

**Potensi *Mucor* sp. dan *Trichoderma* sp. dari
Rhizosfer di Kecamatan Kedu sebagai Agens
Pengendali Hayati Entomopatogen**

*Potential of *Mucor* sp. and *Trichoderma* sp. from the
Rhizosphere in Kedu Subdistrict as Entomopathogenic
Bio Control Agents*

Hagni Aratri¹, Miskha Rahma Juwita², Zuniar³
^{1,2,3} LPHP Wilayah Kedu, 2) Departemen HPT UGM

Info Artikel

Diterima : 10 November 2025
Direvisi : 5 Desember 2025
Disetujui: 24 Desember 2025

Kata kunci:

Entomopatogen
Mucor sp.
Pengendalian hayati
Rhizosfer
Trichoderma sp.

Keywords:

Biocontrol
Entomopathogenic
Mucor sp.
Rhizosfer
Trichoderma sp.

Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan calon kandidat agens pengendali hayati (APH) entomopatogen yang berasal dari daerah sekitar perakaran tanaman. Jenis entomopatogen dari kelompok jamur yang telah teruji efektif untuk pengendalian hama dan umum digunakan adalah *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*. Namun demikian kedua jenis entomopatogen ini relatif sulit dikembangkan secara massal oleh petani sebagai pengguna. Sementara penelitian terkait potensi jamur di sekitar perakaran selain *B. bassiana* dan *M. anisopliae* masih jarang dilakukan di Indonesia. Metode yang digunakan adalah eksplorasi, isolasi dan identifikasi, yang dilanjutkan dengan uji mutu entomopatogen yang didapatkan meliputi uji kerapatan konidium, uji viabilitas konidium, uji hipersensitifitas dan uji patogenitas. Hasil penelitian berhasil mendapatkan jamur entomopatogen yang efektif untuk pengendalian hama terutama dari ordo Coleoptera, yaitu *Mucor* sp. dan *Trichoderma* sp. Analisis Anova pada uji patogenitas menunjukkan bahwa *Mucor* sp. maupun *Trichoderma* sp. berpengaruh signifikan terhadap mortalitas ulat hongkong sebagai indikator, dengan LD50 2 ml dan LT 1 hari pada *Mucor* sp. dan LD50 2 ml dan LT 2 hari pada *Trichoderma* sp. Penelitian ini menunjukkan bahwa kedua jenis jamur entomopatogen tersebut berpotensi sebagai pengendali hama untuk mendukung pertanian berkelanjutan dan ramah lingkungan. Selain itu penelitian juga memberikan perspektif baru terhadap jamur *Trichoderma* sp. yang selama ini dikenal sebagai jamur antagonis untuk penyakit tumbuhan, dapat digunakan sebagai entomopatogen.

Abstract

The objective of this study was to obtain potential candidates of entomopathogenic biological control agents (BCAs) originating from the rhizosphere zone of cultivated plants. Beauveria bassiana and Metarhizium anisopliae have been commonly used and proven effective for pest control. However, these entomopathogens are relatively difficult for farmers to mass produce in the field. Meanwhile, studies exploring the potential of rhizosphere-associated fungi other than B. bassiana and M. anisopliae remain limited in Indonesia. The research involved a systematic approach consisting of exploration, isolation, and identification of entomopathogenic fungi, followed by quality assessments, including conidial density testing, viability testing, hypersensitivity

Corresponding Author:
Hagni Aratri
hagniaratri@gmail.com
082326400055

reaction assays, and pathogenicity tests. The results successfully identified two effective entomopathogenic fungal species, *Mucor* sp. and *Trichoderma* sp., with high potential for the control of insect pests, particularly from the order Coleoptera. Pathogenicity tests using *Tenebrio molitor* larvae (mealworm) as bioindicator showed that both fungal isolates had statistically affected larval mortality, confirmed by Statistical analysis using ANOVA which showed that *Mucor* sp. and *Trichoderma* sp. had a significant effect ($p < 0.05$) on larval mortality, with *Mucor* sp. exhibiting an LD_{50} of 2 mL and an LT_{50} of 1 day, while *Trichoderma* sp. showed an LD_{50} of 2 mL and an LT_{50} of 2 days. These findings indicate that *Mucor* sp. and *Trichoderma* sp. are promising candidates for development as biological control agents, and may be effectively integrated into sustainable pest management strategies. The study provides new perspective of *Trichoderma* which is commonly used as antagonistic fungi for plant disease, to be entomopathogenic fungi.

PENDAHULUAN

Kelompok serangga hama dapat menyebabkan kerugian panen yang signifikan, baik melalui kerusakan langsung pada tanaman maupun melalui penularan penyakit tanaman (Yactayo-Chang *et al.*, 2020). Pada tahun 2024, data yang dirilis oleh BBPOPT Jatisari menyebutkan bahwa serangan hama utama pada tanaman padi meliputi Penggerek Batang Padi, Tikus dan Wereng Batang Coklat. Selain itu terdapat penyakit Tungro yang penyebarannya dibantu oleh Wereng Hijau. Kejadian serangan hama Penggerek Batang Padi di Jawa Tengah Tahun 2024 mencapai 4.575,24 hektar sedangkan hama Wereng Batang Coklat mencapai 501,94 hektar (BBPOPT, 2024) dengan potensi kehilangan hasil dapat mencapai 30-90% apabila tidak dilakukan tindakan pengendalian. Pada umumnya, untuk menekan populasi hama para petani mengandalkan penggunaan pestisida kimia secara luas dan intensif. Namun, pendekatan ini telah menimbulkan berbagai permasalahan serius, seperti resistensi hama, keselamatan pengguna, kesehatan konsumen, serta risiko pencemaran lingkungan (Sari, *et al.*, 2024).

