya salah satu agen pengendali hayati paling prospektif untuk pengendalian patogen tanaman secara berkelanjutan (Sayang et al., 2022). Jamur ini diketahui memiliki mekanisme pengendalian melalui kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis, serta produksi enzim hidrolitik yang merusak dinding sel patogen (Rizal et al., 2019). Selain efektivitasnya dalam menekan perkembangan patogen, *Trichoderma* sp. juga memiliki keunggulan dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman dan ketahanan terhadap stres abiotik. Penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai agen hayati dinilai lebih ramah lingkungan dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap fungisida sintetis.

Sejumlah penelitian telah mengonfirmasi kapasitas antagonistik *Trichoderma* sp. dalam mereduksi serangan patogen pada berbagai jenis tanaman. *Trichoderma* sp. diketahui mampu menghambat *Phytophthora infestans* yang memicu penyakit busuk daun dan umbi pada kentang (Purwantisari & Hastuti, 2009). Efikasi serupa juga terbukti pada tanaman tomat, di mana *Trichoderma* sp. efektif menekan perkembangan *Fusarium oxysporum* penyebab gejala layu pembuluh (Taufik, 2008). Namun, studi yang secara langsung membandingkan efektivitasnya dengan fungisida sintetis dalam menghambat patogen utama pada padi, khususnya *P. oryzae*, *C. oryzae*, dan *N. oryzae*, masih terbatas, terutama dalam aspek daya hambat relatif dan mekanisme antagonisme yang belum banyak dikaji. Berangkat dari urgensi tersebut, penelitian ini dilaksanakan dengan fokus utama untuk mengetahui pengaruh antagonis dan daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap patogen padi (*Pyricularia oryzae*, *Cercospora oryzae*, dan *Nigrospora* sp.), menganalisis daya hambat fungisida sintetis (Amistartop) terhadap patogen yang sama, serta membandingkan efektivitas antara *Trichoderma* sp. dan fungisida sintetis dalam menekan perkembangan jamur patogen padi. Lebih lanjut, penelitian ini juga bertujuan untuk mengeksplorasi potensi *Trichoderma* sp. sebagai solusi pengendalian penyakit padi yang berkelanjutan. Jika *Trichoderma* sp. mampu menunjukkan efektivitas yang setara atau lebih baik dalam menekan perkembangan jamur patogen, maka implementasi agen hayati ini menawarkan solusi pengendalian yang lebih berkelanjutan serta mampu menekan biaya operasional bagi petani. Hasil penelitian ini diharapkan tidak hanya memberikan alternatif pengendalian yang lebih aman dan efisien, tetapi juga menjadi referensi dalam upaya pengurangan penggunaan fungisida sintetis di bidang pertanian.

2. BAHAN DAN METODE

2.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Pengambilan data dan observasi riset dilakukan di Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit (LPHP) yang berlokasi di Kecamatan Kedu, Kabupaten Temanggung, Jawa Tengah. Seluruh rangkaian kegiatan penelitian ini berlangsung dalam kurun waktu Juli sampai dengan Agustus 2023.

2.2 Bahan dan Alat Penelitian

Peralatan pendukung yang dipakai selama jalannya penelitian adalah cawan petri sebagai wadah media dan tempat percobaan. Skalpel, gelas benda, penutup, serta mikroskop digunakan untuk identifikasi patogen. *Ose*, *cork borer*, dan pompa pipet filler berfungsi dalam proses pemindahan isolat jamur dari satu tempat ke tempat lain. Sterilisasi dan pemanasan dilakukan menggunakan *oven*, *microwave*, *hotplate stirrer*, autoklaf, lampu Bunsen, dan *Laminar Air Flow* (LAF). Timbangan digunakan untuk menakar bahan, sementara Erlenmeyer digunakan dalam pencampuran larutan. Beberapa alat tambahan, seperti gunting, lakban bening, label, penggaris, spidol, dan kantong plastik (*zipper*), membantu dalam proses isolasi dari alam serta proses penelitian di laboratorium. Bahan yang digunakan mencakup padi yang menunjukkan gejala infeksi *Cercospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Nigrospora oryzae*, serta biakan murni *Trichoderma* sp. Sebagai antibiotik dalam medium, digunakan kloramfenikol. Media PDA dibuat menggunakan 300 g kentang, 20 g agar, dan 20 g dextrose. Untuk sterilisasi, digunakan NaOCl 1%, alkohol 70%, dan akuades.

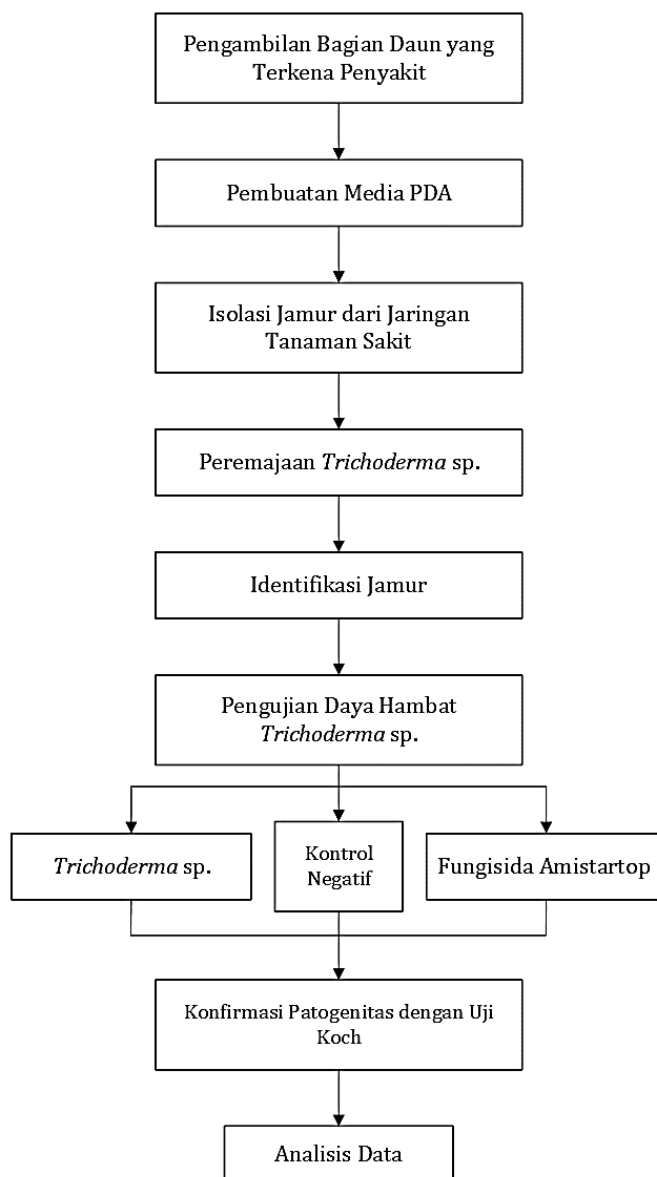
2.3 Prosedur Penelitian

Penelitian ini dilakukan melalui serangkaian tahapan terstruktur yang meliputi isolasi, identifikasi patogen, serta pengujian efikasi *Trichoderma* sp. Sebagai agen pengendali hayati. Tahapan penelitian dimulai dengan pengambilan bagian daun yang terkena penyakit, diikuti oleh pembuatan media PDA sebagai medium pertumbuhan jamur. Selanjutnya, dilakukan isolasi jamur

