



Potensi Biokontrol *Trichoderma* (T14 dan T7834) Sebagai Antipatogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* Secara In Vitro

Biocontrol Potential of *Trichoderma* (T14 and T7834) As Antipathogen *Phytophthora sp.* and *Colletotrichum sp.* In Vitro

Nouriza Agfa Pramesti, Sumardi*, Salman Farisi, & Bambang Irawan

Program Studi S-1 Biologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung, Indonesia

Abstrak

Penyakit antraknosa dan penyakit busuk mahkota yang disebabkan oleh jamur *Colletotrichum sp* dan jamur *Phytophthora sp* merupakan salah satu masalah utama dalam budidaya jambu kristal dan nanas. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan isolat *Trichoderma* (T14 dan T7834), potensi isolat sebagai agen biokontrol dan aktivitas enzim lipase serta kitinase. Data penelitian dianalisis secara deskriptif kualitatif. Kajian ini menyimpulkan grafik pertumbuhan isolat *Trichoderma* yang diawali penambahan berat kering miselium hari ke-3, hari ke-12 berat kering miselium bertambah pesat, hari ke-21 berat kering miselium konstan, hari ke-30 berat kering miselium mengalami penurunan. Hasil uji kompatibilitas *Trichoderma* mampu menghambat pertumbuhan jamur *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* sehingga efektif dijadikan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan jamur patogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* secara in vitro. Akan tetapi *Trichoderma* T7834 tidak mampu menghambat pertumbuhan jamur *Colletotrichum*, sehingga kurang efektif dijadikan sebagai agen biokontrol. Hasil uji aktivitas enzim, *Trichoderma* hanya mampu menghasilkan enzim lipase, sehingga kedua isolat berpotensi menjadi kandidat jamur biokontrol.

Kata Kunci: *Trichoderma*; Pathogen; Pertumbuhan; Enzim; Kompatibilitas.

Abstract

Anthracnose and crown rot caused by Colletotrichum sp and Phytophthora sp fungi are one of the main problems in guava and pineapple cultivation. This research aims to determine the growth of Trichoderma isolates (T14 and T7834), the potential of the isolates as biocontrol agents and the activity of lipase and chitinase enzymes. Research data was analyzed descriptively qualitatively. This study concluded that the growth graph of Trichoderma isolates began with an increase in mycelium dry weight on day 3, on day 12 the dry weight of mycelium increased rapidly, on day 21 the dry weight of mycelium was constant, on day 30 the dry weight of mycelium decreased. The results of the Trichoderma compatibility test were able to inhibit the growth of the fungus Phytophthora sp. and Colletotrichum sp. so it is effective as a biocontrol agent to control the pathogenic fungus Phytophthora sp. and Colletotrichum sp. in vitro. However, Trichoderma T7834 is unable to inhibit the growth of the Colletotrichum fungus, so it is less effective as a biocontrol agent. The results of the enzyme activity test showed that Trichoderma was only able to produce the lipase enzyme, so the two isolates had the potential to be candidates for biocontrol fungi.

Keywords: *Trichoderma*; Pathogens; Growth; Enzyme; Compatibility

How to Cite: Pramesti, N.A., Sumardi, Farisi, S., & Irawan, B. (2024). Potensi Biokontrol *Trichoderma* (T14 dan T7834) Sebagai Antipatogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* Secara In Vitro. *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 6(2) 2024: 212-224

*E-mail: sumardi.1965@fmipa.unila.ac.id

ISSN 2722-9777 (Online)



PENDAHULUAN

Berbagai macam penyakit yang disebabkan oleh patogen menjadi masalah utama dalam budidaya tanaman. Keberadaan penyakit dapat menyebabkan kerusakan pada tanaman dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan. Penyakit busuk mahkota pada nanas yang disebabkan oleh *Phytophthora sp.* dan penyakit antraknosa pada jambu kristal yang disebabkan oleh *Colletotrichum sp.* adalah penyakit yang sering terjadi dalam budidaya buah (Ferdiansyah *et al.*, 2020; Liu *et al.*, 2021). Penggunaan pestisida kimia sintetis selama ini dijadikan strategi paling umum untuk mengendalikan penyakit yang ada pada tanaman. Namun, dengan adanya distribusi bahan kimia yang berlebihan dalam jangka waktu yang panjang akan berdampak negatif bagi lingkungan dan juga kesehatan manusia (Tilocca *et al.*, 2020). Salah satu alternatif pengendalian yang bisa digunakan adalah pengendalian hayati dengan menggunakan mikroorganisme.