Menanggapi tantangan tersebut, pendekatan alternatif berbasis pengendalian hayati semakin mendapat perhatian, salah satunya dengan pemanfaatan entomopatogen. Entomopatogen merupakan mikroorganisme

yang hidup sebagai parasit dan dapat menimbulkan penyakit pada serangga (Prayogo, 2024), dapat berasal dari kelompok jamur, bakteri maupun nematoda. Entomopatogen dianggap lebih baik daripada insektisida sintesis karena aman bagi manusia, berkelanjutan bagi lingkungan dan spesifik target, selain lebih murah dalam jangka panjang dan efek residu yang rendah (Sharma, *et al.* 2023).

Beberapa jenis entomopatogen yang telah dimanfaatkan secara umum sebagai pengendali hama antara lain adalah *Beauveria bassiana*, *Lecanicillium lecanii*, *Aschersonia aleyrodis* (Prayogo, 2024), *Metarhizium anisopliae* (Ain *et al.*, 2021). *Beauveria bassiana* memiliki kisaran hama sasaran yang luas mencakup serangga dari ordo Homoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Isoptera, Diptera dan Coleoptera (Prayogo, 2024)

Prospek penggunaan jamur entomopatogen cukup luas, meskipun demikian, entomopatogen yang banyak dikenal dan dikembangkan oleh kalangan petani adalah *Beauveria bassiana*; dan *Metarhizium* sp. (Pedrini, 2022). Tantangan yang dihadapi dalam pengembangan massal adalah tingkat efektifitas dan daya tahan biopestisida *Beauveria bassiana* (Wahjono, 2024). Selain itu kedua jenis jamur entomopatogen tersebut lebih sensitif terhadap media dan kontrol proses serta konsistensi spora yang rendah.

Eksplorasi terhadap potensi jamur entomopatogen yang berasal dari daerah perakaran selain *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* masih jarang dilakukan di Indonesia. Penelitian terkini menyebutkan bahwa fungi dari jenis *Mucor* sp. maupun *Trichoderma* sp. yang selama ini dikenal sebagai agen antagonis untuk penyakit tumbuhan, juga mampu menunjukkan fungsi sebagai entomopatogen. Studi yang dilakukan oleh Zhu, et.al. 2022 menemukan bahwa *Mucor hiemalis* yang diisolasi dari larva *Bradysia odoriphaga* mempunyai kemampuan patogenitas terhadap telur dan larva *Bradysia odoriphaga*. Mekanisme patogenitas *Mucor hiemalis* pada *Bradysia odoriphaga* atau lalat jamur adalah dengan mempengaruhi proses pencernaan serangga, respon antioksidan dan ketahanan tubuh serangga (Zhu et.al., 2023). *Mucor* sp. diketahui mampu menyebabkan kematian pada nyamuk *Aedes aegypti* (Supriyanto, 2019). Selanjutnya terkait *Trichoderma*, penelitian Sidabutar, 2022 menunjukkan bahwa penggunaan jamur *Trichoderma viride* menimbulkan mortalitas pada larva kumbang tanduk sangat tinggi (91,67%) dengan LT 15 hari. *Trichoderma harzianum* dan *Trichoderma asperellum* mampu menurunkan populasi *aphids* dan kutu putih pada tanaman timun, dilaporkan mampu menyebabkan kematian pada larva ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (Ferreira & Musumeci, 2021 dalam Ramzan, 2023).

Upaya pengembangan entomopatogen berupa cendawan maupun bakteri di tingkat petani telah banyak diinisiasi oleh berbagai lembaga, seperti Dinas Pertanian maupun Perguruan Tinggi, dengan maksud untuk memperoleh bahan pengendali hayati secara mudah dan murah sehingga dapat mengurangi ketergantungan terhadap pestisida kimia dan dapat mendorong pertanian yang ramah lingkungan. Selanjutnya, untuk mendapatkan isolat entomopatogen spesifik lokasi perlu dilakukan eksplorasi. Berdasarkan latar belakang tersebut, hipotesis pada penelitian ini adalah terdapat jamur entomopatogen selain

Beauveria bassiana dan *Metarhizium anisopliae* memiliki potensi sebagai agens pengendali hama (APH).

METODE PENELITIAN

Penelitian dilakukan di Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Wilayah Kedu pada bulan April - Mei 2025. Dilakukan dalam 3 tahapan, yaitu eksplorasi, isolasi dan identifikasi entomopatogen, serta uji mutu entomopatogen. Uji mutu dilakukan dengan metode *Conformance Test* terhadap Standar Nasional Indonesia (SNI) 8027.1:2014 tentang Agens Pengendali Hayati *Trichoderma* spp., Standar Nasional Indonesia (SNI) 8027.1:2014 tentang Agens Pengendali Hayati *Beauveria bassiana*. Desain pengulangan terhadap sampel APH yang didapat dilakukan sebanyak 3 kali (*triplo*).