dari jaringan tanaman sakit untuk memperoleh isolat patogen, serta peremajaan *Trichoderma* sp. guna memastikan kualitas inokulum yang digunakan dalam uji antagonisme. Setelah isolasi berhasil, jamur yang diperoleh diidentifikasi melalui pengamatan makroskopis dan mikroskopis. Tahapan berikutnya adalah pengujian daya hambat *Trichoderma* sp., yang dilakukan dengan membandingkan efektivitasnya terhadap kontrol negatif dan perlakuan fungisida Amistartop. Untuk memastikan patogenisitas jamur yang diisolasi, dilakukan uji Koch. Seluruh data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui serangkaian uji statistik untuk mengevaluasi hasil penelitian. Alur kerja dan prosedur penelitian dalam studi ini secara sistematis disajikan melalui diagram alir (Gambar 1).

2.3.1 Pengambilan Bagian Daun yang Terkena Penyakit

Sebanyak 5 lembar daun tanaman padi berumur 60 hari yang menunjukkan gejala infeksi *Cercospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Nigrospora oryzae* diambil secara acak dari persawahan di Temanggung. Sampel tersebut dikemas menggunakan kantong plastik yang telah disterilkan, kemudian di pindahkan menuju Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit (LPHP) Temanggung untuk proses analisis lebih lanjut.



Gambar 1. Diagram Alir Prosedur Penelitian

2.3.2 Pembuatan Media PDA

Kentang sebanyak 300 g dikupas dan dibersihkan dengan air bersih, kemudian dipotong dan direbus menggunakan 1500 ml akuades pada suhu 90–95°C selama 5–7 menit hingga setengah matang. Setelah itu, dibiarkan hingga dingin. Larutan ditambahkan 20 g agar dan 20 g dextrose, kemudian dihomogenkan. Media disterilkan melalui pemanasan di dalam autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan sebesar 2 atm selama 90 menit.

2.3.3 Isolasi Jamur dari Jaringan Tanaman Sakit

Sampel helaian daun tanaman padi yang terindikasi terserang penyakit dicuci bersih menggunakan akuades. Dari daun yang terinfeksi, diambil empat potongan jaringan daun per patogen dengan ukuran 1 × 1 cm. Pemotongan dilakukan pada bagian transisi antara jaringan yang terinfeksi dan jaringan yang masih sehat. Potongan jaringan kemudian dicuci kembali menggunakan akuades dan dilakukan sterilisasi permukaan. Larutan sterilisasi disiapkan dengan mencampurkan 4,8 mL larutan NaOCl 1% ke dalam labu ukur, yang kemudian diikuti dengan penambahan akuades hingga mencapai volume 25 mL. Potongan jaringan direndam secara berurutan dalam alkohol 70% selama 60 detik, NaOCl 1% selama 60 detik, dan dilakukan proses pembilasan ulang menggunakan akuades selama 30 detik. Setelah proses sterilisasi, jaringan daun diinokulasikan pada medium PDA di dalam cawan petri menggunakan pinset steril. Selanjutnya, dilakukan inkubasi sampel yang ditempatkan pada suhu ruang ($\pm 28^\circ\text{C}$) dengan durasi 4–7 hari di ruang terbuka. Koloni jamur yang tumbuh selanjutnya dimurnikan dan diperbanyak pada medium PDA untuk tahap identifikasi lebih lanjut.

2.3.4 Peremajaan *Trichoderma* sp.

Isolat *Trichoderma* sp. yang digunakan berasal dari koleksi Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit (LPHP) Temanggung, yang awalnya diperoleh dari wilayah Desa Bligo, Kecamatan Ngluwar, Kabupaten Magelang, Jawa Tengah. Isolat tersebut diremajakan kembali pada media PDA dengan cara mengambil miselium dari stok menggunakan jarum ose steril. Selanjutnya, biakan tersebut menjalani masa inkubasi selama 5–7 hari hingga pertumbuhan vegetatif miselium mencapai seluruh permukaan cawan petri.

2.3.5 Identifikasi Jamur

Determinasi Identitas spesies jamur patogen dilakukan dengan meninjau ciri morfologi, baik yang terlihat secara fisik (makroskopis) maupun melalui bantuan mikroskop (mikroskopis). Pengamatan makroskopis mencakup warna koloni bagian atas (*upper colony*) dan bagian bawah koloni (*reverse colony*). Sementara itu, pengamatan mikroskopis meliputi bentuk hifa, keberadaan rizoid dan sekat (septa), serta bentuk struktur reproduksi seksual dan aseksual. Pada pengamatan mikroskopis, gelas objek terlebih dahulu dibersihkan menggunakan alkohol hingga bebas dari lemak dan debu. Setelah itu, satu tetes akuades diteteskan ke permukaan gelas objek, kemudian isolat murni patogen diletakkan di atasnya. Gelas penutup kemudian diletakkan di atas sediaan tersebut dan dilewatkan secara singkat di atas nyala api untuk fiksasi. Preparat yang telah disiapkan diamati di bawah mikroskop, dan hasil pengamatan dicocokkan dengan karakteristik dalam buku *Plant Pathology: Principles and Practice* karya D. Gareth Jones untuk menentukan jenis patogen yang diamati.