Mikroorganisme memiliki kemampuan untuk mendorong pertumbuhan tanaman dan menginduksi mekanisme resistensi pada tanaman terhadap berbagai macam patogen. Selain itu, agen hayati juga mampu mencegah kolonisasi patogen secara langsung (He *et al.*, 2021; Pandit *et al.*, 2022). Salah satu kelompok mikroorganisme yang berfungsi untuk menekan patogen penyebab penyakit pada tanaman adalah jamur. Salah satu genus jamur yang paling umum digunakan sebagai biokontrol adalah *Trichoderma*. Mekanisme yang digunakan oleh *Trichoderma* dalam mengendalikan penyakit tanaman meliputi aktivitas mikoparasitisme, produksi antibiotik atau enzim hidrolitik, persaingan nutrisi, dan ketahanan tanaman yang diinduksi (Ferreira & Musumeci, 2021). Oleh karena itu, perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui daya hambat *Trichoderma* terhadap *Colletotrichum sp.* dan *Phytophthora sp.*

Trichoderma merupakan salah satu genus jamur potensial yang dapat menekan berbagai penyakit tanaman. *Trichoderma* dimanfaatkan untuk mengendalikan berbagai jenis mikroorganisme pada tanah karena memiliki sifat antagonisme terhadap patogen berupa kompetisi ruang dan nutrisi mikoparasit dan antibiosis. Selain itu, jamur *Trichoderma* juga memiliki beberapa kelebihan seperti mudah diisolasi, daya adaptasi luas, mudah ditemukan pada areal pertanaman, dapat tumbuh dengan cepat pada berbagai substrat, memiliki kisaran mikoparasitisme yang luas dan tidak bersifat patogen pada tanaman (Sanathan *et al.*, 2023).

Genus ini diketahui efektif menekan *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* penyebab penyakit pada tanaman. Berdasarkan penelitian Yadav *et al.*, (2021) *Trichoderma* ini dapat mengurangi pembusukan buah pasca panen yang disebabkan oleh *Colletotrichum sp* pada cabai dengan presentase daya hambat 64%. *Trichoderma* juga dapat mengendalikan patogen tular benih yang disebabkan oleh *Colletotrichum sp.* dengan rata-rata efektifitasnya yaitu sebesar 63,93% dengan memanfaatkan waktu perendaman 9 jam. Selain melalui aktivitas enzim protease, lipase, selulase, dan kitinase, penghambatan terhadap patogen ini diperankan oleh zat volatil yang menyebabkan hifa patogen menyusut, membengkak dan pecah (Wang *et al.*, 2021). Tujuan penelitian ini yaitu (1) Menganalisis pertumbuhan miselium isolat *Trichoderma* dari berat kering miselium, (2) Menguji kompatibilitas isolat *Trichoderma sp.* sebagai agen biokontrol secara in vitro, (3) Mengevaluasi aktivitas enzim lipolitik serta kitinolitiknya.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada Desember 2023 hingga Februari 2024, dengan pengambilan isolat di PT. Great Giant Pineapple (GGP), Lampung Tengah, dan analisis pertumbuhan miselium isolat *Trichoderma* serta uji kompatibilitasnya sebagai agen biokontrol antijamur secara in vitro. Uji aktivitas enzimatik dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi, Jurusan Biologi, FMIPA, Universitas Lampung.

Peralatan yang digunakan meliputi ose jarum, cawan petri, bunsen, erlenmeyer, beaker glass, gelas ukur, pinset, mikroskop, centrifuge, shaker, timbangan analitik, vortex mixer, hot plate magnetic stirrer, cork borer 8 mm, autoklaf, Biological Safety Cabinet (BSC), oven, inkubator, dan spidol. Bahan penelitian terdiri dari isolat *Trichoderma* (T14 dan T7834), isolat jamur patogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* dari PT. GGP, 1% minyak zaitun, 0,04% methyl red, 1,5% tween 80, 0,1% congo red, 1 M NaCl, kapas, media Potato Dextrose Agar (PDA), Potato Dextrose Broth (PDB), HCl, serbuk kitin, antibiotik chloramphenicol, aquades, NaOH 12 N, alkohol 70%, spiritus, tisu, kertas saring, kasa, dan plastik wrap.

Data pertumbuhan isolat *Trichoderma* dianalisis secara kualitatif dan disajikan dalam grafik. Data uji kompatibilitas jamur pada media PDA dianalisis secara kualitatif. Data indeks enzimatik lipase dan kitinase isolat *Trichoderma* (T14 dan T7834) dianalisis

secara kualitatif berdasarkan zona jernih dengan metode gravimetri dan disajikan dalam tabel.

Peremajaan Isolat *Trichoderma* dan Patogen. Peremajaan isolat *Trichoderma* (T14 dan T7834) serta isolat *Phytophthora* sp. dan *Colletotrichum* sp. dilakukan dengan mempersiapkan media PDA dalam erlenmeyer yang dituangkan 15-20 mL ke dalam cawan petri hingga memadat. Potongan jamur dari stok kultur diambil menggunakan corkborer berdiameter 8 mm dan diinokulasikan pada media PDA yang telah memadat. Inkubasi dilakukan selama sekitar 7 hari pada suhu 37°C (Gusmaryana, 2018).