Eksplorasi Entomopatogen

Eksplorasi entomopatogen dilakukan dengan metode *baiting insect* dengan menggunakan umpan serangga ulat hongkong (*Tenebrio molitor*) yang sudah dimodifikasi mengacu metode yang digunakan oleh Risdiyanti, 2022. Penggunaan *Tenebrio molitor* untuk isolasi jamur entomopatogen dipertimbangkan karena sensitivitas serangga tersebut cukup tinggi terhadap infeksi jamur.

Sampel tanah diambil dari lahan pertanaman padi, jagung dan kol masing masing di Desa Gondangwayang, Desa Ngadimulyo dan Desa Salamsari, Kecamatan Kedu. Pengambilan sampel dilakukan secara acak dengan metode zig zag. Selanjutnya sampel tanah dibersihkan dari kotoran dan akar tumbuhan dan dikomposit, kemudian dimasukkan ke dalam kotak plastik. Masing-masing kotak diisi 500 g tanah. Sampel tanah dilembabkan menggunakan air steril kemudian dimasukkan sebanyak 25 ekor larva ulat hongkong yang sudah berganti ganti kulit (*moulting*), selanjutnya kotak ditutup. Sampel tanah yang sudah berisi larva *T. molitor* diinkubasi selama 1 minggu pada suhu ruang di dalam ruang gelap. Sampel tanah dalam wadah

disemprot dengan aquades untuk meningkatkan kelembaban sehingga cendawan mampu membentuk tabung kecambah dan melakukan penetrasi ke lapisan kutikula serangga.

Isolasi dan Identifikasi Entomopatogen

Ulat hongkong hasil inkubasi yang terindikasi mati karena jamur entomopatogen disterilisasi permukaan dengan alkohol 70% dan dibelah, dipotong kecil-kecil, selanjutnya potongan tubuh ulat bagian tengah diinkubasi kedalam media PDA selama 1 minggu. Jamur yang tumbuh pada media PDA dimurnikan dan diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis.

Ulat hongkong hasil inkubasi yang terindikasi terserang nematoda diisolasi dalam cawan petri selama 3 hari, selanjutnya diekstraksi dan diinkubasikan selama 9 hari dan dilakukan pemanenan serta identifikasi jenis nematoda dengan menggunakan mikroskop.

Uji Mutu Entomopatogen

Pengujian mutu Agens Pengendali Hayati (APH) jamur entomopatogen dilakukan berdasarkan persyaratan mutu yang tercantum dalam Standar Nasional Indonesia (SNI) 8027.1:2014 tentang Agens Pengendali Hayati *Beauveria bassiana* dan Standar Nasional Indonesia (SNI) 8027.1:2014 tentang Agens Pengendali Hayati *Trichoderma* spp. yang meliputi beberapa jenis uji sebagaimana disajikan dalam Tabel 1. Hasil pengujian dibandingkan dengan standar mutu APH pada Tabel 1. Apabila hasil pengujian memenuhi standar tersebut, maka jamur entomopatogen yang ditemukan dinyatakan berpotensi dan layak untuk dikembangkan sebagai pengendali hama.

Tabel 1. Standar Uji Mutu APH

Parameter	Satuan	Nilai
Kerapatan konidium	per ml	$\geq 10^6$
Viabilitas konidium	%	≥ 60
Patogenisitas terhadap serangga uji	per ml	$\geq 10^6$

Parameter	Satuan	Nilai
LD50	hari	≤ 4
LT 50		
Patogenitas terhadap tanaman tembakau	-	negatif

Sumber: BSN, 2014

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil penelitian ini menunjukkan 2 (dua) kelompok entomopatogen yang menginfeksi dan menyebabkan kematian ulat hongkong pada masing-masing sampel tanah, yaitu jamur dan nematoda. Sejalan dengan penelitian terdahulu bahwa rhizosfer merupakan ruang hidup bagi kedua jenis entomopatogen tersebut. Adapun nematoda yang ditemukan mempunyai ciri tubuh ramping, bentuk kepala rata, stoma berbentuk corong pendek dan lebar, tipe *stylet odontostylet*, serta ekor runcing dan lurus sesuai dengan deskripsi oleh Baniya *et.al.*, (2024), Erdiyansyah (2024).

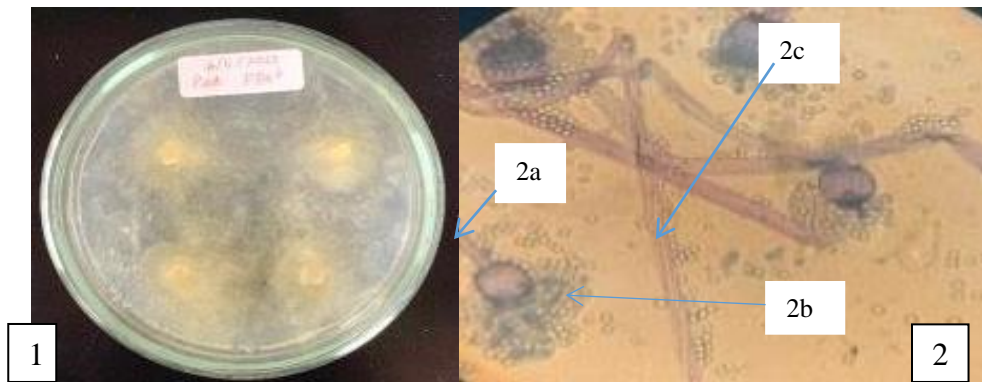
Meskipun nematoda entomopatogen terbukti efektif dalam pengendalian hama secara hayati (Shapiro-Ilan, Lewis Edwin, 2024), namun prospek pengembangan di tingkat lapang, dalam hal ini petani sebagai pengguna teknologi masih mengalami kendala, antara lain teknologi untuk perbanyak massal yang aman dan relatif sederhana belum tersedia, serta kendala dalam penyimpanan dan distribusi tanpa mengurangi viabilitas nematoda. Dalam penelitian ini penulis memilih fokus terhadap jamur entomopatogen yang mudah dikembangkan dan diaplikasikan secara mandiri oleh petani, sehingga entomopatogen dari jenis nematoda tidak dilakukan uji lanjut.