2.3.6 Pengujian Daya Hambat *Trichoderma* sp.

Pengujian antagonistik dilakukan untuk menguji kapasitas daya hambat *Trichoderma* sp. dalam menekan laju perkembangan jamur penyebab penyakit pada padi, yaitu *Cercospora oryzae*, *Nigrospora oryzae*, dan *Pyricularia oryzae*. Uji ini menerapkan teknik *dual culture* (biakan ganda) yang dioperasikan dalam kondisi terkendali secara *in vitro* dengan 9 kali pengulangan untuk setiap perlakuan, yaitu *Trichoderma* sp., kontrol negatif, dan fungisida Amistartop. Pada pengujian ini, potongan disk jamur ditempatkan berhadapan dengan jamur patogen pada media cawan berukuran 9 cm, dengan jarak antar titik inokulasi berjarak sebesar 4 cm. Kultur diinkubasi pada suhu ruang (± 28 °C), lalu pertumbuhan serta perubahan kedua koloni diamati secara berkala. Pengukuran dilakukan hingga salah satu koloni memenuhi cawan petri. Evaluasi efektivitas dilakukan dengan menghitung persentase daya hambat dihitung menggunakan rumus PIRG (Safitri et al., 2019) sebagai berikut:

$$\text{PIRG} = \frac{R_1 - R_2}{R_1} \times 100\% \quad (1)$$

Keterangan : PIRG = persentase diameter penghambatan pertumbuhan (%); R_1 = jarak pertumbuhan jamur target pada cawan kontrol ke arah titik acuan; R_2 = jarak pertumbuhan jamur target pada perlakuan *dual culture* menuju zona interaksi.

Skala penilaian daya hambat dalam penelitian ini dibagi menjadi 4 kategori berdasarkan standar Živković et al., (2010): kategori rendah untuk rentang 1–25%, moderat pada kisaran 26–50%, tinggi untuk kisaran 51–75%, dan sangat tinggi apabila mencapai 76–100%.

2.3.7 Konfirmasi Patogenisitas dengan Uji Koch

Uji Postulat Koch dilakukan untuk mengonfirmasi status patogenitas dari jamur hasil isolasi terhadap tanaman inang secara akurat. Prosedur ini mengadaptasi metode dari penelitian (Herliyana et al., 2020) yang merujuk pada prinsip Koch (1884) dalam bidang fitopatologi. Tanaman padi berumur sekitar 20 hari yang ditanam dalam pot digunakan sebagai tanaman uji. Suspensi isolat disiapkan dengan mencampurkan biakan murni jamur ke dalam 25 mL akuades steril. Daun padi kemudian dilukai secara perlahan menggunakan jarum steril, lalu suspensi isolat dioleskan pada bagian daun yang telah dilukai. Setelah proses inokulasi, daun ditutup menggunakan plastik hitam selama 2×24 jam untuk menjaga kelembapan yang mendukung infeksi. Gejala berupa bercak nekrotik diamati di sekitar area luka. Munculnya gejala ini menandakan bahwa jamur tersebut bersifat patogen terhadap tanaman padi.

2.3.8 Rancangan Percobaan

Rancangan Acak Lengkap (RAL) diterapkan sebagai desain eksperimental dalam penelitian ini, dengan memfokuskan pengamatan pada dua jenis perlakuan utama, yaitu perlakuan antagonis menggunakan *Trichoderma* sp. dan perlakuan fungisida sintetis, masing-masing dengan 9 kali pengulangan. Pada perlakuan antagonis, *Trichoderma* sp. diinokulasikan secara bersamaan dengan jamur patogen *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Cercospora oryzae* pada media PDA untuk menguji daya hambatnya terhadap pertumbuhan patogen.

Sementara itu, pada perlakuan fungisida sintetis, digunakan fungisida Amistartop dengan konsentrasi 2 tetes per 200 mL media PDA, setara dengan konsentrasi formulasi yang direkomendasikan oleh produsen. Amistartop diaplikasikan dengan cara dicampurkan langsung ke dalam media PDA sebelum proses pemadatan. Fungisida ini dipilih karena mengandung dua bahan aktif, yaitu azoksistrobin dan difenokonazol, yang dikenal efektif dalam menghambat pertumbuhan berbagai jenis patogen pada daun. Azoksistrobin bekerja dengan mengganggu respirasi sel jamur,

sedangkan difenokonazol menghambat biosintesis ergosterol pada membran sel. Kombinasi mekanisme sistemik ini memberikan spektrum kontrol yang luas terhadap berbagai patogen foliar pada tanaman padi.

Sebagai kontrol negatif, ketiga patogen di tumbuhkan pada media PDA tanpa diberikan paparan agen antagonis maupun fungisida. Hasil dari kedua perlakuan akan dibandingkan untuk menilai efektivitas *Trichoderma* sp. dan fungisida Amistartop dalam menekan pertumbuhan patogen berdasarkan zona hambat dan tingkat kolonisasi jamur pada media PDA.

2.3.9 Analisis Data

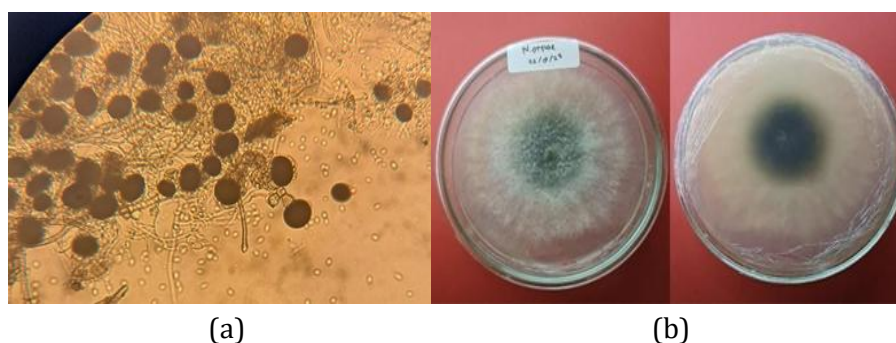
Analisis data dilakukan melalui uji sidik ragam (ANOVA). Hasil daya hambat uji antagonis disajikan dalam bentuk data kuantitatif dan foto makroskopis. Apabila hasil analisis varian (uji F) memperlihatkan adanya perbedaan yang signifikan, analisis akan dilanjutkan dengan uji komparasi menggunakan metode Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%.

3. HASIL DAN PEMBAHASAN

3.1 Hasil Isolasi Patogen

Isolat patogen penyebab penyakit pada padi yang bergejala *Nigrospora oryzae* menunjukkan ciri makroskopis berupa koloni bagian atas (*upper colony*) berwarna putih kehitaman dengan tekstur beludru dan tanpa *radial furrow*. Hifa awalnya berwarna abu-abu sedikit krem, kemudian menggelap setelah 5–7 hari isolasi. Warna bagian bawah koloni (*reverse colony*) mula-mula abu-abu dan berubah menjadi hitam mengkilap seiring bertambahnya usia. Karakter isolat ini sesuai dengan deskripsi *Nigrospora oryzae* menurut Hao et al., (2020) yang menjelaskan bahwa karakteristik morfologi koloni yang tumbuh pada media PDA memperlihatkan bentuk tepi yang rata menyerupai beludru, permukaan awalnya putih, kemudian berubah menjadi hijau zaitun tua hingga abu-abu. Warna bagian bawah koloni (*reverse*) awalnya putih dan berubah menjadi hijau daun bawang saat dewasa.