Pembuatan Grafik Pertumbuhan *Trichoderma* Potongan isolat. *Trichoderma* diambil dalam laminar air flow dengan ose lancip. Tiga potong koloni diinokulasikan ke dalam 150 mL media PDB dan diinkubasi pada suhu ruang di rotary shaker dengan kecepatan 90 rpm. Pengamatan pertumbuhan dilakukan setiap 3 hari dengan menghitung biomassa kering hingga 30 hari. Setelah 30 hari, miselia dipisahkan dari media PDB menggunakan kertas saring yang sudah dikeringkan (dioven 24 jam pada suhu 60°C) dan kemudian dioven kembali selama 24 jam untuk menghitung bobot keringnya (Firmansyah *et al.*, 2024). Perhitungan bobot kering miselia adalah: Bobot kering miselia = (Bobot kering kertas + miselia) - Bobot kering kertas.

Uji Kompatibilitas Jamur In Vitro. Uji kompatibilitas menggunakan media PDA sebanyak 15 mL yang dituangkan ke dalam cawan petri diameter 9 cm. Potongan koloni jamur berumur 7 hari berdiameter 1 cm diinokulasikan dalam cawan petri dengan jarak 4 cm. Kultur diinkubasi hingga matang, dan interaksi diamati setiap hari (Fadly & Rizka, 2024).

Uji Aktivitas Enzimatik. Uji enzimatik dilakukan dengan kontrol positif dan negatif. Untuk kontrol positif, medium PDA ditambah 1% minyak zaitun, 0,04% methyl red, dan 1,5% tween 80. Sterilisasi dilakukan sebelum penambahan 500 mg/L chloramphenicol dan inokulasi *Trichoderma*. Cawan diinkubasi pada suhu kamar selama 3-4 hari. Zona jernih menandakan aktivitas lipolitik (Mirza *et al.*, 2017). Kontrol negatif menggunakan PDA tanpa bahan tambahan.

Persiapan Medium Koloid Kitin. 5gram serbuk kitin dilarutkan dalam 80 mL HCL pekat dan dihomogenkan selama 30 menit. Setelah disimpan 24 jam pada suhu 4 °C, endapan dilarutkan dalam 40 mL aquades, dihomogenkan, diatur pH hingga mendekati

7 dengan NaOH, dan disentrifugasi pada 7.500 rpm selama 15 menit. Supernatan dipisahkan dan disentrifugasi ulang. Filtrat yang dihasilkan adalah koloid kitin.

Penentuan Indeks Enzimatik. Indeks enzimatik diukur dengan menghitung luas koloni dan zona jernih menggunakan replika pada plastik mika, ditimbang dengan timbangan analitik.

$$\text{Luas Koloni (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Bobot replika koloni (g)}}{\text{Bobot plastik mika } 1 \times 1 \text{ cm}^2 \text{ (g)}} \times 1 \text{ cm}^2$$

$$\text{Luas Zona Jernih (cm}^2\text{)} = \frac{\text{Bobot replika zona jernih (g)}}{\text{Bobot plastik mika } 1 \times 1 \text{ cm}^2 \text{ (g)}} \times 1 \text{ cm}^2$$

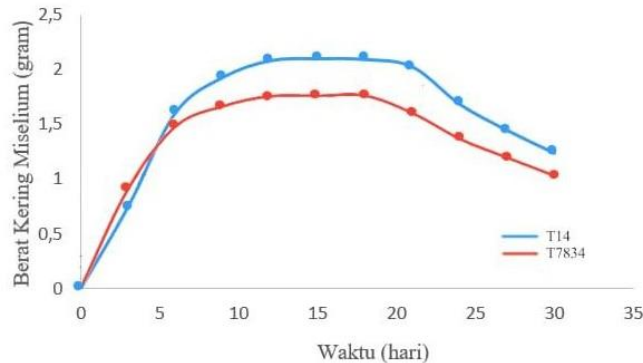
Penentuan indeks enzimatik dihitung menggunakan rumus Rosa *et al.*, (2020) dengan 3 kalireplikasi.

$$IE = \frac{\text{Luas zona jernih} - \text{Luas koloni}}{\text{Luas koloni}}$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Grafik Pertumbuhan *Trichoderma* (T14 dan T7834)

Grafik pertumbuhan *Trichoderma* T14 dan T7834 dengan metode pengukuran berat kering miselia dilakukan untuk mengetahui fase pertumbuhan *Trichoderma* T14 dan T7834 melalui berat kering miselia selama 30 hari dengan perlakuan 3 kali ulangan dan penyaringan miselia setiap 3 hari sekali. Pengukuran ini dilakukan tanpa perlakuan khusus dan ditumbuhkan pada suhu ruang selama 30 hari di dalam rotary shaker, sehingga dapat digambarkan grafik penambahan dan penurunan berat kering miselia selama 30 hari. Data hasil pengukuran berat kering miselia *Trichoderma* T14 dan T7834 yang didapatkan selama 30 hari kemudian divisualisasikan dalam bentuk grafik yang dapat dilihat pada grafik pertumbuhan 1 dan 2.



