

Eksplorasi, Isolasi dan Identifikasi Jamur Entomopatogen Asal Rizosfer Tanaman Jagung di Bengkulu dengan Metode *Baiting Insect*

Sempurna Ginting*, Tunjung Pamekas, dan Zahara Neildi

Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu
Jl. WR Supratman, Kandang Limun Kota Bengkulu, Bengkulu 3871

*Alamat korespondensi: sempurnaginting@unib.ac.id

INFO ARTIKEL

Diterima: 14-06-2024

Direvisi: 08-08-2024

Dipublikasi: 11-08-2024

ABSTRACT/ABSTRAK

Exploration, isolation, and identification of entomopathogenic fungi from the rhizosphere of corn plants in Bengkulu using baiting insect method

Keywords:

Aspergillus sp.,

Environmental

characteristic,

Fusarium sp., *Tenebrio*

molitor

Entomopathogenic fungi are one of the biological control agents that can be used to control insect pests. The use of entomopathogenic fungi for insect control has the advantages of high production capacity, relatively short life cycle and environmentally friendly. This study aimed to explore, isolate and identify entomopathogenic fungi from the rhizosphere of corn plants in Bengkulu by baiting insect method. The research was carried out from March to August 2023 on corn plantations in three locations, namely Taba Mulan Village, Tebat Monok Village, and Talang Kering Village in Kepahiang Regency and Bengkulu City. Fungal identification and pathogenicity tests were carried out at the Plant Protection Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Bengkulu. The method used was soil isolation from corn plants and trapping entomopathogenic fungi using *Tenebrio molitor* larvae. The fungus that grew covering the body of the infected larvae was isolated, identified and tested for its pathogenicity against *T. molitor* larvae. The results of exploration, isolation and identification obtained 12 isolates of entomopathogenic fungi consisting of 4 isolates from Location 1 (Taba Mulan Village, Meringgi District), 6 isolates from Location 2 (Tebat Monok Village, Kepahiang District) and 2 isolates from Location 3 (Talang Kering Village, Muara Bangkahulu District). The difference in environmental characteristics of the three locations affects the number of isolates obtained. Of the 12 isolates obtained, there were 10 isolates that were identified, namely 8 isolates of *Aspergillus* sp. and 2 isolates of *Fusarium* sp. Rapid growth rate of entomopathogenic fungi indicated by isolates of CeTMM2, CeTBM2, and CTBM3. The results of the pathogenicity test for 14 days showed the presence of infected dead *T. molitor* larvae in all entomopathogenic fungal isolate treatments. The mortality of infected larvae ranged from 73.33-93.33% with the highest mortality occurring in CeTBM5 isolate and the lowest in CeTK1 isolate.

Kata Kunci:

Aspergillus sp.,

Fusarium sp.,

Karakteristik

lingkungan, *Tenebrio*

molitor

Jamur entomopatogen merupakan salah satu agen pengendali hayati yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga hama. Penggunaan jamur entomopatogen untuk pengendalian serangga memiliki kelebihan yaitu kapasitas produksi yang tinggi, siklus hidup yang relatif singkat dan ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi, mengisolasi dan mengidentifikasi jamur entomopatogen asal rizosfer tanaman jagung di Bengkulu dengan metode *baiting insect*. Penelitian dilaksanakan dari bulan Maret hingga Agustus 2023 di lahan tanaman jagung di tiga lokasi yaitu Desa Taba Mulan, Desa Tebat Monok dan Desa Talang Kering di Kabupaten

Kepahiang dan Kota Bengkulu. Identifikasi jamur dan uji patogenisitas dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu. Metode yang digunakan yaitu isolasi tanah dari tanaman jagung dan *trapping* jamur entomopatogen menggunakan larva *Tenebrio molitor*. Jamur yang tumbuh menyelubungi tubuh larva yang terinfeksi diisolasi, diidentifikasi dan dilakukan uji patogenisitas terhadap larva *T. molitor*. Hasil eksplorasi, isolasi dan identifikasi diperoleh 12 isolat jamur entomopatogen yang terdiri dari 4 isolat berasal dari Lokasi 1 (Desa Taba Mulan, Kecamatan Meringgi), 6 isolat berasal dari Lokasi 2 (Desa Tebat Monok, Kecamatan Kepahiang) dan 2 isolat berasal dari Lokasi 3 (Desa Talang Kering, Kecamatan Muara Bangkahulu). Perbedaan karakteristik lingkungan ketiga lokasi mempengaruhi jumlah isolat yang diperoleh. Dari 12 isolat yang diperoleh terdapat 10 isolat yang teridentifikasi dan 2 isolat yang belum teridentifikasi yaitu 8 isolat *Aspergillus* sp. dan 2 isolat *Fusarium* sp. Laju pertumbuhan jamur entomopatogen yang cepat ditunjukkan oleh isolat CeTMM2, CeTBM2, dan CTBM3. Hasil uji patogenisitas selama 14 hari menunjukkan adanya larva *T. molitor* yang mati terinfeksi pada semua perlakuan isolat jamur entomopatogen yang diuji. Mortalitas larva terinfeksi berkisar antara 73,33-93,33% dengan mortalitas tertinggi terjadi pada isolat CeTBM5 dan terendah pada isolat CeTK1.

PENDAHULUAN

Jamur entomopatogen merupakan salah satu agen pengendali hayati yang dapat digunakan untuk mengendalikan serangga hama yang menyerang tanaman. Jamur entomopatogen mempunyai prospek penting karena dapat mempertahankan keseimbangan agroekosistem, memelihara keanekaragaman hayati, menjamin keamanan mutu produk pertanian serta lebih murah dan sederhana cara perbanyakannya (Dannon *et al.*, 2020; Herlinda *et al.*, 2022). Jamur entomopatogen menginfeksi dan merusak sistem metabolisme tubuh serangga dengan mensekresikan enzim dan toxin yang dapat merusak jaringan tubuh, dan mengganggu organel serta fungsi sel (Widariyanto dkk., 2017).

Jamur entomopatogen dapat diisolasi dari tanah, jaringan tanaman dan serangga yang terinfeksi di lapangan. Bidochka *et al.* (2000) melaporkan bahwa perbedaan serangga inang isolat jamur dan daerah asal geografis menyebabkan terjadinya keragaman spesies. Keragaman intraspesies dipengaruhi oleh keragaman genetik isolat (Sugimoto *et al.*, 2003). Isolat yang diperoleh dari lokasi yang sama tetapi dari serangga inang yang berbeda atau isolat dari lokasi yang berbeda tetapi dari serangga inang yang sama berpeluang memiliki karakter yang berbeda baik secara fisiologi maupun genetik (Varela & Morales, 1996). Keragaman isolat yang tinggi dapat mengakibatkan terjadinya keragaman virulensi jamur dan virulensi

isolat jamur entomopatogen dipengaruhi oleh karakter fisiologi jamur tersebut (Fatiha *et al.*, 2007).