Hasil eksplorasi pada penelitian ini menghasilkan 4 (empat) jenis jamur entomopatogen, dua diantaranya merupakan isolat dominan, yang ditemukan pada setiap sampel tanah, sehingga dipilih untuk uji lanjut berupa uji mutu APH. Kedua jenis jamur teridentifikasi sebagai *Mucor* sp., dan *Trichoderma* sp. Munculnya *Mucor* sp. Sebagai isolat dominan memiliki arti penting

karena sebelumnya jenis ini lebih dikenal sebagai saprofit dan biodekomposer, sekaligus mengkonfirmasi beberapa penelitian terbaru akan potensi *Mucor* sp. sebagai entomopatogen (Zhu, et. al, 2022 dan Zhu,2023).

Jamur *Mucor* sp. yang ditemukan pada penelitian ini mempunyai ciri pertumbuhan yang cepat pada media PDA dengan miselium berwarna putih dan selanjutnya pada hari ke-

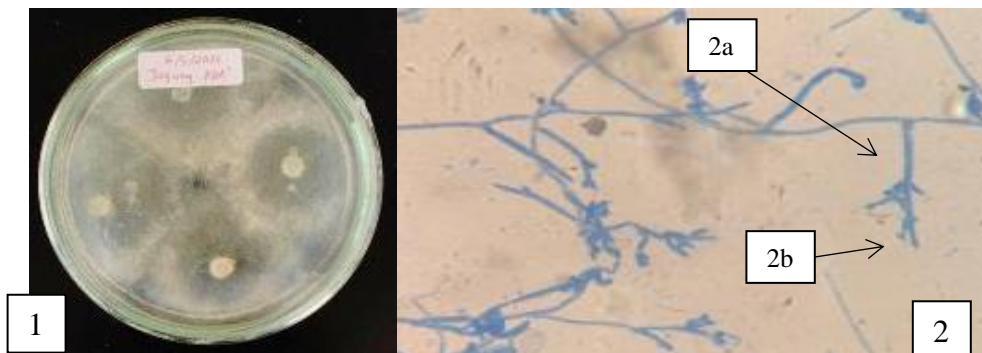
3 berangsur menjadi kekuningan. Sebagaimana dilaporkan oleh Izzatinnisa (2020) ciri khas *Mucor* sp. pada media PDA berupa warna koloni putih semburat kuning, permukaan koloni berserabut, hifa tidak berseptat, sporangium berbentuk bulat dan spora berbentuk bulat dengan warna transparan. Ciri tersebut sesuai dengan hasil penelitian yang ditunjukkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Karakter morfologi *Mucor* sp. kultur pada media PDA 1; sporangiofor 2a.; spora 2b; hifa 2d; (mikroskopis 40x, 10x)

Karakter morfologi *Trichoderma* sp. yang ditemukan dalam penelitian ini ditunjukkan dengan koloni berwarna putih, membentuk lingkaran dengan permukaan berwarna hijau dan memiliki batas yang jelas antar tepi koloni.

Secara makroskopis konidiofor tegak lurus, bercabang, hialin, serta konidia berbentuk oval, fialid, tunggal, pendek dan tebal, sesuai dengan hasil identifikasi Molebila, 2020



Gambar 2. Karakter morfologi *Trichoderma* sp kultur pada media PDA 1; konidiofor 2a; konidia 2b

Kedua jenis jamur yang berhasil diisolasi selanjutnya dianalisis untuk mengetahui potensi isolat yang diperoleh serta memastikan keunggulannya secara biologis sebagai agens pengendali hayati. Parameter mutu yang

digunakan dalam evaluasi meliputi kerapatan konidium, viabilitas konidium, uji hipersensitivitas, dan uji patogenitas. Hasil pengujian ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil Uji Mutu Jamur Entomopatogen

Parameter	<i>Mucor sp.</i>	<i>Trichoderma sp.</i>	standart mutu
Kerapatan Konidium (per mL)	3 x 10 ⁸	7,5 x 10 ⁶	≥ 10 ⁶
Viabilitas (%)	95,94	93,73	≥ 60
Uji hipersensitivitas	negatif	negatif	negatif
Patogenitas			
LD 50	2 ml	2 ml	≥ 10 ⁶
LT 50	1 hari	2 hari	≤ 4

Sumber: Data Primer, 2025

Hasil uji kerapatan konidium menunjukkan bahwa kedua jenis jamur mempunyai jumlah kerapatan konidium yang melebihi standar minimal mutu APH sebesar 10⁶/ mL, yaitu 3 x 10⁸ konidium/mL untuk *Mucor sp.* dan 7,5 x 10⁶ konidium/mL untuk *Trichoderma sp.* Uji viabilitas keduanya juga menunjukkan bahwa kedua isolat mempunyai viabilitas jauh di ambang batas mutu APH yaitu 95,94% dan 93,73%. Temuan ini sejalan dengan penelitian terdahulu terkait jamur entomopatogen, yang menekankan pentingnya kerapatan dan viabilitas konidium untuk meningkatkan kemampuan infeksi terhadap hama sasaran.