Gambar 1. Grafik Pertumbuhan T14 dan T7834

Isolat *Trichoderma* T14 mulai menunjukkan peningkatan berat kering miselium pada hari ke-3, mencapai 0,747 g. Peningkatan signifikan terjadi pada hari ke-6 dengan berat kering 1,607 g. Selanjutnya, pada hari ke-12, berat kering miselium bertambah stabil menjadi 2,083 g. Pada hari ke-24, berat kering miselium mulai menurun setiap hari hingga mencapai 1,237 g pada hari ke-30. Sementara itu, isolat *Trichoderma* T7834 menunjukkan peningkatan miselium dari hari ke-1 hingga ke-2, dengan kenaikan cepat pada hari ke-3 hingga mencapai 0,907 g. Penambahan berat kering miselium stabil terjadi pada hari ke-12 dengan 1,756 g, dan penurunan dimulai pada hari ke-21 hingga mencapai 1,027 g pada hari ke-30.

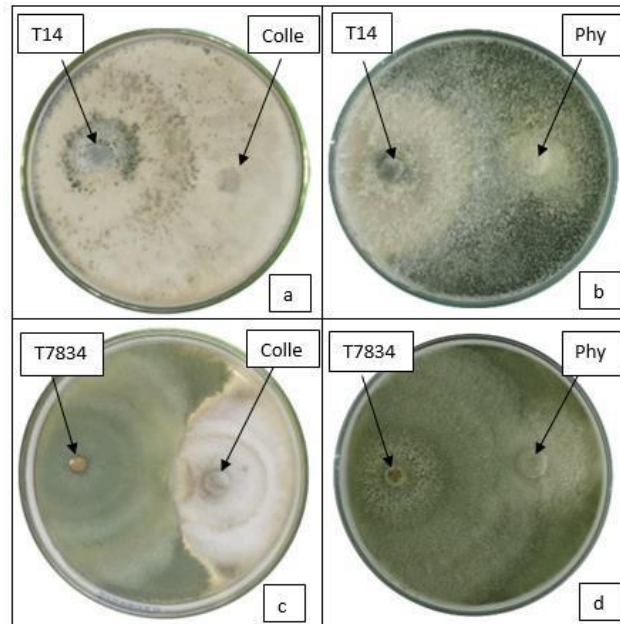
Pengamatan menunjukkan penyesuaian isolat terhadap lingkungan pada hari ke-1 hingga ke-3, sesuai dengan pendapat Moore Landecker (1996) yang menyatakan bahwa sel *Trichoderma* beradaptasi dan membentuk enzim untuk mengurai substrat dalam periode ini. Pertumbuhan pesat terlihat antara hari ke-3 dan ke-12, di mana miselium *Trichoderma* T14 dan T7834 tumbuh cepat secara konsisten. Faktor-faktor seperti pH, nutrisi medium, suhu, dan kelembaban mempengaruhi kecepatan pertumbuhan, dengan fungi membutuhkan energi tinggi pada fase ini.

Pertumbuhan melambat dan stabil terlihat pada hari ke-12 hingga ke-21, disebabkan oleh menipisnya nutrisi dalam medium dan akumulasi metabolit yang menghambat pertumbuhan. Pada hari ke-24 hingga ke-30, terjadi penurunan berat kering miselium, yang menandai fase menuju kematian. Menurut Hasanah (2018), kondisi ini terjadi karena habisnya nutrisi, berkurangnya sel hidup, serta penurunan metabolisme dan energi cadangan.

Faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan fungi meliputi pH, suhu, nutrisi, dan ketersediaan oksigen. Selama pengujian, isolat *Trichoderma* T14 dan T7834 diletakkan di rotary shaker pada 115 rpm untuk menjaga suplai oksigen. Agitasi membantu mencampur nutrisi, mentransfer oksigen, dan panas secara merata, serta mempercepat pemecahan substrat. Namun, agitasi dengan kecepatan rendah dapat menyebabkan distribusi nutrisi dan oksigen yang tidak merata, menghambat pertumbuhan fungi.

Uji Kompatibilitas *Trichoderma* (T14 dan T7834) dengan *Phytophthora* dan *Colletotrichum*

Pada pengujian kompatibilitas *Trichoderma* T14 dan *Trichoderma* T7834 dengan jamur patogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* menunjukkan adanya hubungan yang berbedadiantara keempat isolat pada Gambar 3.