Hasil eksplorasi jamur entomopatogen dari larva *Spodoptera frugiperda* yang terinfeksi di kebun jagung ditemukan jamur entomopatogen dari genus *Metarhizium* sp. dan *Penicillium* sp. (Suroto dkk., 2023). Eksplorasi jamur entomopatogen dari rizosfer pertanaman kacang tanah di Sumatera Barat telah dilakukan oleh Reflinaldon *et al.* (2014) diperoleh lima genus jamur entomopatogen yaitu *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Metarhizium*, *Fusarium* dan *Paecilomyces*. Eksplorasi jamur entomopatogen memiliki manfaat dalam menyeleksi mikroba yang adaptif terhadap perubahan lingkungan dan meningkatkan efektivitasnya dalam mengendalikan hama. Carlile *et al.* (2001) menyatakan bahwa populasi organisme di rizosfer biasanya lebih banyak dan beragam dibandingkan pada tanah.

Penelitian terkait eksplorasi jamur entomopatogen telah banyak dilakukan. Namun, jamur entomopatogen memiliki spesifik inang dan lokasi (Erawati & Irma, 2016). Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembapan sangat memengaruhi perkembangan jamur (Suryani dkk., 2012). Letak geografis juga mempengaruhi keragaman jamur entomopatogen baik dari segi karakter fisiologi dan patogenitasnya (Ginting dkk., 2013). Prayogo (2004) menyatakan bahwa isolat *L. lecanii* yang diperoleh dari serangga *Leptocorixa oratorius* (Hemiptera: Alydidae) di Probolinggo lebih virulen

jika diaplikasikan pada *R. linearis* dibandingkan dengan *L. lecanii* yang diperoleh dari serangga *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) dari Jember.

Penelitian terkait eksplorasi jamur entomopatogen indigenus dari lokasi tertentu penting dilakukan untuk mendapatkan isolat yang spesifik lokasi. Isolasi mikroorganisme pada rizosfer tanaman tidak terlepas dari kontaminasi mikroba yang tidak diinginkan, untuk mengurangi resiko tersebut sehingga dilakukan dengan metode baiting insect sehingga isolat yang diperoleh bersifat patogen terhadap serangga. Oleh karena itu, diperlukan eksplorasi, isolasi dan identifikasi jamur entomopatogen asal rizosfer tanaman jagung di Bengkulu. Penelitian ini bertujuan untuk isolasi dan identifikasi jamur entomopatogen asal rizosfer tanaman jagung di Bengkulu dengan metode *baiting insect*.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Maret hingga Agustus 2023 di lahan tanaman jagung di Desa Taba Mulan, Kecamatan Merigi, Kabupaten Kepahiang; Desa Tebat Monok, Kecamatan Kepahiang, Kabupaten Kepahiang; dan Desa Talang Kering, Kecamatan Muara Bangkahulu, Kota Bengkulu. Identifikasi jamur dan uji patogenesis dilakukan di Laboratorium Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu.

Isolasi dan Pemurnian Jamur Entomopatogen

Sampel tanah dari rizosfir tanaman jagung diambil secara purposif sampling. Sampel tanah diambil pada kedalaman 5-10 cm, kemudian sampel tanah dibawa ke laboratorium untuk dilakukan isolasi. Isolasi jamur entomopatogen menggunakan serangga umpan (*insect bait method*) (Hasyim & Azwana, 2003). Serangga umpan yang digunakan adalah larva *Tenebrio molitor*.

Sampel tanah yang diperoleh pada daerah perakaran jagung dimasukkan ke dalam cawan Petri dan dilembabkan dengan menggunakan akuades steril, lalu dimasukkan serangga umpan berjumlah 10 ekor, dan diinkubasi dalam keadaan gelap selama 14 hari. Jamur yang tumbuh menyelubungi tubuh larva yang terinfeksi diisolasi pada media *Sabourand Dextrose Agar Yeast* (SDAY) dan dimurnikan untuk diidentifikasi.

Identifikasi Jamur Entomopatogen

Isolat jamur entomopatogen yang telah diperoleh diidentifikasi secara makroskopis dan mikroskopis. Pengamatan makroskopis meliputi warna koloni, laju pertumbuhan, permukaan koloni dan tekstur koloni, sedangkan pengamatan mikroskopis meliputi bentuk hifa, bentuk konidia, konidiofor, serta bentuk fialid. Selanjutnya setiap isolat jamur diidentifikasi mengacu pada Barnett & Hunter (1972) dan Domsch *et al.* (2008).

Uji Patogenesis Jamur Entomopatogen terhadap Larva *T. molitor*

Uji patogenesis isolat yang berhasil diisolasi dilakukan terhadap larva *T. molitor*. Uji patogenesis dilakukan dengan cara menyemprotkan suspensi konidia jamur entomopatogen dengan kerapatan 10^7 konidia/ml menggunakan *hand sprayer* sebanyak 0,5 ml pada larva *T. molitor*. Serangga uji dimasukkan ke dalam wadah plastik dengan diameter 5 cm. Kontrol serangga uji disemprotkan air steril dengan volume yang sama. Pengujian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan dua belas perlakuan dengan tiga ulangan, masing-masing ulangan menggunakan 5 ekor larva instar 3. Pengamatan uji patogenesis dilakukan selama 14 hari. Variabel yang diamati yaitu mortalitas larva *T. molitor* dan waktu kematian yang diamati setiap hari selama 14 hari.

Analisis Data

Data persentase mortalitas yang diperoleh dianalisa secara varian (ANOVA) dan apabila terdapat perbedaan di antara perlakuan dilanjutkan dengan uji BNT 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Karakterisasi Wilayah Sampel Tanah Asal Jamur Entomopatogen

Kondisi lingkungan dari ketiga lokasi sampel tanah untuk isolasi jamur dapat dilihat pada Tabel 1. Ketiga lokasi sampel memiliki perbedaan karakteristik lingkungan. Pertumbuhan jamur dipengaruhi faktor lingkungan yang ada di sekeliling tanaman inang. Gandjar dkk. (2006) melaporkan bahwa faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhan jamur yaitu kelembaban, suhu, derajat keasaman (pH), faktor substrat dan senyawa-senyawa kimia di lingkungannya. Dilaporkan juga bahwa kelimpahan keragaman jamur entomopatogen dipengaruhi faktor abiotik yaitu suhu, kelembaban, kadar air dan teknik budidaya sedangkan faktor

biotik dipengaruhi oleh varietas dan spesies inang. Suhu yang baik untuk perkembangan jamur yaitu 25-30 °C dan kelembaban sekitar 80-90%. Suhu dan pH merupakan faktor penting dalam mendukung faktor

pertumbuhan jamur entomopatogen karena dapat mendukung kerja enzim dalam mengurai substrat sebagai sumber nutrisi untuk jamur.