Secara mikroskopis, pengamatan pada perbesaran 40x dan 100x menunjukkan bahwa konidia berbentuk oval hingga bulat (*globose*), soliter, serta melekat pada konidiogen. Konidiofor bersel tunggal, tidak bersekat, dan bercabang dengan konidiogen pada ujungnya. Sesuai dengan deskripsi morfologi yang dijelaskan oleh Risfianty et al., (2022) *Nigrospora oryzae* memiliki konidia yang dicirikan oleh pigmentasi hitam pekat yang berkilau, bersel tunggal, berbentuk lonjong (oval) dengan permukaan atas yang rata, serta dapat hidup sebagai organisme parasit maupun saprofit. Hifa memiliki tekstur halus, bersifat hialin, aseptat, dan berdiameter 16–21 μm . Hao et al., (2020) juga menambahkan bahwa konidia *Nigrospora oryzae* dewasa menempel pada sel konidiogen.



Gambar 2. (a) Mikroskopis *Nigrospora oryzae* (b) Makroskopis *Nigrospora oryzae*. (Dokumen Pribadi, 2023).

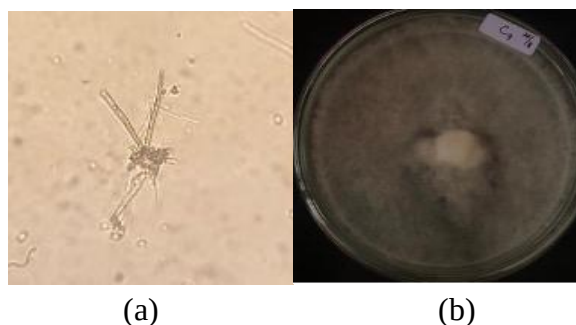
Hasil isolasi yang berhasil didapatkan dari tanaman padi yang terinfeksi penyakit menampilkan ciri makroskopis berupa koloni yang awalnya berwarna abu-abu pada permukaan atas. Seiring bertambahnya umur inkubasi, hifa berubah menjadi hitam, bertekstur seperti kapas, memiliki garis konsentris, serta tumbuh melingkar dengan bagian bawah koloni berwarna hitam. Karakter ini sesuai dengan Nurfatimah *et al.*, (2020) yang menyebutkan bahwa koloni *Pyricularia oryzae* tumbuh melingkar dan menyebar ke segala arah pada cawan petri. Pada tahap awal inkubasi, koloni berwarna putih keabu-abuan, kemudian berubah menjadi hitam seiring pertambahan usia. Wicaksono *et al.*, (2017) juga menambahkan bahwa *Pyricularia oryzae* dapat membentuk cincin saat mendekati tepi cawan petri.

Ciri-ciri mikroskopis yang dimiliki jamur *Pyricularia oryzae* pada media PDA yaitu hifanya bersekat, hifa dan konidia berwarna hialin, konidia berbentuk oval dengan 2-3 sekat dengan ujung runcing. Pernyataan ini sesuai dengan Sopialena *et al.*, (2020) *Pyricularia oryzae* dilihat dari kenampakan mikroskopis memiliki karakteristik hifa bersekat, bentuk konidia lonjong dan memiliki tiga sekat. Leiwakabessy *et al.*, (2020) juga menyebutkan bahwa konidia *Pyricularia oryzae* memiliki bentuk *pyriform* dengan dasar konidia bulat dan ujungnya runcing, ukuran konidianya berkisar 19-23 μm x 7-9 μm , dan terdapat dua sekat dengan tiga sel yang ukuran luasnya bervariasi. Bentuk konidia dapat bermacam-macam yang dipengaruhi oleh galur patogen maupun kondisi ekologi lingkungan.

Dari hasil isolasi penyakit yang menunjukkan gejala bercak sempit dihasilkan ciri makroskopis (Gambar 3a) yaitu miselium yang berwarna putih sedikit kekuningan pada *reverse* dan *upper*. Memiliki tekstur seperti kapas, dengan pertumbuhan keatas dan kesamping. Hal ini sesuai dengan pendapat Sulastri *et al.*, (2014) bahwa karakteristik hifa pada medium PDA setelah masa inkubasi 7 hari memperlihatkan rona putih kusam. Pertumbuhan vegetatif nya meluas ke area pinggiran serta meninggi ke atas permukaan media, disertai dengan tampilan tekstur miselium cenderung berserat kasar. Kemudian untuk ciri mikroskopis (Gambar 3b) yaitu terlihat konidiofor yang berwarna gelap begitu juga dengan hifa. Memiliki hifa yang bersekat yang tumbuh pada dasar jaringan dan tumbuh secara bergerombol. Temuan ini selaras dengan uraian Rahmawati *et al.*, (2016) yang menyatakan bahwa hifa *Cercospora oryzae* memiliki pola pertumbuhan yang bercabang serta tidak lurus. Selain itu, hifa tersebut dicirikan dengan adanya sekat dan pigmentasi yang cenderung gelap dengan konidia yang bentuknya panjang. Konidiofor berwarna gelap, sederhana, timbul bergerombol dan pecah pada jaringan daun, mengandung konidia berturut-turut pada ujung yang baru tumbuh.



Gambar 3. (a) Mikroskopis *Pyricularia oryzae* (b) Makroskopis *Pyricularia oryzae*. (Dokumen Pribadi, 2023).



Gambar 4. (a) Mikroskopis *Cercospora oryzae* (b) Makroskopis *Cercospora oryzae*. (Dokumen Pribadi, 2023).

3.2 Hasil Uji *Postulat Koch*

Gejala yang muncul setelah 2 hari uji *postulat Koch* adalah permukaan daun padi muncul bercak berwarna coklat kehitaman berbentuk bulat hingga oval. Adapun bercak berwarna coklat tua dengan area dalam berwarna coklat keabu-abuan. Bercak noktil sama seperti gejala *Nigrospora oryzae* dengan gejala isolat yang diperoleh di lapangan. Isolat jamur *Cercospora oryzae* yang didapatkan menunjukkan adanya bercak nekrotik pada permukaan bagian yang dilukai (Gambar 5). Sebagaimana diuraikan oleh Herliyana et al., (2020) serangkaian uji postulat Koch dilakukan sebagai instrumen untuk untuk memvalidasi penyebab penyakit pada tumbuhan, di mana mikroba tertentu dikukuhkan sebagai agen penyebab utama suatu penyakit. Dalam konteks penelitian ini, kerusakan jaringan atau nekrosis yang muncul tidak mengalami penyebaran dan hanya terlokalisasi pada titik-titik yang bersentuhan langsung dengan hifa. Hal ini memberikan indikasi kuat bahwa jamur tersebut merupakan patogen luka yang memerlukan akses mekanis untuk menginfeksi jaringan inang.