Uji hipersensitifitas yang dilakukan dengan indikator tanaman tembakau menunjukkan bahwa perlakuan *Mucor sp.* maupun *Trichoderma sp.* tidak menimbulkan gejala bercak maupun layu pada tanaman dalam waktu 3 x 24 jam, sehingga disimpulkan bahwa uji hipersensitivitas negatif. Hal ini didukung oleh penelitian Amaria, et.al, 2022 yang

menjelaskan bahwa mikroorganisme yang tidak menimbulkan reaksi hipersensitivitas menunjukkan bahwa organisme tersebut tidak dianggap sebagai patogen tanaman. Reaksi hipersensitivitas ditandai dengan munculnya gejala nekrotik pada jaringan tanaman uji.

Uji patogenesitas dilakukan dengan menggunakan suspensi *Mucor sp.* dan *Trichoderma sp.* untuk diaplikasikan pada ulat hongkong dengan perbedaan konsentrasi 0,5 ml, 1 ml, dan 2 ml untuk kemudian dihitung mortalitasnya. Sudiarta *et al.* (2024), mengatakan bahwa ciri umum serangga yang terserang jamur entomopatogen adalah tubuh kaku, gelisah, aktivitas menurun, penurunan nafsu makan, kehilangan koordinasi, cenderung bergerak ke tempat yang lebih tinggi menjauh dari permukaan tanah, serta ditumbuhi spora jamur.

Dalam penelitian ini, perlakuan jamur dengan volume aplikasi juga dianalisis Anova, dengan hasil seperti tertera pada Tabel 3.

Tabel 3. Analisis Anova Mortalitas Ulat Hongkong perlakuan Suspensi Jamur Entomopatogen

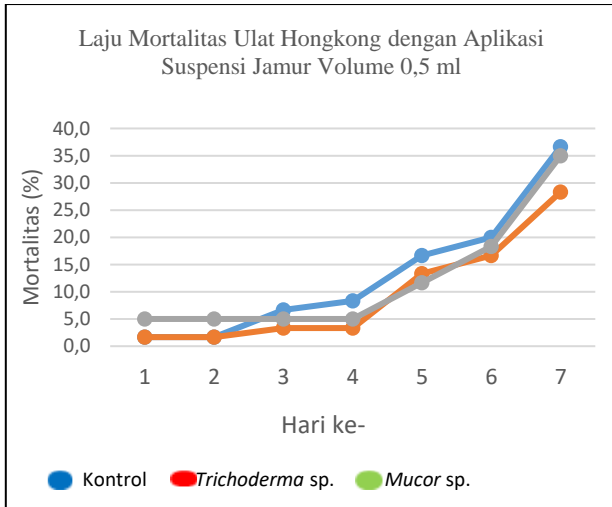
Source of Variation	SS	df	MS	F	P-value	F crit
Volume (V)	16080,97	2	8040,487	55,14033	8,99E-14	3,168246
Perlakuan (P)	3541,027	2	1770,514	12,14189	4,42E-05	3,168246
V * P	4953,483	4	1238,371	8,492541	2,17E-05	2,542918
Within	7874,206	54	145,8186			
Total	32449,69	62				

Sumber: Data Primer, diolah

Dari Tabel 3 tersebut dapat terlihat bahwa volume perlakuan maupun jenis entomopatogen berpengaruh signifikan terhadap mortalitas ulat hongkong. Demikian pula dengan interaksi

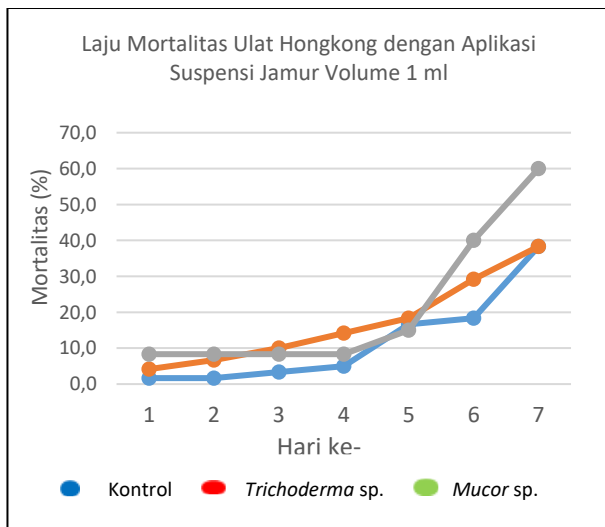
antar keduanya, yang ditunjukkan dengan nilai P-value lebih kecil dari 0,05.