Table 1. Karakterisasi wilayah sampel tanah asal jamur entomopatogen

Lokasi pengambilan sampel	Karakterisasi	Jumlah isolat
Lokasi 1 (Desa Taba Mulan, Kecamatan Meringgi, Kabupaten Kepahiang)	Ketinggian: 650 mdpl Suhu udara: 24,32 °C Kelembaban: 89,81% Curah hujan: 13,37 mm/hari Suhu tanah: 26 °C Koordinat: 3°26'00"S 102°43'00"E Varietas jagung: Bonanza F1 Pemupukan: Pupuk NPK (Phonska) Insektisida: Prevathon 50 SC	4
Lokasi 2 (Desa Tebat Monok, Kecamatan Kepahiang, Kabupaten Kepahiang)	Ketinggian: 500 mdpl Suhu udara: 24,32 °C Kelembaban: 89,81% Curah hujan: 11,67 mm/hari Suhu tanah: 28°C Koordinat: 3°36'07"S 102°33'51"E Varietas jagung: Scada Pemupukan: pupuk Urea, pupuk SP-36, pupuk kandang Insektisida: Prevathon 50 SC	6
Lokasi 3 (Desa Talang Kering, Kota Bengkulu)	Ketinggian: 10 mdpl Suhu udara: 27,12 °C Kelembaban: 83,19% Curah hujan: 5,54 mm Suhu tanah: 37° C Koordinat: 3°47'44"S 102°15'33"E Varietas jagung: Paragon Pemupukan: Kompos TKKS (Tandan kosong kelapa sawit) Insektisida: Corona 325 SC	2

Keterangan: Curah hujan, suhu udara, dan kelembaban diperoleh dari BMKG Bengkulu.

Dari ketiga lokasi sampel yang berbeda tersebut telah didapatkan sebanyak 12 jamur entomopatogen (Tabel 2). Isolat paling banyak ditemukan dari Lokasi 2 (Desa Tebat Monok, Kabupaten Kepahiang) yaitu 6 isolat, diikuti dengan Lokasi 1 (Desa Taba Mulan, Kecamatan Meringgi) sebanyak 4 isolat, dan Lokasi 3 (Desa Talang Kering, Kota Bengkulu) sebanyak 2 isolat. Berdasarkan hasil identifikasi, diperoleh 10 isolat jamur entomopatogen yang teridentifikasi dan 2 isolat jamur entomopatogen yang belum teridentifikasi, delapan jenis jamur entomopatogen yang dalam genus yang sama yaitu isolat CeTMM1, CeTMM2, CeTBM1, CeTBM2, CeTBM3, CeTBM4, CeTBM5, dan CeTBM6 adalah *Aspergillus* sp. Isolat CeTK1 dan CeTK2 adalah *Fusarium* sp., sedangkan isolat CeTMM3 dan

CeTK2 belum teridentifikasi. Hal ini berarti jamur entomopatogen yang diperoleh dari ketiga lokasi hanya ada satu jamur entomopatogen yang ditemukan sama yaitu *Aspergillus* sp. Rosmini dan Lasmini (2010) melaporkan bahwa lima jenis jamur yang dominan ditemukan di lapangan yaitu *Beauveria* sp., *Aspergillus* sp., *Metarhizium* sp., *Cladosporium* sp., *Fusarium* sp. Hasil penelitian Trizelia dkk. (2011) juga menunjukkan bahwa jamur *Aspergillus* ditemukan pada rizosfer pertanaman cabai di dataran tinggi dan dataran rendah.

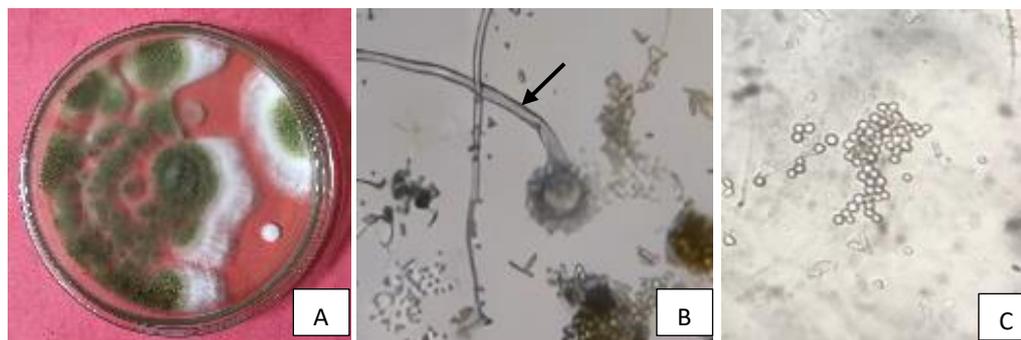
Karakteristik isolat jamur *Aspergillus* sp. secara makroskopis dan mikroskopis menunjukkan bahwa warna koloni hijau dengan bagian tepi berwarna putih (Gambar 1). Tekstur permukaan halus, pola pertumbuhannya menyebar dan

pertumbuhannya cepat. Koloni memenuhi cawan Petri 8 hari setelah isolasi. Pada hari ke-7 koloni berubah warna menjadi hijau tua. Pengamatan secara mikroskopis menunjukkan hifa bersekat, konidia berbentuk bulat yang dihasilkan dalam bentuk rantai pada ujung fialid. Konidiofor tegak dan tunggal dengan ujung konidiofor yang membengkak (vesikula). Trizelia dkk. (2015) dan Suryani dkk.

(2012) melaporkan bahwa *Aspergillus* sp. memiliki koloni berwarna hijau tua dengan permukaan datar dan tekstur kasar, konidiofor tunggal, berdinding halus dan tidak berwarna (hialin). Ujung konidiofor membentuk vesikula yang berbentuk gada yang lebar di mana terdapat fialid pada vesikula yang menghasilkan konidia yang berbentuk bulat.

Tabel 2. Asal dua belas isolat jamur entomopatogen

Kode isolat	Asal isolat	Nama isolat
CeTMM1	Desa Taba Mulan Meringgi	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTMM2	Desa Taba Mulan Meringgi	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTMM3	Desa Taba Mulan Meringgi	<i>Unidentified</i>
Ce4TMM4	Desa Taba Mulan Meringgi	<i>Unidentified</i>
CeTBM1	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM2	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM3	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM4	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM5	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM6	Desa Tebat Monok	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTK1	Desa Talang Kering	<i>Fusarium</i> sp.
CeTK2	Desa Talang Kering	<i>Fusarium</i> sp.