Hasil uji postulat Koch pada percobaan *Pyricularia oryzae* menunjukkan hasil yang positif. Tempat diletakkannya biakan murni jamur patogen *Pyricularia oryzae* pada permukaan daun padi tampak gejala blas yang ditandai munculnya bercak lesi berbentuk belah ketupat dengan bagian sentral berwarna kelabu keputihan yang dikelilingi oleh margin berwarna merah kecoklatan. Selain itu, warna daun di sekitar bercak tampak menguning. Hal ini sesuai dengan (Yuliani et al., 2022), banyaknya bercak blas akan mengakibatkan daun padi mengering dan akhirnya mati. Percobaan tersebut dapat dijadikan bukti bahwa jamur yang ditemukan di bagian daun tersebut merupakan *Pyricularia oryzae* yang bersifat patogen. Isolat tersebut dapat digunakan sebagai bahan utama dalam pengujian daya hambat *Trichoderma* sp. terhadap perkembangan fungi patogen *Pyricularia oryzae* pada skala laboratorium.

3.3 Uji Daya Hambat Jamur *Trichoderma* Terhadap Jamur patogen padi Secara *In vitro*

Evaluasi kemampuan antagonis dilakukan melalui teknik biakan ganda (*dual culture*) pada medium PDA dalam kondisi *in vitro*. Pengamatan dilakukan selama satu minggu pasca inkubasi dengan melibatkan 9 ulangan untuk setiap perlakuan. Hasil observasi menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. mulai menghambat perkembangan *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae* dan *Cercospora oryzae* sejak 2 hari setelah inokulasi (hsi). Terhambatnya laju pertumbuhan ini dipicu oleh adanya persaingan ruang serta nutrisi, yang menyebabkan koloni patogen mengalami pertumbuhan yang konstan atau bahkan cenderung mengalami penurunan. Secara kuantitatif, nilai rerata dari persentase hambatan *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan *Nigrospora oryzae* sebesar 43% (kategori sedang). Sementara terhadap *Cercospora oryzae* mencapai 26% (kategori sedang). Efektivitas tertinggi ditemukan pada penekanan *Pyricularia oryzae* yang mencapai angka 84,62% (kategori sangat tinggi). Klasifikasi tingkat inhibisi ini merujuk pada standar Purwantisari et al., (2023), di mana efektivitas PIRG terbagi menjadi 4 tingkatan: tingkat rendah untuk nilai 1-25%,

sedang pada rentang 26-50%, tinggi untuk persentase 51-75%, dan sangat tinggi apabila daya hambat mencapai 76-100%. Merujuk pada kriteria Halwiyah *et al.*, (2019) dalam studi ini dinilai memiliki kapasitas kontrol yang maksimal terhadap *Pyricularia oryzae* karena berhasil melampaui ambang batas penghambatan 60%.

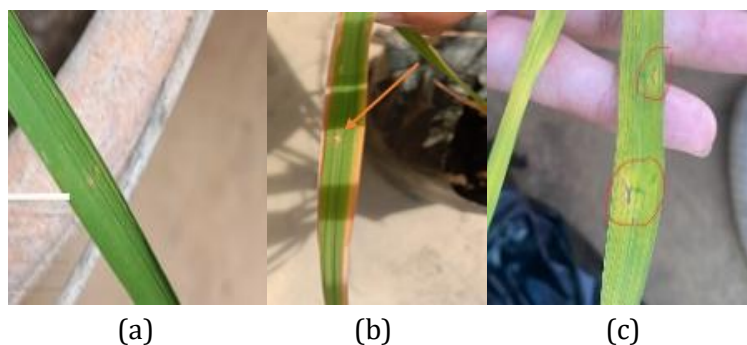
3.4 Pengaruh *Trichoderma* sp. terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur Patogen

Hasil pengamatan terhadap pertumbuhan diameter koloni menunjukkan bahwa ketiga patogen, yaitu *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Cercospora oryzae*, masih mengalami pertumbuhan pada medium PDA meskipun telah diinokulasi bersama *Trichoderma* sp. Hal ini disebabkan karena masih adanya nutrisi pada media PDA yang mampu mendukung pertumbuhan patogen (Amin, 2011). Namun demikian, kehadiran *Trichoderma* sp. menyebabkan ketiga patogen tersebut tidak dapat tumbuh secara normal karena adanya kompetisi ruang dan nutrisi yang kuat.

Pada *Nigrospora oryzae*, pertumbuhan koloni terhambat secara signifikan pada awal hingga pertengahan hari. Diameter koloni hanya mencapai 2,5 cm pada hari ke-7, dengan laju pertumbuhan melambat setelah hari ke-4. Hal ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* sp. berhasil mendominasi substrat secara progresif. Hasil tersebut memperkuat pernyataan Amin (2011), di mana fungi dengan kecepatan tumbuh superior mampu memonopoli ruang hidup dan menekan pertumbuhan jamur kompetitor.

Sementara itu, respons hambatan paling masif ditemukan pada *Pyricularia oryzae*. Diameter koloni hanya mencapai 0,94 cm hingga hari ke-7, dan terlihat stagnan mulai dari hari ke-6. Artinya, sejak hari ke-5, *Trichoderma* sp. berhasil menekan pertumbuhan patogen ini hampir sepenuhnya. Kondisi ini menunjukkan bahwa *Pyricularia oryzae* sangat sensitif terhadap kehadiran *Trichoderma* sp., baik melalui kompetisi maupun mekanisme antibiosis. Hal tersebut selaras dengan temuan Lestari *et al.*, (2021) bahwa keunggulan laju pertumbuhan agen hayati berbanding lurus dengan efektivitasnya dalam menekan jamur patogen. Berbeda dengan kedua patogen sebelumnya, *Cercospora oryzae* menunjukkan pola pertumbuhan yang lebih tinggi dan konsisten. Diameter koloni terus meningkat hingga 3,7 cm pada hari ke-7, menjadikannya patogen dengan resistensi relatif lebih kuat terhadap pengaruh *Trichoderma* sp. Hal ini mengindikasikan bahwa efektivitas *Trichoderma* terhadap *Cercospora oryzae* masih terbatas dan perlu ditingkatkan, meskipun tetap ada pengaruh penghambatan terutama di awal (H1-H3).

Secara umum, hasil ini menegaskan bahwa efektivitas *Trichoderma* sp. bervariasi tergantung pada jenis patogennya. *Pyricularia oryzae* merupakan patogen yang paling efektif dihambat, diikuti oleh *Nigrospora oryzae*, sementara *Cercospora oryzae* menunjukkan pertahanan pertumbuhan yang lebih kuat. Keberhasilan *Trichoderma* sp. dalam menekan laju pertumbuhan diameter koloni ini mendukung potensinya sebagai agen pengendali hayati yang kompetitif dan adaptif.