Selanjutnya untuk memperjelas hasil uji patogenitas pada serangga uji, ditunjukkan dengan menggunakan Grafik Laju Mortalitas.

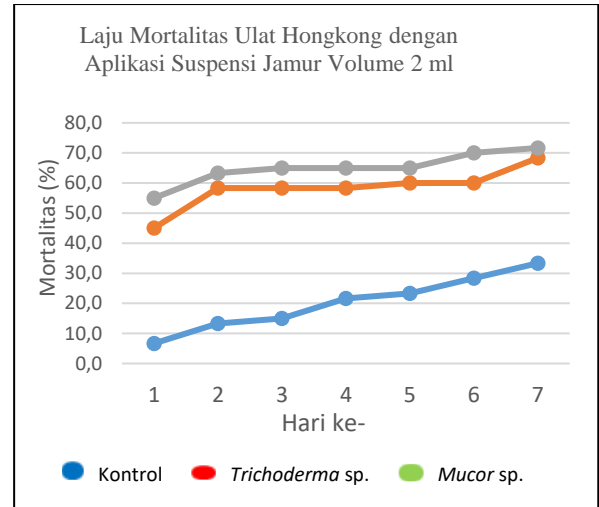


Gambar 3. Grafik Laju Mortalitas Serangga Uji Pada Aplikasi Suspensi Jamur 0,5 mL

Dari grafik pada Gambar 3 diketahui bahwa aplikasi suspensi kedua jenis jamur sebanyak 0,5 mL pada serangga sasaran belum dapat memberikan hasil optimal LD50. Sedangkan pada aplikasi volume suspensi 1 mL, kematian ulat hongkong tercapai pada hari ke-7 untuk jenis *Mucor* sp. Sedangkan untuk *Trichoderma* sp. Belum dapat mencapai LD50 hingga hari ke-7 (LT 7) sehingga tidak memenuhi standar yang dipersyaratkan yaitu $LT \leq 4$.



Gambar 4. Grafik Laju Mortalitas Serangga Uji Pada Aplikasi Suspensi Jamur 1,0 mL



Gambar 5. Grafik Laju Mortalitas Serangga Uji Pada Aplikasi Suspensi Jamur 2,0 mL

Hasil pengujian penambahan suspensi jamur sebanyak 2 mL menunjukkan bahwa isolat *Mucor* sp. mampu mengakibatkan kematian ulat hongkong pada hari pertama (LT 1), sementara pada *Trichoderma* sp. kematian ulat hongkong tercapai pada LT 2 hari. Hasil pengujian menunjukkan bahwa penambahan suspensi jamur sebanyak 2 mL menyebabkan isolat *Mucor* sp. mampu menimbulkan kematian ulat hongkong pada hari pertama pengamatan LT 1, sedangkan pada perlakuan *Trichoderma* sp. kematian ulat hongkong baru terjadi pada LT 2. Perbedaan waktu kematian tersebut berkaitan dengan jumlah konidium yang diaplikasikan, dimana volume suspensi yang lebih besar mengandung konidium dalam jumlah lebih tinggi sehingga meningkatkan peluang infeksi terhadap serangga sasaran.

Berdasarkan hasil analisis tersebut, didapati bahwa perlakuan yang paling efektif dalam menyebabkan mortalitas ulat hongkong adalah *Mucor* sp. dengan LD50 2 mL dan kerapatan konidium 3×10^8 konidium/mL dan LT 1 hari. Hal tersebut sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Sepasi *et al.* (2023) yang menyatakan bahwa *Mucor* sp. yang merupakan jamur berfilamen yang sering ditemukan di tanah dan tanaman yang membusuk dan dapat

menyebabkan 50% mortalitas pada larva *Coleoptera*.

Selain pertumbuhannya yang cepat, mekanisme infeksi oleh jamur *Mucor* sp. juga menjadi salah satu faktor yang menyebabkan mortalitas serangga tinggi. *Mucor* sp. dapat menyebabkan kematian pada serangga lebih cepat dibandingkan dengan jamur entomopatogen lainnya. Infeksi oleh *Mucor* sp. pada larva serangga dapat menurunkan konsumsi pakan yang berdampak pada penurunan kandungan nutrisi tubuh seperti karbohidrat, protein, dan lipid. Selain itu, infeksi ini juga dapat menyebabkan gangguan dan penurunan aktivitas enzim pencernaan, seperti lipase, protease, dan α -amilase, terutama seiring dengan meningkatnya kerapatan spora dan lamanya waktu infeksi. Gangguan metabolisme energi serta akumulasi material juga terjadi sebagai akibat dari infeksi. Di samping itu, infeksi *Mucor* sp. turut menyebabkan fluktuasi fungsi sistem imun dari larva serangga (Zhu *et al.*, 2023).