Gambar 1. Karakteristik *Aspergillus* sp. (A) Koloni, (B) Konidiofor, (C) Konidia

Perbedaan jumlah isolat yang didapatkan dari ketiga lokasi tersebut dipengaruhi oleh beberapa faktor. Menurut Irawati dkk. (2014) keragaman jamur entomopatogen dipengaruhi oleh faktor lingkungan biotik dan abiotik di sekitarnya seperti lingkungan biotik yaitu adanya mikroba lain dan jenis inangnya. Pengaruh faktor abiotik antara lain cara mengolah lahan dan musim pengambilan sampel, kemasaman tanah dan suhu pada ketinggian tempat yang berbeda. Menurut Luangsa-Ard *et al.* (2006), jamur yang bersifat parasit pada serangga di alam, banyak ditemukan di daerah tropis, yaitu pada tanah yang lembab, dan pada daerah yang berbukit. Hasil penelitian menunjukkan bahwa lokasi dataran tinggi atau perbukitan memiliki jumlah isolat jamur yang lebih banyak dibanding pada lokasi dataran

rendah. Perbedaan ini dipengaruhi oleh suhu pada lokasi masing-masing sampel.

Berdasarkan hasil penelitian jamur entomopatogen yang paling sedikit ditemukan pada wilayah dataran rendah yaitu Lokasi 3 Desa Talang Kering yang ditemukan hanya 1 jenis jamur entomopatogen. Hal ini disebabkan oleh faktor lingkungan yang tidak mendukung untuk perkembangan jamur di lapangan. Faktor lingkungan yang sangat berpengaruh terhadap keberadaan jamur entomopatogen di lapangan adalah cuaca. Pada saat pengambilan sampel di Lokasi 3 dilakukan pada musim kemarau, pada musim tersebut cuaca sangat panas, sehingga mempengaruhi keberadaan jamur di lapangan.

Menurut Sapieha-Waszkiewicz *et al.* (2005), keberadaan jamur entomopatogen di dalam tanah

tergantung pada habitat. Selain itu Sosa-Gomez *et al.* (2001) mengemukakan bahwa keanekaragaman jamur entomopatogen dalam tanah dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu kandungan air tanah, kandungan bahan organik, dan temperatur. Jamur entomopatogen yang paling banyak ditemukan pada Lokasi 2 karena pada lokasi tersebut banyak mengandung bahan organik, kemudian Lokasi 1, pada lokasi tersebut tanahnya terlalu lembab dikarenakan curah hujan yang tinggi pada waktu pengambilan sampel, sedangkan pada Lokasi 3, kondisi tanahnya kering dikarenakan berada di hamparan yang dekat dengan pantai (pesisir). Ali-Shtayeh *et al.* (2003) mengemukakan bahwa kandungan bahan organik tanah dan tipe vegetasi berpengaruh nyata terhadap keberadaan jamur entomopatogen dalam tanah. Semakin lama pertanian organik diterapkan oleh petani maka semakin banyak juga jamur entomopatogen yang hidup pada tanah tersebut (Sapieha-Waszkiewicz *et al.*, 2005).

Penggunaan pestisida dan pupuk kimia dalam proses budidaya juga berpengaruh besar dalam kelimpahan dan keragaman jamur entomopatogen yang diperoleh pada suatu lokasi. Selain itu tingkat keanekaragaman jenis jamur entomopatogen lebih tinggi dibandingkan dengan lahan konvensional yang mengaplikasikan pestisida sintetik dan pupuk kimia dalam proses budidayanya. Hal ini sesuai dengan yang dikemukakan oleh Sapieha-Waszkiewicz *et al.* (2005) bahwa keberadaan jamur entomopatogen di dalam tanah sangat tergantung pada teknik budidaya dan penggunaan pestisida. Penggunaan pupuk buatan dan pestisida yang berlebihan dapat merusak tekstur dan kesuburan tanah, sehingga secara perlahan-lahan mikroorganisme dalam tanah mengalami kematian.

Persentase Larva yang Terinfeksi Jamur Entomopatogen

Hasil pengumpanan larva yang terinfeksi jamur entomopatogen (Gambar 2), menunjukkan bahwa larva yang mati dengan gejala larva kurang aktif bergerak dan tubuh menjadi kaku. Pada hari ke-7 larva mengalami kematian, kemudian pada hari ke-11 ditumbuhi hifa berwarna hijau dan putih. Persentase larva *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen dapat dilihat pada Gambar 3. Data pada Gambar 3 menunjukkan bahwa persentase *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen tertinggi ditemukan pada Lokasi 2 di Desa Tebat Monok, Kabupaten Kepahiang dengan persentase

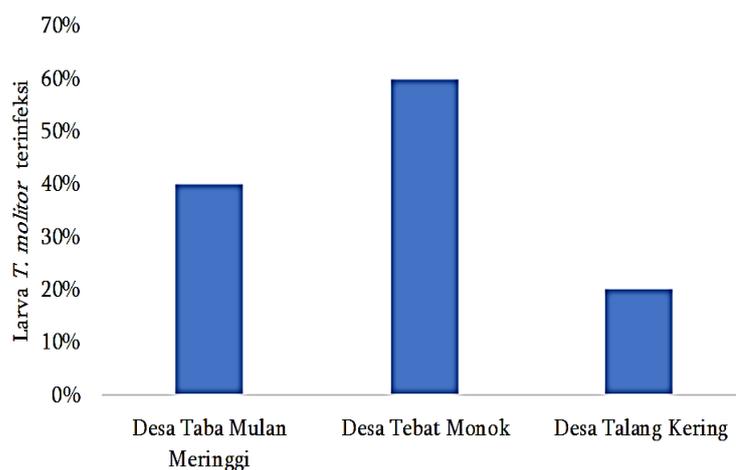
60%, selanjutnya pada Lokasi 1 di Desa Taba Mulan Meringgi, Kecamatan Curup dengan persentase 40%, dan larva yang terinfeksi jamur entomopatogen terendah ditemukan pada Lokasi 3 di Desa Talang Kering, Kota Bengkulu.

Perbedaan persentase *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen berhubungan dengan aplikasi pupuk dan aplikasi pestisida yang diterapkan pada masing-masing lahan. Pada Lokasi 2 aplikasi pupuk hanya dilakukan satu kali dan belum pernah diaplikasikan pestisida. Hal ini diduga bahwa tanah asal Tebat Monok banyak mengandung bahan organik, sedangkan tanah asal Taba Mulan diduga banyak menggunakan insektisida dalam mengendalikan serangga hama, sehingga mortalitas juga sangat berpengaruh terhadap larva tersebut dan keberadaan jamur entomopatogen di lapangan. Lahan yang tidak menggunakan pestisida dan pupuk anorganik dapat menciptakan tanaman yang sehat dan tanah juga banyak mengandung mikroorganisme yang dapat membantu kesuburan tanah. Sapieha-Waszkiewicz *et al.* (2005) mengemukakan bahwa keberadaan jamur entomopatogen di dalam tanah sangat tergantung pada teknik budidaya dan penggunaan pestisida. Pengaruh langsung pestisida terhadap aspek-aspek mikrobiologi salah satunya adalah perubahan aspek kuantitatif beberapa mikroorganisme dalam tanah yang mengganggu keseimbangan mikrobiologis.