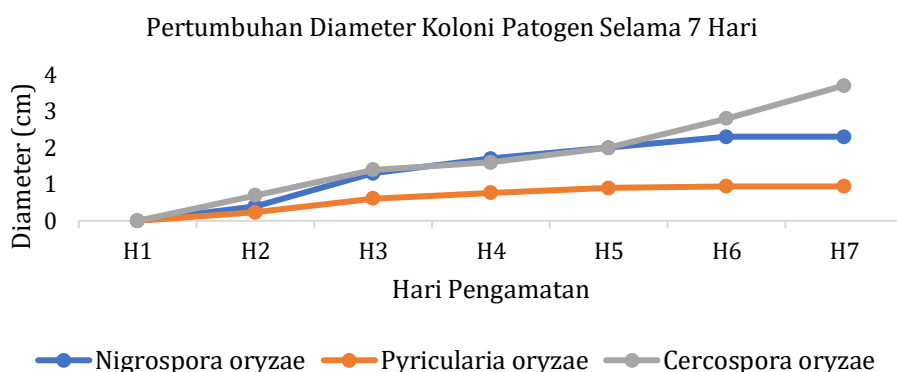
Gambar 5. (a) *Postula Koch Nigrospora oryzae* (b) *Postula Koch Pyricularia oryzae* (c) *Postula Koch Cercospora oryzae*. (Dokumen Pribadi, 2023).

Tabel 1. Hambat Jamur *Trichoderma* sp. terhadap Patogen Padi

Perlakuan	Presentase Daya Hambat Jamur (%)	Kategori
<i>Nigrospora oryzae</i>	43%	Sedang
<i>Pyricularia oryzae</i>	84,62%	Sangat tinggi
<i>Cercospora oryza</i>	26%	Sedang

Tabel 2. Rata-rata Pertumbuhan Diameter Patogen dengan *Trichoderma* sp.

Perlakuan	Rerata Diameter Patogen yang tumbuh (cm)						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
<i>Nigrospora oryzae</i>	0,0	0,4	1,3	1,7	2,0	2,3	2,5
<i>Pyricularia oryzae</i>	0,0	0,23	0,61	0,77	0,9	0,94	0,94
<i>Cercospora oryza</i>	0,0	0,7	1,4	1,6	2,0	2,8	3,7



Gambar 6. Grafik Pertumbuhan Diameter Koloni Patogen Selama 7 Hari

3.5 Pengaruh Fungisida (Amistartop) terhadap Pertumbuhan Diameter Jamur Patogen

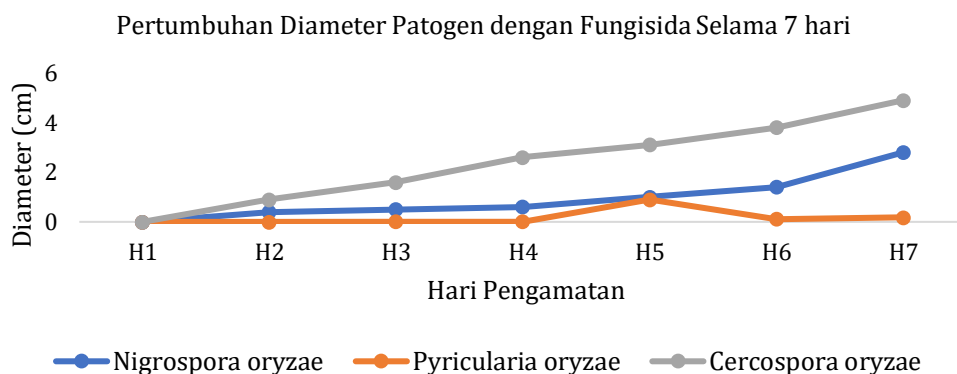
Hasil pengamatan terhadap laju pertumbuhan koloni selama 7 hsi menunjukkan bahwa aplikasi fungisida sintesis memiliki efikasi yang sedikit lebih unggul secara numerik dibandingkan *Trichoderma* sp. dalam menekan *Nigrospora oryzae* ($1 < 1,5$). Meski demikian, kedua perlakuan tersebut menunjukkan potensi pengendalian yang setara secara keseluruhan. Keunggulan *Trichoderma* sp. terlihat pada ritme penghambatannya yang lebih stabil, terutama dalam mereduksi kecepatan pertumbuhan patogen pasca hari kelima. Validitas temuan ini didukung oleh hasil uji ANOVA yang menghasilkan nilai $p = 0,198$ ($p > 0,05$), sehingga hipotesis nol (H_0) diterima. Dengan kata lain, tidak terdapat disparitas signifikan antara efektivitas fungisida maupun *Trichoderma* sp. dalam menghambat pertumbuhan patogen *Nigrospora oryzae*.

Analisis terhadap *Pyricularia oryzae* pada 7 hsi menunjukkan tingkat inhibisi yang sangat tinggi, di mana *Trichoderma* sp. mencapai 84,62% dan fungisida sebesar 97,13%. Berdasarkan kriteria klasifikasi, kedua perlakuan tersebut sama-sama berada di kategori sangat tinggi. Hasil uji ANOVA mengonfirmasi bahwa tidak terdapat perbedaan signifikan dalam menekan diameter koloni patogen tersebut ($p = 0,35 > 0,05$), sehingga hipotesis nol (H_0) diterima. Hal ini menegaskan bahwa *Trichoderma* sp. memiliki potensi pengendalian yang setara dengan fungisida sintesis dalam menghambat perkembangan *Pyricularia oryzae*.

Berbeda dengan patogen lainnya, *Cercospora oryzae* pada perlakuan fungisida masih memperlihatkan ekspansi koloni secara harian selama satu minggu (Tabel 3). Fenomena ini mengindikasikan bahwa ketersediaan nutrisi pada substrat PDA masih mampu menunjang pertumbuhan vegetatif patogen tersebut. Meski demikian, secara statistik, uji ANOVA menghasilkan nilai $p = 0,169$ ($> 0,05$), sehingga H_0 diterima atau tidak ada disparitas nyata antara efikasi *Trichoderma* sp. dan fungisida dalam membatasi pertumbuhan *Cercospora oryzae*.