Hasil analisis terkait jamur *Trichoderma* sp. memperkuat beberapa penelitian yang menemukan bahwa beberapa spesies dari jamur *Trichoderma* dapat berperan sebagai entomopatogen, antara lain keberhasilan *Trichoderma* sp. dalam mengendalikan kutu daun kapas, wereng kapas, *Cicadellidae*, dan larva *Coleoptera* pada kelapa sawit (Ummah & Suryaminarsih, 2023). Jamur *Trichoderma* sp. dapat bertindak secara langsung sebagai entomopatogen melalui mekanisme parasitisme dan produksi metabolit sekunder yang bersifat insektisidal, metabolit repellent, dan senyawa antifeedant. Metabolit sekunder yang dihasilkan *Trichoderma* sp. seperti kitinase, protease dan lipase mempunyai kemampuan sebagai pestisida, selain kemampuan *Trichoderma* sp. untuk memproduksi senyawa organik volatil yang dapat menolak serangga hama atau sebaliknya menarik musuh alami, serta menginduksi ketahanan tanaman untuk menahan serangan hama (Ramzan, 2023).

Jamur *Trichoderma* sp. secara aktif dapat memarasit tubuh serangga dan menggunakan

tubuh serangga sebagai sumber nutrisi untuk pembentukan konidia. Selain itu, secara tidak langsung *Trichoderma* sp. juga dapat mengendalikan serangga melalui aktivasi respon pertahanan tanaman terhadap serangan patogen dan hama secara sistemik yang dimediasi oleh hormon asam salisilat (SA) dan asam jasmonat (JA) (Poveda, 2021), sejalan dengan penelitian Lana, *et.al* (2023) *Trichoderma hamatum* menunjukkan kemampuan entomopatogenik terhadap larva *S. littoralis*, dengan cara infeksi konidia maupun bentuk filtrat dari jamur tersebut.

Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung temuan terdahulu terkait keberadaan entomopatogen pada rizosfer terutama dari kelompok jamur, namun memberikan sudut pandang baru akan potensi *Trichoderma* sp. dan *Mucor* sp. sebagai entomopatogen. Dari segi praktis dan implementasi, temuan tersebut dapat mendorong pengembangan APH khususnya *Trichoderma* sp. di tingkat petani karena memiliki keunggulan berupa teknologi pengembangan massal yang mudah, aman bagi kesehatan manusia dan efisien sebagai biofungisida maupun bioinsektisida.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian, terdapat 2 (dua) jenis jamur entomopatogen yang berasal dari rizosfer tanaman padi, jagung dan bunga kol yang berpotensi sebagai APH untuk pengendali hama dari jenis ulat yaitu *Mucor* sp. dan *Trichoderma* sp. Kedua jenis isolat jamur yang diperoleh telah memenuhi persyaratan uji mutu APH meliputi kerapatan dan viabilitas konidium, uji hipersensitivitas, serta uji patogenisitas, sehingga layak untuk dikembangkan lebih lanjut sebagai APH.

SARAN

1. Penelitian dapat ditindaklanjuti oleh Perguruan Tinggi terkait identifikasi hingga tingkat spesies dan selanjutnya dapat dilakukan uji efektifitas jamur *Mucor* sp. dan

- Trichoderma* sp. di tingkat lapang dengan menggunakan tanaman dan serangga uji.
2. Sosialisasi kepada masyarakat/petani utamanya terkait fungsi *Trichoderma* sp. sebagai bioinsektisida ramah lingkungan, selain sebagai biofungisida ramah lingkungan.
 3. Pemerintah melalui Dinas Pertanian & Perkebunan dapat menggalakkan kembali program pertanian ramah lingkungan dengan memberikan fasilitasi pengembangan APH kepada kelompok tani terutama *Trichoderma* sp. yang dapat digunakan sebagai bioinsektisida maupun biofungisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Ain, Q., A.U. Mohsin., M. Naeem. *et.al.* 2021. Effect of Entomopathogenic Fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on *Thrips tabaci* Lindeman (Thysanoptera: Thripidae) Population in Different Onion Cultivar. *Egypt J Biol Pest Control* 31:97. doi.org/10.1186/s41938-021-00445-y
- Badan Standarisasi Nasional. 2014. Agens Pengendali Hayati (APH) – Bagian 3: *Trichoderma* spp. Jakarta.
- Balai Besar Peramalan Organisme Pengganggu Tumbuhan (BBPOPT). 2024. Prakiraan Serangan OPT Utama Padi, jagung, Kedelai dan Akabi di Indonesia MT. 2024. Jakarta.
- Baniya, Anil., JCH Tapia, P. DiGennaro. 2024. A Draft Genome of *Steinernema diaprepesi*. *Journal of Nematology*. 52(1):1-4. doi:[10.21307/jofnem-2020-069](https://doi.org/10.21307/jofnem-2020-069)
- Erdiansyah, I., A.N. Fauziah. 2024. Eksplorasi Identifikasi, dan Karakterisasi Nematoda Entomopatogen Pada Lahan Jagung dan Padi. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 29(2): 173-178.
- Fathoni R, Radiastuti N, Wijayanti F. 2017 – Identifikasi Jenis Cendawan pada Kelelawar (Ordo Chiroptera) di Kota Tangerang Selatan. *Jurnal Mikologi Indonesia* 1(1), 28-37.
- Lana, Maite, et.al (2023). First studi on the root endophytic fungus *Trichoderma hamatum* as an entomopathogen : Development of a fungal bioinsecticide agains cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*). *Microbiological Research Volume* 270.
- Molebila, DY., Ade Rosmana, Untung Surapaty Tresnaputra, 2020. *Trichoderma* Asal Akar Kopi Dari Alor: Karakterisasi Morfologi dan Keefektifannya Menghambat *Colletotricum* Penyebab Penyakit Antraknosa secara in Vitro. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. Volume 16:2, 61-68
- Pedrini, Nicholas. 2022. The Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Shows Its Toxic Side within Insects: Expression of Genes Encoding Sekondari Metabolites During Pathogenesis. *Jurnal Fungi (Basel)*. 2022 May 7; 8(5):488. doi: 10.3390/jof8050488.
- Prayogo, Y. 2024. Cendawan Entomopatogen (CEP) untuk Pengendalian Hama Penting Kedelai dalam Mendukung Sistem Pertanian Berkelanjutan. Badan Riset dan Inovasi Nasional. Jakarta. doi: <https://doi.org/10.55981/brin.1204>
- Ramzan U, Abid K, Zafar MA, Anwar AM, Nadeem M, Tanveer U and Fatima U, 2023. *Trichoderma*: Multitalented Biocontrol Agent. *Int J Agri Biosci*, 12(2): 77-82. doi.org/10.47278/journal.ijab/2023.04
- Risdianyanti, R. L., Widayati, W., & Suryaminarsih, P. 2022. Exploration and Identification Of The Entomopathogenic Fungus *Metarhizium Anisopliae* in Corn Plants in Sebandung Village, Sukorejo, Pasuruan. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional Agroteknologi Fakultas*