Persentase *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen terendah ditemukan pada Lokasi 3 di Desa Talang kering. Namun, aplikasi pestisida tertinggi justru ditemui pada lahan pertanaman di Lokasi 1. Hal ini menunjukkan bahwa keberadaan mikroorganisme pada rizosfer tanah tidak hanya dipengaruhi oleh faktor teknik budidaya saja. Trizelia *et al.* (2011) mengemukakan bahwa salah satu dari faktor-faktor terpenting pada rizosfer adalah variasi yang besar dalam hal senyawa organik yang tersedia di daerah perakaran berupa eksudat yang dikeluarkan oleh akar yang baik secara langsung maupun tidak langsung mempengaruhi kualitas dan kuantitas mikroorganisme di daerah perakaran. Menurut Luangsa-Ard *et al.* (2006), jamur yang bersifat parasit pada serangga di alam, banyak ditemukan di daerah tropis, yaitu pada tanah yang lembab, dan pada daerah yang berbukit. Hal tersebut menyebabkan tingkat infeksi jamur entomopatogen pada Lokasi 1 dan Lokasi 2 lebih tinggi dibandingkan lahan pertanaman pada Lokasi 3.



Gambar 2. Larva *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen (CeTMM1-CeTMM4: larva terinfeksi dari Lokasi 1; CeTBM1-CeTBM6: larva terinfeksi dari Lokasi 2; CeTK1-CeTK2: Larva terinfeksi dari Lokasi 3).



Gambar 3. Persentase *T. molitor* yang terinfeksi jamur entomopatogen

Karakterisasi Jamur Entomopatogen

Jamur entomopatogen isolat CeTMM1, CeTBM4, dan CeTBM6 memiliki pertumbuhan lebih cepat, dibandingkan dengan isolat lainnya. Pertumbuhan jamur entomopatogen dengan koloni yang cepat memiliki kemampuan lebih baik dalam proses persaingan nutrisi dan ruang (Hutabalian,

2015). Setiap genus jamur entomopatogen membutuhkan nutrisi, pH, kandungan air dalam media, suhu optimal, cahaya, dan periode inkubasi untuk pertumbuhan koloni dan pembentukan konidia. Ciri-ciri makroskopis dan mikroskopis 12 isolat jamur entomopatogen disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3. Karakteristik makroskopis jamur entomopatogen

Kode isolat	Karakterisasi makroskopis			
	Warna koloni	Bentuk koloni	Arah pertumbuhan koloni	Genus
CeTMM1	Putih dengan warna hijau bagian atas	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTMM2	Putih dengan warna hijau bagian atas	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTMM3	Keabuan dengan warna putih dipinggirnya	Menyebar	Samping	<i>Unidentified</i>
CeTMM4	Keabuan dengan warna putih dipinggirnya	Menyebar	Samping	<i>Unidentified</i>
CeTBM1	Hijau dengan warna putih dipinggirnya	Melingkar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM2	Hijau dengan warna putih dipinggirnya	Melingkar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM3	Hijau dengan warna putih dipinggirnya	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM4	Hijau dengan warna putih dipinggirnya	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM5	Hijau dengan warna putih dipinggirnya	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTBM6	Putih dengan warna hijau bagian atas	Menyebar	Samping	<i>Aspergillus</i> sp.
CeTK1	Putih seperti kapas	Oval	Samping	<i>Fusarium</i> sp.
CeTK2	Putih seperti kapas	Oval	Samping	<i>Fusarium</i> sp.

Patogenesitas Jamur Entomopatogen terhadap *T. molitor*

Hasil pengamatan larva *T. molitor* yang diperlakukan dengan 12 isolat menunjukkan bahwa isoalt tersebut mampu menyebabkan mortalitas pada larva *T. molitor*. Mortalitas larva diawali dengan gejala pada larva yang menjadi kurang aktif bergerak, nafsu makan berkurang, akhirnya mati dan tubuh menjadi kaku. Setelah tiga sampai empat hari pada tubuh larva yang mati muncul miselia pada permukaan tubuhnya. Kematian pada larva yang terinfeksi jamur entomopatogen disebabkan konidia isolat yang menempel pada kutikula berkecambah dan melakukan penetrasi pada integumen, selanjutnya akan mengeluarkan toxin dan merusak jaringan tubuh larva, sehingga tubuh larva menjadi kaku. Masyitah dkk. (2017) menyatakan bahwa gejala pada larva setelah terinfeksi jamur entomopatogen yaitu nafsu makan berkurang, gerakan tubuh menjadi lamban, terjadi perubahan warna pada tubuh serangga, menjadi kepuatan dan sulit untuk bergerak. Sanjaya (2010) menyatakan bahwa jamur entomopatogen menginfeksi larva dengan spora melalui dinding tubuh serangga atau kutikula, jamur memasuki tubuh larva melalui dua jalur yaitu *passive*

entry dan penetrasi langsung kutikula larva (*active entry*).

Semua isolat mampu mengakibatkan mortalitas pada larva uji, kecuali pada kontrol. Mortalitas larva *T. molitor* berkisar antara 73,33-93,33%, kematian tertinggi terdapat pada isolat CeTBM5 asal Desa Tebat Monok yaitu sebesar 93,33% dan kematian terendah terdapat pada isolat CeTBM4 asal Tebat Monok dan CeTK1 asal Talang Kering yaitu sebesar 73,33%. Analisis varian menunjukkan bahwa tidak ada perbedaan yang nyata pada persentase mortalitas antara isolat yang diuji (Tabel 4).

Tingginya persentase mortalitas larva *T. molitor* (>50%) yang diperlakukan jamur entomopatogen isolat lokal Bengkulu menunjukkan bahwa adanya potensi isolat lokal Bengkulu untuk menekan perkembangan larva. Hasyim dan Azwana (2003) menyatakan bahwa jamur yang dapat dikategorikan sebagai bioinsektisida adalah jamur yang berhasil mengendalikan serangga sebesar 72-95%. Meutia dkk. (2020) menyatakan bahwa isolat lokal lebih efektif dalam mengendalikan serangga hama pada tanaman karena lebih mudah beradaptasi dengan lingkungan sekitar dan lebih patogenik dalam mengendalikan serangga hama pada tanaman.