Gambar 3. Uji kompatibilitas isolat *Trichoderma* T14 dan T7834 dengan jamur patogen *Phytophthora* dan *Colletotrichum*. a. Tipe kompatibilitas invasi; b. Tipe kompatibilitas invasi; c. Tipe kompatibilitas penghambatan-jarak; d. Tipe kompatibilitas invasi

Dalam uji kompatibilitas *Trichoderma* T14 dengan *Phytophthora* dan *Colletotrichum*, tidak ditemukan jarak (gap) pada pertemuan hifa, seperti terlihat pada Gambar 3 (a, b). Salah satu koloni tumbuh dominan dan menguasai nutrisi dalam media, sehingga menghambat pertumbuhan koloni lain. Hal serupa terlihat pada interaksi *Trichoderma* T7834 dengan *Phytophthora* (Gambar 3 (d)). Namun, pada interaksi *Trichoderma* T7834 dengan *Colletotrichum* (Gambar 3 (c)), terlihat adanya jarak (gap) di pertemuan hifa, menunjukkan adanya hambatan (inhibisi) di antara kedua isolat yang mengarah pada deadlock (Fadly dan Rizka, 2024). *Trichoderma* T14 terlihat lebih dominan dalam menguasai substrat, dengan spora yang tumbuh di atas hifa *Phytophthora* dan *Colletotrichum*. Hal serupa terlihat pada *Trichoderma* T7834 terhadap *Phytophthora*. Fenomena ini menunjukkan adanya hubungan antagonistik yang disebabkan oleh kompetisi substrat, yang mengarah pada deadlock.

Trichoderma memiliki kemampuan mengendalikan penyakit melalui sifat antagonistik terhadap patogen, seperti kompetisi ruang dan nutrisi, mikoparasitisme, dan antibiosis. Metabolit sekunder *Trichoderma*, seperti koninginin, viridin, dan harzianopyridone, memiliki sifat antibiotik (Vinale *et al.*, 2014). Koninginin, diisolasi dari *T. harzianum*, *T. koningii*, dan *T. aureoviride*, efektif melawan *Gaeumannomyces graminis var. tritici*, *Rhizoctonia solani*, *Phytophthora cinnamomi*, dan *Fusarium oxysporum*. Viridin adalah senyawa antijamur dari *T. koningii*, *T. viride*, dan *T. virens*, yang mencegah perkecambahan spora *Botrytis allii*, *Colletotrichum lini*, dan lainnya. Harzianopyridone, dari *T. harzianum*, ampuh melawan *B. cinerea*, *R. solani*, dan *Pythium ultimum*. Aktivitas parasitisme dan produksi gliotoksin serta viridin pada *Trichoderma viride* meningkat dalam kondisi asam (Akter *et al.*, 2019).

Trichoderma juga menghasilkan berbagai mikotoksin dan metabolit antibiotik, seperti poliketida, piron, terpene, senyawa berbasis asam amino, dan polipeptida. Paracelsin, metabolit sekunder pertama dengan aktivitas antibiotik, menghasilkan senyawa seperti alkohol, aldehida, etilen, dan gliotoksin. Enzim seperti kitinase, β -1,3-glukanase, lipase, dan protease juga dihasilkan oleh *Trichoderma* dan penting dalam pengendalian penyakit tanaman. Vinale *et al.*, (2014) melaporkan bahwa beberapa metabolit sekunder *Trichoderma* mampu menginduksi ketahanan tanaman sebagai elisor dalam mekanisme pertahanan melawan patogen. Enzim hidrolitik seperti selulase dan kitinase, yang disekresikan oleh *Trichoderma*, efektif dalam menghambat pertumbuhan patogen (Kubicek *et al.*, 2019).

Tabel 1. Hasil uji kompatibilitas isolat *Trichoderma* T14 dan T7834 dengan jamur patogen *Phytophthora* dan *Colletotrichum*

Isolat yang diuji	<i>Phytophthora sp.</i>	<i>Colletotrichum sp.</i>
<i>Trichoderma</i> T14	+	+
<i>Trichoderma</i> T7834	+	-

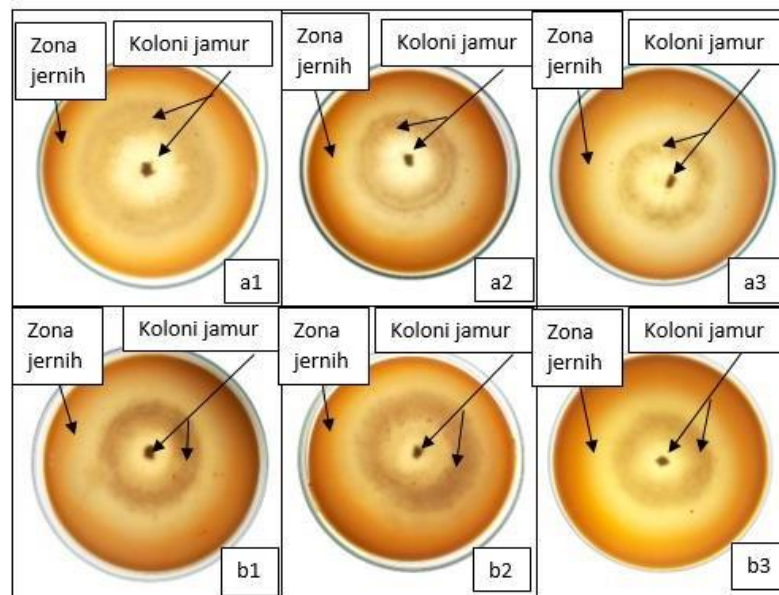
Keterangan: (-) = penghambatan-jarak, (+) = invasi