Tabel 3. Rata-rata Pertumbuhan Diameter Patogen dengan Fungisida

Perlakuan	Rerata Diameter Patogen yang Tumbuh (cm)						
	H1	H2	H3	H4	H5	H6	H7
<i>Nigrospora oryzae</i>	0,0	0,4	0,5	0,6	1,0	1,4	2,8
<i>Pyricularia oryzae</i>	0,0	0	0,01	0,01	0,9	0,11	0,18
<i>Cercospora oryza</i>	0,0	0,9	1,6	2,6	3,1	3,8	4,9



Gambar 7. Grafik Pertumbuhan Diameter Patogen dengan Fungisida Selama 7 Hari

Secara keseluruhan, integrasi data statistik membuktikan bahwa kemampuan supresi *Trichoderma* sp. terhadap progresi ketiga patogen target tidak memperlihatkan perbedaan yang nyata jika dibandingkan dengan penggunaan fungisida kimia konvensional. Temuan ini memposisikan *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendalian hayati (*biocontrol agent*) yang sangat potensial. Kapasitas inhibisi yang sangat kuat terhadap *Pyricularia oryzae* dan *Nigrospora oryzae*, serta performa yang sangat kompetitif sedang *Cercospora oryzae*, menjadikan isolat ini sebagai kandidat penting dalam strategi pengendalian penyakit tanaman yang lebih berkelanjutan.

Keunggulan *Trichoderma* sp. melampaui sekedar inhibisi patogen, melainkan juga mencakup strategi antagonisme yang sistematis serta ramah lingkungan. Agen hayati ini bekerja melalui kompetisi ruang dan nutrisi, produksi senyawa antimikroba seperti enzim dan metabolit sekunder, serta stimulasi ketahanan sistemik tanaman. Selain itu, keberadaan *Trichoderma* sp. di dalam tanah dapat meningkatkan kesehatan ekosistem mikroba dan mendukung pertumbuhan tanaman secara tidak langsung. Integrasi agen hayati ini dalam sistem pertanian modern dapat menjadi strategi kunci dalam mengurangi penggunaan fungisida kimia, meminimalkan dampak lingkungan, serta mendukung praktik budidaya yang berkelanjutan.

4. KESIMPULAN

Isolasi dan identifikasi patogen padi mengonfirmasi keberadaan *Nigrospora oryzae*, *Pyricularia oryzae*, dan *Cercospora oryzae*, yang terbukti patogenik berdasarkan uji postulat Koch dengan gejala khas pada daun. *Trichoderma* sp. menunjukkan aktivitas antagonistik melalui kompetisi dan antibiosis, dengan daya hambat sebesar 84,62% terhadap *Pyricularia oryzae* (kategori sangat tinggi), 43% terhadap *Nigrospora oryzae* (kategori sedang), dan 26% terhadap *Cercospora oryzae* (kategori sedang). Efektivitasnya tidak berbeda nyata dengan fungisida kimia ($p > 0,05$), sehingga berpotensi sebagai agen hayati ramah lingkungan dalam sistem pertanian berkelanjutan. Penelitian lebih lanjut diperlukan untuk mengevaluasi efektivitasnya pada berbagai kondisi lapangan dan tahap pertumbuhan padi yang berbeda guna mendukung aplikasi skala luas.

5. UCAPAN TERIMA KASIH

Ungkapan terima kasih dan apresiasi yang mendalam penulis sampaikan kepada Laboratorium Pengamatan Hama Penyakit (LPHP) Temanggung atas penyediaan tempat, sarana, serta prasarana yang sangat menunjang kelancaran pelaksanaan penelitian ini.

6. DAFTAR PUSTAKA

- Amin, N., Asman, & Thamrin, A. (2011). *Isolasi dan identifikasi cendawan endofit dari klon tanaman kakao tahan VSD M.05 dan klon rentan VSD M.01* [Skripsi, Universitas Hasanuddin].
- Badan Pusat Statistik. 2022. *Produksi Tanaman Padi, Jagung, Ubi Kayu, Ubi Jalar dan Kacang Tanah Menurut Kecamatan di Kabupaten Temanggung (ton), 2020*. Temanggung: Badan Pusat Statistik
- Halwiyah, N., Ferniah, R. S., Raharjo, B., & Purwantisari, S. (2019). Uji antagonisme jamur patogen *Fusarium solani* penyebab penyakit layu pada tanaman cabai dengan menggunakan *Beauveria bassiana* secara *in vitro*. *Jurnal Akademika Biologi*, 8(2), 8–17.
- Handoyo, G., Santosa, P. B., & Darwanto, D. (2023). Optimalisasi potensi pertanian berbasis teknologi tepat guna dan digital di Kabupaten Temanggung. *Jurnal Pasopati: Pengabdian Masyarakat dan Inovasi Pengembangan Teknologi*, 5(1), 5–8. <https://doi.org/10.14710/pasopati.2023.16585>
- Hao, Y., Aluthmuhandiram, J. V. S., Chethana, K. W. T., Manawasinghe, I. S., Li, X., Liu, M., Hyde, K. D., Phillips, A. J. L., & Zhang, W. (2020). Nigrospora species associated with various hosts from Shandong Peninsula, China. *Mycobiology*, 48(3), 169–183. <https://doi.org/10.1080/12298093.2020.1761747>
- Herliyana, E. N., Sakbani, L., Herdiyeni, Y., & Munif, A. (2020). Identifikasi cendawan patogen penyebab penyakit pada daun jabon merah (*Anthocephalus macrophyllus* (Roxb.) Havil). *Jurnal Silviculture Tropika*, 11(3), 154–162. <https://doi.org/10.29244/j-siltrop.11.3.154-162>
- Hidayat, Y. S., Nurdin, M., & Suskandini, R. D. (2014). Penggunaan *Trichoderma* sp. sebagai agensia pengendalian terhadap *Pyricularia oryzae* Cav. penyebab blas pada padi. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2(3), 414–419. <https://doi.org/10.23960/jat.v2i3.2071>
- Kusumawati, D. E., & Istiqomah. (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. <https://doi.org/10.35457/viabel.v14i2.1235>
- Lathifah, N. A., & Purnomo, D. (2022). Analisis produksi padi di Provinsi Jawa Tengah periode 2019–2021. *SEIKO: Journal of Management & Business*, 4(3), 454–461. <https://doi.org/10.37531/sejaman.vxiv.547>
- Leiwakabessy, C., Inayatri, F., Jambormias, E., Patty, J., & Ririhena, R. E. (2020). Ketahanan enam varietas padi terhadap penyakit blas (*Pyricularia oryzae* Cav.) pada lahan sawah irigasi dan sawah tadah hujan. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 16(2), 147–156. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2020.16.2.147>
- Lestari, S. A., Kalsum, U., & Ramdan, E. P. (2021). Efikasi beberapa agens hayati terhadap penekanan pertumbuhan *Pyricularia grisea* secara *in vitro*. *Agrosains: Jurnal Penelitian Agronomi*, 23(1), 31–36. <https://doi.org/10.20961/agsipa.v23i1.48174>
- Manurung, I. R., Pinem, M. I., & Lubis, L. (2014). Uji antagonisme jamur endofit terhadap *Cercospora oryzae* Miyake dan *Curvularia lunata* (Wakk.) Boed. dari tanaman padi di laboratorium. *Jurnal Online Agroekoteknologi*, 2(4), 1563–1571.
- Nurfatimah, I., Pamekas, T., & Hartal. (2020). Karakterisasi lima isolat cendawan endofit tanaman padi sebagai agen antagonis *Pyricularia oryzae*. *PENDIPA: Journal of Science Education*, 4(3), 1–6. <https://doi.org/10.33369/pendipa.4.3.1-6>