Tabel 4. Persentase mortalitas larva pada 14 hari setelah aplikasi

Perlakuan	Kode isolat	Mortalitas larva ± SD (%)
<i>Aspergillus</i> sp. 1	CeTMM1	86,00 a ± 0
<i>Aspergillus</i> sp. 2	CeTMM2	80,00 a ± 0
CE3	CeTMM3	86,00 a ± 0
CE4	CeTMM4	80,00 a ± 11,55
<i>Aspergillus</i> sp. 3	CeTBM1	80,00 a ± 11,55
<i>Aspergillus</i> sp. 4	CeTBM2	80,00 a ± 11,55
<i>Aspergillus</i> sp. 5	CeTBM3	80,00 a ± 11,55
<i>Aspergillus</i> sp. 6	CeTBM4	73,33 a ± 20
<i>Aspergillus</i> sp. 7	CeTBM5	93,33 a ± 11,55
<i>Aspergillus</i> sp. 8	CeTBM6	86,00 a ± 20
<i>Fusarium</i> sp. 1	CeTK1	73,33 a ± 11,55
<i>Fusarium</i> sp. 2	CeTK2	80,00 a ± 0
Kontrol		0 b ± 0

Faktor yang mempengaruhi perbedaan patogenesitas dipengaruhi fisiologi masing-masing isolat yaitu meliputi jumlah konidia dan daya kecambah konidia dari masing-masing isolat. Efektifitas jamur entomopatogen yang digunakan sebagai agen pengendalian dapat dilihat dari kemampuan larva menghasilkan konidia yang tinggi karena konidia berperan penting dalam infeksi inang. Semakin tinggi sporulasi dan mortalitas jamur entomopatogen maka semakin efektif jamur tersebut digunakan dalam pengendalian (Ginting dkk., 2013). Larva yang mati, dicirikan dengan tubuhnya mengeras seperti mumi, fase perkembangan saprofit jamur dimulai dengan penyerangan jaringan dan berakhir dengan membentuk organ reproduksi. Hal ini menunjukkan semakin meningkatnya kontak antar tubuh larva yang sehat dengan tubuh larva yang terinfeksi, jumlah konidia yang masuk ke dalam tubuh larva semakin banyak dan mortalitas semakin tinggi (Sidabutar dkk., 2022).

Waktu kematian larva *T. molitor* menjadi indikator penting dalam efektivitas kedua belas isolat jamur entomopatogen. Pengamatan dilakukan setiap hari selama 14 hari. Rerata waktu kematian larva *T. molitor* setelah perlakuan 12 isolat jamur entomopatogen disajikan pada Tabel 5.

Berdasarkan hasil pengamatan didapatkan bahwa pada hari ke-1, ke-2, dan ke-3 tidak terjadi kematian pada larva. Hal tersebut dikarenakan kematian larva memerlukan waktu beberapa hari

setelah isolat jamur entomopatogen diaplikasikan. Isolat CeTBM5 memiliki rerata waktu kematian tercepat yaitu 7,58 hari, sedangkan isolat CeTK1 memiliki rerata waktu kematian terlama yaitu 9,63 hari. Waktu kematian larva *T. molitor* yang berbeda setelah diberi perlakuan dengan 12 isolat jamur entomopatogen diduga disebabkan oleh perbedaan asal isolat yang diperoleh dalam pengujian ini. Utami dkk. (2014) menyatakan bahwa isolat yang diinokulasi dari daerah berbeda menunjukkan rata-rata waktu kematian larva yang berbeda pula, seperti isolat Junerejo membutuhkan waktu 123 jam untuk menyebabkan mortalitas pada larva *P. xylostella*, isolat Plaston 140,8 jam sampai 141,6 jam, isolat Ngancar dan Sarangan 143,2 jam dan 158,5 jam.

Tabel 5. Rerata waktu kematian larva *T. molitor* setelah aplikasi isolat

Kode isolat	Genus isolat	Rerata waktu kematian (hari)
CeTMM1	<i>Aspergillus</i> sp. 1	8,38
CeTMM2	<i>Aspergillus</i> sp. 2	8,66
CeTMM3	CeTMM3	8,79
CeTMM4	CeTMM4	9,08
CeTBM1	<i>Aspergillus</i> sp. 3	7,67
CeTBM2	<i>Aspergillus</i> sp. 4	8,33
CeTBM3	<i>Aspergillus</i> sp. 5	8,25
CeTBM4	<i>Aspergillus</i> sp. 6	8,81
CeTBM5	<i>Aspergillus</i> sp. 7	7,58
CeTBM6	<i>Aspergillus</i> sp. 8	8,69
CeTK1	<i>Fusarium</i> sp. 1	9,63
CeTK2	<i>Fusarium</i> sp. 2	9,16

Masyitah dkk. (2017) melaporkan bahwa jamur entomopatogen setelah menginfeksi membutuhkan waktu untuk konidia berkecambah dalam membentuk hifa hingga dapat menembus kutikula larva dan dapat menyebabkan kematian. Menurut Herlinda dkk. (2006) dalam variasi virulensi jamur entomopatogen dipengaruhi oleh faktor media pertumbuhan dan asal isolat jamur yang dipergunakan. Larva *T. molitor* yang mati selain ditumbuhi miselia juga ada yang tidak menunjukkan gejala tumbuhnya miselia di atas permukaan tubuh larva *T. molitor*. Namun, dari 12 isolat yang menyebabkan kematian hanya 10 isolat yang menghasilkan gejala munculnya miselia pada larva (Gambar 4).



Gambar 4. Pertumbuhan miselia pada tubuh larva (CeTMM1-CeTBM6: larva *T. molitor* terinfeksi jamur entomopatogen yang ditumbuhi miselia, CeTK1-CeTK2: larva *T. molitor* yang mati tanpa ditumbuhi miselia)

Isolat yang mampu menimbulkan miselia pada larva yaitu isolat CeTMM1-CeTBM6, namun dari ke-10 isolat ini memiliki ketebalan hifa yang berbeda. Isolat yang memiliki ketebalan hifa yang paling banyak yaitu isolat CeTBM5, sedangkan isolat yang memiliki ketebalan hifa sangat tipis yaitu isolat CeTMM4. Hal ini sesuai dengan mortalitas larva yang menunjukkan bahwa mortalitas terendah yaitu pada isolat CeTMM4 dan mortalitas tertinggi yaitu pada isolat CeTBM5. Ginting dkk. (2013) mengemukakan bahwa, efektifitas jamur entomopatogen yang digunakan sebagai agen pengendalian dapat dilihat dari kemampuan larva menghasilkan konidia yang tinggi karena konidia berperan penting dalam infeksi inang. Semakin tinggi sporulasi dan mortalitas jamur

entomopatogen maka semakin efektif jamur tersebut digunakan dalam pengendalian.

Isolat yang tidak mampu menimbulkan miselia pada tubuh larva yaitu isolat CeTK1 dan CeTK2. Hal ini diduga karena jamur tidak mampu menembus tubuh larva *T. molitor*, atau jamur yang dipindahkan ke media biakan merupakan jamur saprofit. Jamur saprofit menempel pada tubuh larva *T. molitor* saat pemancingan jamur dari tanah sampel dengan metode *insect bait*, dikarenakan kondisi larva yang sudah terinfeksi oleh mikroorganisme lainnya yang memungkinkan mikroorganisme lain tumbuh dan berkembang pada larva sebagai inangnya. Faktor lain dari isolat yang tidak mampu menimbulkan munculnya miselia yaitu karena perbedaan virulensi

dari masing-masing isolat jamur. Perbedaan munculnya miselia pada masing-masing isolat dikarenakan perbedaan kemampuan jamur untuk menginfeksi *T. molitor*, selain itu larva yang mati pada sampel tanah disebabkan tidak hanya oleh jamur namun juga terdapat bakteri tanah yang mampu mematikan larva dengan ciri-ciri larva menjadi hitam, berair dan lama-kelamaan bagian dalam tubuh larva menjadi kosong.