Hasil pengujian kompatibilitas dua isolat *Trichoderma* yaitu T14 dan T7834 dengan jamur patogen *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* menunjukkan bahwa kedua isolat *Trichoderma* dan jamur patogen yang diuji secara bersamaan pada medium PDA adalah tidak kompatibel antara satu isolat dengan isolat lainnya (Tabel 1). Isolat *Trichoderma* dengan isolat patogen pertumbuhan antar isolat saling menghambat. Tidak

kompatibel antar isolat jamur dan isolat patogen yang diuji dapat disebabkan ketiga isolat tersebut memiliki karakteristik antifungi yang berbeda. Interaksi yang tidak kompatibel antara isolat *Trichoderma* dan jamur patogen ditandai dengan adanya zona penghambatan, pertumbuhan yang berlebih dan penumpukan konidia disatu sisi (Gambar 3).

Uji Aktivitas Enzim Lipase dan Kitinase Pada *Trichoderma* (T14 dan T7834)

Hasil uji aktivitas enzim lipase dari kedua isolat *Trichoderma* menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* T14 dan *Trichoderma* T7834 mampu membentuk zona bening disekitar koloni dengan bobot luas zona bening pada 3 kali ulangan. Hal ini menunjukkan bahwa isolat *Trichoderma* T14 dan *Trichoderma* T7834 mampu mensekresi enzim lipase. Namun, bobot luas zona bening yang terbentuk dari kedua isolat memiliki ukuran yang berbeda. Perbedaan ukuran luas zona bening tersebut menunjukkan bahwa kedua isolat memiliki jumlah produksi enzim lipase yang berbeda-beda pada Gambar 4.



Gambar 4. Uji aktivitas enzim lipase isolat *Trichoderma* T14 dan T7834. a) Isolat *Trichoderma* T14; b) Isolat *Trichoderma* T7834

Zona jernih yang terbentuk dikarenakan enzim enzim lipase yang dihasilkan isolat *Trichoderma* T14 dan T7834 mampu menghidrolisis lipid menjadi asam lemak bebas (Nugroho *et al.*, 2022). Hal ini sesuai dengan penelitian Canseco-Perez *et al.* (2018) yang membuktikan bahwa isolat *Trichoderma* sp. mampu menghasilkan zona jernih pada uji aktivitas lipolitik ekstraseluler dan melaporkan salah satu strain *Trichoderma harzianum*

sebagai penghasil aktivitas lipolitik ekstraseluler terbaik diantara strain jamur yang dianalisis. Perbedaan bobot luas zona jernih yang terbentuk disebabkan adanya perbedaan kemampuan dalam mendegradasi substrat minyak zaitun dan tween 80 dari masing-masing isolat.

Tabel 2. Hasil Uji Aktivitas Enzim Lipase Fungi *Trichoderma* (T14 dan T7834)

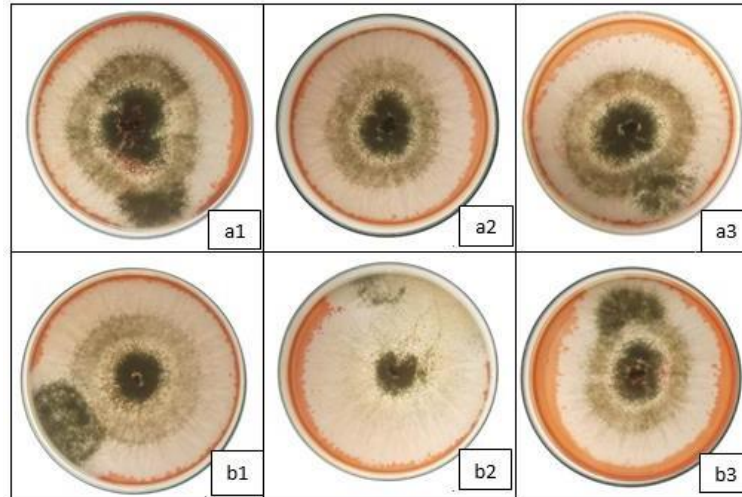
Fungi	Ulangan Ke-	Luas Koloni (Cm ²)	Luas Zona Bening (Cm ²)	Indeks Enzimatis (IE)	Rata-rata IE
<i>Trichoderma</i> (T14)	1	16,66	45,16	1,70	1,55
	2	16,58	41,37	1,49	
	3	17,58	43,08	1,45	
<i>Trichoderma</i> (T7834)	1	15,54	46,08	1,96	1,50
	2	21,45	47,37	1,20	
	3	15	35,04	1,33	

Tabel 2 menunjukkan hasil perhitungan Indeks Enzimatis (IE) menggunakan metode gravimetri, di mana *Trichoderma* T14 memiliki rata-rata indeks enzimatis lipase tertinggi sebesar 1,551 dibandingkan dengan *Trichoderma* T7834. Uji aktivitas lipolitik menunjukkan bahwa indeks enzimatis kedua isolat tersebut bervariasi. Indeks enzimatis dipengaruhi oleh dua faktor utama: faktor eksternal, seperti pH, suhu, tekanan osmotik, kelembapan, nutrisi, dan media; serta faktor internal, seperti perbedaan ekspresi gen isolat masing-masing. Enzim ekstraseluler terus diproduksi selama substrat (induser) tersedia dalam media, menyebabkan zona jernih yang lebih luas dari koloni (Irawan, 2016).