- Pertanian UPN "Veteran" Jawa Timur 2021*. NST Proceedings. hlm. 8-13.
doi: 10.11594/nstp.2022
- Sari, R. F., S. Subejo, S. Suputa, S. Vijaysegaran, S. De Faveri, S., and Trisyono, Y.A. 2024. Survey of Pesticide Use between Mango Farmets Practicing Area Wide Integrated Pest Management and Conventional Farming in West Java, Indonesia. *Indonesian Journal of Plant Protection Vol.28:1*.
- Sharma, A., Sharma, S. & Yadav P.K., 2023. Entomopathogenic Fungi And Their Relevance in Sustainable Agriculture: A review, *Cogent Food & Agriculture*, 9:1, 2180857, doi: 10.1080/23311932.2023.2180857
- Shapiro-Ilan, David I. and Lewis, Edwin E., Formulation and Application Technology for Entomopathogenic Nematodes. 2024. CABI Books, Hlm 201–218 doi:10.1079/9781800620322.0011,
- Sidabutar, Minalpi., Nuraida., Sofian, Ahmad. 2022. Patogenitas Jamur *Trichoderma viride* terhadap Hama Larva Kumbang Tanduk pada Tanaman Kelapa Sawit. *Jurnal Agrofolium Volume 2 No. 2* Hal 135-141.
- Sudiarta, I. P., R. D. Syahbana, K. A. Yuliadhi, I. P. W. Suputra, dan I. W. D. Gargita. 2024. Eksplorasi Jamur Entomopatogen dari Beberapa Rizosfer Tanah dengan *Insect Bait Method*. *Journal of Sustainable Dryland Agriculture*, 17(1): 105-117.
- Supiyanto, R. Emantis., B. Irawan., N. Nukmal. 2019. Isolasi dan Uji Patogenitas Isolat Fungi Entomopatogen Terhadap Stadium Dewasa Nyamuk *Aedes Aegypti*. *Jurnal Biologi Papua Vo. 11 No. 1. April 2019.:* Hal.33-41.
<http://ejournal.uncen.ac.id/index.php/JBP>
- Ummah, R. dan P. Suryaminarsih. 2023. Studi Literasi Potensi *Trichoderma* spp. Sebagai Jamur Entomopatogen. *Exact Papers in Compilation (EPiC)*, 5(1): 11-16.
- Wahjono, T. Eko, Y. Yuliani dan Hadiyanto. 2024. *Beauveria bassiana*; Insect Pathogen and Pesticide Producer as an Effective and Environmentally Friendly Alternative for Biological Control. *Jurnal Ilmiah Agrineca. Vol 24 No. 1* doi: 10.36728/afp.v22i2.2885
- Yactayo-Chang, J. P., H. V. Tang, J. Mendoza, S. A. Christensen, and A. K. Block. 2020. Plant defense chemicals against insect pests. *Agronomy*, 10(8): 1-14.
- Zhu, G., Ding, W., M. Xue, Y. Zhao, M. Li, Zizheng Li. 2022. Identificaton and Phatogenicity of a New Entomopathogenic Fungus, *Mucor hiemalis* (Mucorales: Mucorales), on the Root Maggot, *Bradysia odoriphaga* (Diptera:Sciaridae). *Journal of Insect Science (2022)* 22(2):1-9
- Zhu, G., Ding, W., Zhao, H., Xue, M., Chu, P., & Jiang, L. 2023. Effects of the Entomopathogenic Fungus *Mucor hiemalis* BO-1 on the Physical Functions and Transcriptional Signatures of *Bradysia odoriphaga* Larvae. *Insects*, 14(2), 162. doi.org/10.3390/insects14020162
- Bamisile BS, Siddiqui JA, Akutse KS, Ramos Aguila LC, Xu Y. General Limitations to Endophytic Entomopathogenic Fungi Use as Plant Growth Promoters, Pests and Pathogens Biocontrol Agents. *Plants (Basel)*. 2021 Oct 6;10(10):2119. doi: 10.3390/plants10102119. PMID: 34685928; PMCID: PMC8540635