Berdasarkan hasil identifikasi didapatkan enam jamur dari genus *Aspergillus* sp. mampu menginfeksi larva *T. molitor*. Septiana dkk. (2019) melakukan identifikasi terhadap jamur yang dapat dijadikan sebagai agens hayati yaitu *Aspergillus* sp., *Geotrichum* sp. dan *Penicillium* sp. Jamur yang menyerang serangga dicirikan dengan tubuh serangga menjadi kaku dan keras, membuat serangga seperti mumi serta dari tubuh serangga tersebut keluar hifa dari jamur yang menyerang serangga (Ayudya *et al.*, 2019). Jamur *Aspergillus* sp. dilaporkan efektif untuk mengendalikan larva *O. rhinoceros* dengan mortalitas rata-rata diatas 90% (Guntoro dkk., 2018). Populasi hama *Helopeltis* spp. setelah diaplikasi jamur *Aspergillus* sp. dari minggu ke minggu mengalami penurunan rata-rata 18,75 hingga 23 (Supriyadi dkk., 2017). Dilaporkan bahwa spesies *Aspergillus niger* mampu mengendalikan *Dysdercus koenigii* (Pyrrhocoridae), *A. flavus* mampu menginfeksi *S. litura* mengakibatkan penurunan fungsi kekebalan larva instar tiga, sementara *A. fijiensis* GDIZM-1 efektif mengendalikan *Diaphorina citri* (Karthi *et al.*, 2018; Kumari *et al.*, 2019; Yan *et al.*, 2022).

Trizelia (2011) menyatakan bahwa jamur entomopatogen banyak digunakan sebagai bio-insektisida untuk mengendalikan hama. Keuntungan penggunaan jamur entomopatogen adalah relatif aman, daya reproduksi tinggi, siklus hidup pendek, selektivitas, serta memiliki kompatibilitas dengan pestisida lain. Selain itu, produksi relatif murah dan kemungkinan menimbulkan resistensi sangat rendah atau lambat, serta kemampuan membentuk spora yang bertahan lama, bahkan dalam kondisi yang tidak menguntungkan.

SIMPULAN

Duabelas isolat jamur entomopatogen telah didapatkan dari rizosfir tanaman jagung. Isolat yang paling banyak ditemukan berasal dari Lokasi 1 di Desa Taba Mulan, Kecamatan Meringgi (4 isolat), diikuti dengan Lokasi 2 di Desa Tebat Monok,

Kabupaten Kepahiang (6 isolat), kemudian pada Lokasi 3 di Desa Talang Kering, Kota Bengkulu (2 isolat). Jenis Jamur entomopatogen dari Lokasi 1 yaitu 2 isolat jamur *Aspergillus* sp. dan 2 isolat jamur yang belum teridentifikasi, pada Lokasi 2 ditemukan 6 isolat jamur *Aspergillus* sp., sementara pada Lokasi 3 ditemukan 2 isolat jamur *Fusarium* sp. Hasil laju pertumbuhan jamur entomopatogen yang cepat ditunjukkan oleh isolat CeTMM2, CeTBM2, dan CTBM3. Mortalitas larva berkisar antara 73,33-93,33% dengan mortalitas tertinggi terjadi pada isolat CeTBM5 dan terendah pada isolat CeTK1.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih pada Laboratorium Jurusan Perlindungan Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Bengkulu yang telah memfasilitasi penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Ali-Shtayeh, MS, AB Mara, and RM Jamous. 2003. Distribution, occurrence, and characterization of entomopathogenic fungi in agricultural soil in the Palestinian area. *Mycopathologia*. 156(3): 235-244.
- Ayudya, DWIR, S Herlinda, and S Suwardi. 2019. Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatera (Indonesia) wetland soil against larvae of *Spodoptera litura*. *Biodiversitas*. 20(8): 2101-2109.
- Barnet, HL and Hunter BB. 1972. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Burges Publishing Company. Minneapolis.
- Bidochka, MJ, AM Kamp, and JNA Decroos. 2000. Insect pathogenic fungi: from genes to populations. Pp. 171-193. *In Fungal Pathology* (Kronstad, JW, Ed.) Fungal Pathology. Springer. Dordrecht.
- Carlile, MJ, C Sarah, and Watkinson. 2001. *The Fungi*. 2nd. Academic Press. New York.
- Dannon, HF, AE Dannon, OK Douro-Kpindou, AV Zinsou, AT Houndete, J Toffa-Mehinto, ATM Elegbede, BD Olou, and M Tamo. 2020. Toward the efficient use of *Beauveria bassiana* in integrated cotton Insect Pest Management. *Journal of Cotton Research*. 3:24. DOI: 10.1186/s42397-020-00061-5.