Uji aktivitas enzim kitinase pada kedua isolat *Trichoderma* menunjukkan bahwa *Trichoderma* T14 dan T7834 tidak menghasilkan enzim kitinase dengan metode gravimetri. Meski mampu mensekresi enzim kitinase pada media yang mengandung koloidal kitin, kedua isolat ini tidak membentuk zona jernih di sekitar koloni. Hal ini disebabkan oleh represi katabolit, karena media PDA yang digunakan mengandung glukosa. Kehadiran glukosa menekan ekspresi operon yang mengkode enzim untuk memecah kitin, sehingga zona jernih tidak terbentuk.

Represi katabolit adalah mekanisme yang mengatur ekspresi gen metabolisme karbon berdasarkan ketersediaan sumber karbon, memungkinkan sel memprioritaskan sumber karbon yang lebih efisien seperti glukosa. Ketika glukosa tersedia, konsentrasi cAMP dalam sel rendah, sehingga kompleks cAMP-CAP tidak terbentuk, menghambat RNA polimerase berikatan dengan promoter dan menurunkan ekspresi gen operon seperti lac.

Jika glukosa rendah, cAMP meningkat, menandakan sel menggunakan sumber karbon alternatif. Mekanisme ini membantu fungi menghemat energi dan sumber daya, meningkatkan kelangsungan hidup di lingkungan kompetitif. Hasil uji aktivitas enzim kitinase ditampilkan pada Gambar 5.



Gambar 5. Uji aktivitas enzim kitinase isolat *Trichoderma* T14 dan T7834. a) Isolat *Trichoderma* T14; b) Isolat *Trichoderma* T7834

Aktivitas enzim kitinase terjadi karena enzim kitinase yang menghidrolisis pada ikatan β -1,4-glikosidik kitin menjadi N-asetil-glukosamin. Hal ini sesuai dengan penelitian Loc *et al.* (2020) yang melaporkan bahwa genus *Trichoderma* memiliki aktivitas kitinase dan spesies *T. asperellum* PQ34 dapat menghambat pertumbuhan *Colletotrichum sp.* Pada penelitian ini, uji aktivitas kitinolitik menggunakan substrat berupa kolidal kitin. Substrat kitin yang digunakan dalam bentuk kolidal mampu menghasilkan N-asetil-glukosamin sebesar 86% dibandingkan dengan substrat lainnya. Selain itu, kolidal kitin diduga memiliki kerapatan rendah antar ikatan kitin yang mengakibatkan enzim kitinase lebih mudah berinteraksi mengikat substrat pada ikatan β -(1,4) glikosida, karena pada dasarnya kitin memiliki struktur yang kompak dan rapat sehingga mengakibatkan berkurangnya kemampuan interaksi enzim kitinase dan substrat kitin tanpa modifikasi.

SIMPULAN

Dari hasil penelitian, pertumbuhan isolat *Trichoderma* (T14 dan T7834) menunjukkan fase penyesuaian pada hari ke-3, peningkatan berat miselium pesat

antara hari ke-3 hingga hari ke-12, kemudian berlanjut ke fase pertumbuhan stabil dari hari ke-12 hingga hari ke-21, diikuti penurunan berat miselium dari hari ke-24 hingga hari ke-30. *Trichoderma* T14 terbukti efektif dalam menghambat pertumbuhan *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.*, sementara *Trichoderma* T7834 hanya efektif terhadap *Phytophthora sp.* sehingga kurang optimal sebagai agen biokontrol untuk *Colletotrichum sp.* Kedua isolat hanya menghasilkan enzim lipase, yang mengindikasikan potensi mereka sebagai kandidat agen biokontrol antipatogen melalui aktivitas enzim lipolitiknya terhadap *Phytophthora sp.* dan *Colletotrichum sp.* secara in vitro.