- Nuryanto, B. (2018). Pengendalian penyakit tanaman padi berwawasan lingkungan melalui pengelolaan komponen epidemik. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian*, 37(1), 1–8.
- Palupi, A., Priyanto, S. H., & Sunaryanto, L. T. (2020). Dinamika rantai pasok beras di Kecamatan Bansari Kabupaten Temanggung. *Jurnal AGRISEP: Kajian Masalah Sosial Ekonomi Pertanian dan Agribisnis*, 19(2), 361–374. <https://doi.org/10.31186/jagrisep.19.2.361-374>
- Purwantisari, S., & Hastuti, R. B. (2009). Uji antagonisme jamur patogen *Phytophthora infestans* penyebab penyakit busuk daun dan umbi tanaman kentang dengan menggunakan *Trichoderma* spp. isolat lokal. *BIOMA*, 11(1), 24–32.
- Purwantisari, S., Mahardhika, W. A., Naufal, M. F. Q., Lunggani, A. T., & Jannah, S. N. (2023). Aktivitas cendawan antagonis *Trichoderma* terhadap *Fusarium* dari tanaman kentang di Kecamatan Pakis Kabupaten Magelang. *Bioscientist: Jurnal Ilmiah Biologi*, 11(1), 46–56. <https://doi.org/10.33394/bioscientist.v11i1.6630>
- Rahmawati, R., Jailanis, A., & Huda, N. (2016). Diagnosa penyakit akibat jamur pada tanaman padi (*Oryza sativa*) di sawah penduduk Kecamatan Sungai Kakap, Kabupaten Kubu Raya, Kalimantan Barat. *Saintifika*, 18(2), 1–7.
- Risfianty, D. K., Ihwan, K., Dewi, I. R., Jayadi, I., Sanuriza, I. I., & Fajriah, S. (2022). Identifikasi patogen bercak pada tanaman padi (*Oryza sativa* L.) di Kabupaten Lombok Utara. *Evolusi: Journal of Mathematics and Sciences*, 6(2), 79–87. <https://doi.org/10.51673/evolusi.v6i2.1322>
- Rizal, S., Novianti, D., & Septiani, M. (2019). Pengaruh jamur *Trichoderma* sp. terhadap pertumbuhan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jurnal Indobiosains*, 1(1), 14–18.
- Safitri, N., Martina, A., & Roza, R. M. (2019). Antagonistic test of Riau local fungal isolates against some pathogenic in cultivated plants. *Al-Kauniyah: Jurnal Biologi*, 12(2), 124–132. <https://doi.org/10.15408/kauniyah.v12i2.8730>
- Salimah, N. A., Kuswinanti, T., & Nasruddin, A. (2021). Eksplorasi dan penentuan ras penyebab penyakit blas padi di Kabupaten Maros. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 17(2), 41–48. <https://doi.org/10.14692/jfi.17.2.41-48>
- Sayang, Y., Kumalasari, A. S., & Kurniati, E. (2022). Uji *in vitro* jamur *Trichoderma* sp. sebagai agen pengendali hayati terhadap penyebab penyakit blas tanaman padi. *Syntax Literate: Jurnal Ilmiah Indonesia*, 7(9), 13437–13448.
- Sharma, P., Singh, R., & Dubey, M. K. (2017). Emerging fungal pathogens associated with rice diseases and their management strategies. *Plant Pathology Journal*, 16(3), 125–138.
- Sopialena, S., Suyadi, S., Sofian, S., Tantiani, D., & Fauzi, A. N. (2020). Efektivitas cendawan endofit sebagai pengendali penyakit blast pada tanaman padi (*Oryza sativa*). *Agrifor: Jurnal Ilmu Pertanian dan Kehutanan*, 19(2), 355–366. <https://doi.org/10.31293/af.v19i2.4813>
- Sudewi, S., Ala, A., Baharuddin, B., & BDR, M. F. (2020). Keragaman Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) pada Tanaman Padi Varietas Unggul Baru (VUB) dan Varietas Lokal pada Percobaan Semi Lapangan. *Agrikultura*, 31(1), 15–24. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v31i1.25046>
- Sulastri, S., Ali, M., & Puspita, F. (2014). *Identifikasi penyakit yang disebabkan oleh jamur dan intensitas serangannya pada tanaman cabai (Capsicum annum L.) di Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Riau*. PhD Thesis. Universitas Riau.
- Suriani, S., Abdullah, A., & Nurhidayah. (2018). Pengaruh penggunaan pestisida terhadap populasi musuh alami dan keseimbangan ekosistem pertanian. *Jurnal Agrotan*, 2(2), 1–10.
- Taufik, M., 2008. *Efektivitas Agens Antagonis Trichoderma sp. pada Berbagai Media Tumbuh terhadap Penyakit Layu Tanaman Tomat*. Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI–PFI XIX Komisariat Daerah Sulawesi Selatan, Makassar.
- Wicaksono, D., Wibowo, A., & Widiastuti, A. (2017). Metode isolasi *Pyricularia oryzae* penyebab penyakit blas padi. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*, 17(1), 62–69. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.11762-69>

- Yuliani, D., Santoso, S., & Anggara, A. W. (2022). Monitoring penyakit blas padi di agroekosistem rawa Kalimantan Tengah. *Agros wagati: Jurnal Agronomi*, 10(2), 98–106. <https://doi.org/10.33603/.v10i2.8585>
- Živković, S., Stojanović, S., Ivanović, Ž., Gavrilović, V., Popović, T., & Balaž, J. (2010). Screening of antagonistic activity of microorganisms against *Colletotrichum acutatum* and *Colletotrichum gloeosporioides*. *Archives of Biological Sciences*, 62(3), 611–623. <https://doi.org/10.2298/ABS1003611Z>
- Zulaika, Z., Soekarno, B. P., & Nurmansyah, A. (2018). Pemodelan keparahan penyakit blas pada tanaman padi di Kabupaten Subang. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*, 14(2), 47–52. <https://doi.org/10.14692/jfi.14.2.47>