DAFTAR PUSTAKA

- Canseco-Perez, M. A., G. M. Castillo-Avila., B. Chi-Manzenaro., M. M. Apolinar. (2018). Fungal Screening on Olive Oil for Extracellular Triacylglycerol Lipases: Selection of a *Trichoderma harzianum* Strain and Genome Wide Search for the Genes. *Genes (Basel)*, 9(2), 62.
- Fadly, F., Rizka, M. (2024). Kompatibilitas *Trichoderma harzianum* Terhadap Berbagai Bahan Aktif Herbisida. *Jurnal Biologi Makassar*, 9(2), 50-56.
- Ferreira, F.V., M. A. Musumeci. (2021). *Trichoderma* as biological control agent: scope and prospects to improve efficacy. *World Journal of Microbiology and Biotechnology*, 37(5), 1-17.
- Ferdiansyah, M., Nasution, J., & Lubis, R. (2020). Analisa Antifungal Ekstrak Etanol Biji Alpukat Terhadap Pertumbuhan Jamur *Colletotrichum sp.* pada Cabai Rawit (*Capsicum Frutescens*). *Jurnal Ilmiah Biologi UMA (JIBIOMA)*, 2(1), 1-7.
- Firmansyah, R., Nampiah, S., Utut, W. S., Sukarno, Wendi, N.F. (2024). Isolasi, Identifikasi, dan Produksi Miselia *Rhizopus sp.* Berkadar Asam Nukleat Rendah untuk Pengembangan Mikroprotein. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia (JIPI)*, 29(2), 179-186.
- Gusmaryana, T. (2018). Pengujian Dekomposisi Kultur Murni Dan Pengaruh Inokulum Fungi *Aspergillus tubingensis* R. Mosseray Pada Pengomposan Serasah Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr.) (Skripsi). Bandar Lampung: Universitas Lampung.
- Hasanah, Uswatun. (2018). Kurva Pertumbuhan Jamur Endofit Antijamur *Candida* Dari Tumbuhan Raru (*Cotylebium melanoxydon*) Genus *Aspergillus*. *Jurnal Biosains*, 4(2), 102-107.
- He, D.C., M.H. He., D. M. Amalin., W. Liu., D. G. Alwindia., J. Zhan. (2021). Biological control of plant diseases: An evolutionary and eco-economic consideration. *Pathogens*, 10(10).
- Irawan, Bambang. (2016). Diktat Mikologi. Universitas Lampung: Bandar Lampung.
- Irwan, A. W., F. Y. Wicaksono. (2017). Perbandingan Pengukuran Luas Daun Kedelai Dengan Metode Gravimetri, Regresi, dan Scanner. *Jurnal Kultivasi*, 16(3), 425-429.
- Liu, X., W. Min, S. Mei, L. Wang, S. Jiang. (2021). Plant Disease Recognition: A Large-Scale Benchmark Dataset and a Visual Region and Loss Reweighting Approach. *IEEE Transactions on Image Processing*, 30, 2003-2015.
- Loc, N. G., Nguyen, D. H., Hoang, T. Q., Tran, T. L., Tran, T. T. H. (2020). Characterisation and Antifungal Activity of a Extracellular Chitinase from A Biocontrol Fungus *Trichoderma asperellum* PQ34. *Mycology*, 11(1), 38-48.
- Mirza, R. Y., Rizka A. F., Utami S. H., Sitorismi. P. (2017). Identifikasi Uji Kemampuan Hidrolisis Lemak dan Penentuan Indeks Zona Bening Asam Laktat Pada Bakteri dalam Wadi Makanan Tradisional Kalimantan Tengah. *Jurnal Bionature*, 18(2), 87-98.
- Nugroho, S.A., R. Wardana., T. Fatimah., L. Mastuti., I. L. Novenda. (2022). Hidrolisis Lemak oleh Enzim Lipase Pada Tanaman Jarak Pagar (*Jatropha curcas*). *Jurnal Biologi dan Pembelajaran Biologi*, 7(1), 81-89.
- Pandit, M. A., J. Kumar, S. Gulati, N. Bhandari, P. Mehta, R. Kalyal, C. D. Rawat, V. Mishra, J. Kaur. (2022). Major Biological Control Strategies for Plant Pathogens. *Pathogens*, 11(2), 1-21.

- Sanothan, A., V.B. Montong, M. Lengkong. (2023). Uji Antagonis Jamur *Trichoderma* sp. terhadap Penyakit Antraknosa *Colletotrichum* sp. pada Tanaman Cabai Keriting *Capsicum annum* L. di Laboratorium. *Jurnal Entomologi dan Fitopatologi*, 3(1), 15-23.
- Sudin, Rieny, S., Rita, M.H. (2020). Penapisan dan Pola Pertumbuhan Bakteri Kitinolitik dari Cangkrang Rajungan (*Portunus pelagicus*). *Jurnal Jambura Fish Processing*, 2(1), 36-45.
- Tilocca, B., A. Cao, Q. Migheli. (2020). Scent of a Killer: Microbial Volatilome and Its Role in the Biological Control of Plant Pathogens. *Frontiers in Microbiology*, 11, 41.
- Wang, H., R. Zhang, Y. Duan, W. Jiang, X. Chen, X. Shen, C. Yin, Z. Mao. (2021). The Endophytic Strain *Trichoderma asperellum* 6s-2: An Efficient Biocontrol Agent Against Apple Replant Disease in China and A Potential Plant Growth Promoting Fungus. *Journal of Fungi*, 7(12), 1050.
- Yadav, M., Manish, K.D., Ram, U. (2021). Systemic Resistance in Chilli Pepper Against Anthracnose (caused by *Colletotrichum truncatum*) Induced by *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma asperellum* and *Paenibacillus dendritiformis*. *Journal of Fungi*, 7(307), 307.