- Domsch, KH, W Gams, and TH Anderson. 2008. *Compendium of Soil Fungi*. Volume1. Academic Press. London.
- Erawati, DN, dan W Irma. 2016. Teknologi pengendali hayati *Metarhizium anisopliae* dan *Beauveria bassiana* terhadap hama kumbang kelapa sawit (*Oryctes rhinoceros*). Seminar Nasional Hasil Penelitian. Jurusan Produksi Pertanian. Politeknik Negeri Jember. Jember.
- Fatiha, L, S Ali, S Ren, and M Afzal. 2007. Biological characteristics and pathogenicity of *Verticillium lecanii* against *Bemisia tabaci* (Homoptera: Aleyrodidae) on eggplant. *Pakistan Journal of Entomology*. 29(2): 63–72.
- Gandjar, Indrawati, Wellyzar, Sjamsuridzal, dan A Oetari. 2006. Mikologi Dasar dan Terapan. Yayasan Obor Indonesia. Jakarta.
- Ginting, S, T Santono, dan IS Harahap. 2013. Patogenesitas berapa isolat cendawan terhadap *Coptotermes curvignathus* Holmgren dan *Schedorhinotermes javanicus* Kemmer. *Jurnal Agroteknologi Tropika*. 2(1): 1–5.
- Guntoro, Nuraida, dan ZG Violita. 2018. Efektifitas bioinsektisida cendawan entomopatogen *Aspergillus* sp. terhadap mortalitas larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) (Coleoptera: Scarabidae). *Jurnal Agro Estate*. 2(1): 50–55.
- Hasyim, A, dan Azwana. 2003. Patogenisitas *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin dalam mengendalikan hama penggerek bonggol pisang (*Cosmopolites sordidus*) Germar. *Jurnal Hortikultura*. 19(2): 120–130.
- Herlinda, S, Era, MD Utama, dan P Yulia. 2006. Kerapatan dan viabilitas spora *Beauveria bassiana* (Bals.) akibat subkultur dan pengayaan media, serta virulensinya terhadap larva *Plutella xylostella* (Linn.). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika*. 6(2):70–78.
- Herlinda, S, M Gustianingtyas, S Suwandi, R Suharjo, JMP Sari, Suparman, H Hamidson, and H Hasyim. 2022. Endophytic fungi from Sout Sumatra (Indonesia) in seed-treated corn suppressing *Spodoptera frugiperda* growth. *Biodiversitas*. 23(11): 6013–6020.
- Hutabalian, M, MI Pinem, dan S Oemry. 2015. Uji antagonisme beberapa jamur saprofit dan endofit dari tanaman pisang terhadap *Fusarium oxysporum* f.sp. *cubensis* di laboratorium. *Jurnal Agroekoteknologi*. 3(2): 687–695.
- Irawati, AFC, H Sri, dan DHW Ratna. 2014. Pemanfaatan cendawan entomopatogen dalam bibit padi. *Buletin Pertanian Perkotaan*. 4(2): 30–37.
- Karthi, S, K Vaideki, MS Shivakumar, A Ponsankar, A Thanigaivel, M Chellappandian, P Vasantha-Srinivasan, CK Muthu-Pandian, WB Hunter, and S Senthil-Nathan. 2018. Effect of *Aspergillus flavus* on the mortality and activity of antioxidant enzymes of *Spodoptera litura* Fab. (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Pesticide Biochemistry and Physiology*. 149: 54–60.
- Kumari, K, D Verma, and D Kumar. 2019. Evaluation of *Aspergillus niger* as a biocontrol agent in the insect pest management of red cotton bug, *Dysdercus koenigii* (Heteroptera: Pyrrhocoridae). *Journal of Scientific Research*. 11(2): 235–247.
- Luangsa-ard, JJ, K Tasanatai, S Mongkolsamrit, NL Hywel-Jones, and JW Spatafora. 2006. The Collection, Isolation, and Taxonomy of Invertebrate Pathogenic Fungi. National Science and Technology Development Agency (NSTDA). Klong Luang.
- Masyitah, I, SF Sitepu, dan I Safni. 2017. Potensi jamur entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* F. pada tanaman tembakau in vivo. *Jurnal Agroteknologi FP USU*. 5(3): 484–493.
- Meutia, S, S Susanna, dan H Hasnah. 2020. Patogenisitas cendawan *Beauveria Bassiana* (Balsamo) Vuill (Isolat Lokal) pada *Plutella xylostella* Linnaeus secara in vitro. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 7(1): 727–736.
- Prayogo, Y. 2004. Keefektifan Lima Jenis Cendawan Entomopatogen terhadap Hama Pengisap Polong Kedelai *Riptortus linearis* L. (Hemiptera: Alydidae) dan Dampaknya terhadap Predator *Oxyopes javanus* Thorell (Araneida: Oxyopi-dae). [Tesis]. Institut Pertanian Bogor. Bogor.
- Reflinaldon, R, Trizelia, Hasmiandy, and J Ganeshi. 2014. Pod borer of peanut and potential entomopathogenic fungi for its control in West Sumatera. *International Journal on Advanced Science, Engineering and Information Technology*. 4(4): 263–267.
- Rosmini, dan SA Lasmini. 2010. Identifikasi cendawan entomopatogen lokal dan tingkat patogenesitasnya terhadap hama wereng hijau (*Nephotettix virescens* Distans.) vektor virus tungro pada tanaman padi sawah di Kabupaten

- Donggala. Agroland: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian. 17(3): 205–212.
- Sanjaya, Y, H Nurhaeni, dan M Halima. 2010. Isolasi, identifikasi, dan karakterisasi jamur entomopatogen dari larva *Spodoptera litura* (Fabricius). Bionatura. 12(3): 136–141.
- Sapieha-Wazkiewich, A, B Marjanska-Cichon, and Z Piwowarczyk. 2005. The occurrence of entomopathogenic fungi in the soil from the plantations of black currant and aronia. Electronic Journal of Polish Agricultural Universities. 8 (1): 1–8.
- Septiana, N, E Rosa, dan CN Ekowati. 2019. Isolasi dan identifikasi cendawan entomopatogen sebagai kandidat bioinsektisida lalat rumah (*Musca domestica*). Biosfer: Jurnal Tadris Biologi. 10(1): 87–94.
- Sidabutar, M, Nuraida, dan A Sofian. 2022. Patogenesitas jamur *Trichoderma viridae* terhadap hama larva kumbang tanduk pada tanama kelapa sawit. Jurnal Agrofolium. 2(2): 135–141.
- Sosa-Gomez, DR, KE Delpin, F Moscardi, and JRB Farias. 2001. Natural occurrence of the entomopathogenic fungi *Metarhizium*, *Beauveria*, and *Paecilomyces* in soybean under till and no-till cultivation systems. Neotropical Entomology. 30(3): 407–410.
- Supriyadi, D, F Pasaru, dan I Lakani. 2017. Efikasi cendawan *Aspergillus* sp. terhadap hama penghisap buah kakao *Helopeltis* sp. (Hemiptera: Miridae) pada tanaman kakao. Agrotekbis. 5(3): 300–307.
- Suryani, Y, P Andayaningsih, dan I Hernaman. 2012. Isolasi dan identifikasi selulolitik pada limbah produksi bioetanol dari singkong yang berpotensi dalam pengolahan limbah menjadi pakan domba. Jurnal Istek. 6(1-2): 1–10.
- Suroto, A, L Soesanto, dan M Bahrudin. 2023. Eksplorasi, identifikasi, dan bioesai jamur entomopatogen terhadap *Spodoptera frugiperda* dari Kabupaten Purbalingga. Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia. 28(4): 513–524.
- Sugimoto, M, M Koike, H Nagao, K Okumura, and M Tani. 2003. Genetic diversity of the entomopathogen *Verticillium lecanii* based on vegetative compatibility. Phytoparasitica. 31(5): 450–457.
- Trizelia, HC Reflinaldon, Shinta, dan Samer. 2011. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfir pertanaman cabai dataran tinggi dan dataran rendah di Sumatera Barat. Prosiding Seminar Nasional Biologi - Biodiversitas dan Ekologi Tropika Indonesia (BioETI). Hlm. 166-176.
- Trizelia, N Armon, dan H Jailani. 2015. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfer berbagai tanaman sayuran. Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia. 1(5): 998–1004.
- Utami, RS, Isnawati, dan R Ambarwati. 2014. Eksplorasi dan karakterisasi cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* dari Kabupaten Malang dan Magetan. Lentera Bio. 3(1): 59–66.
- Varela, A, and E Morales. 1996. Characterization of some *Beauveria bassiana* isolates and their virulence toward the coffee berry *Hypothenemus hampei*. Journal of Invertebrate Pathology. 67(2): 147–152.
- Widariyanto, R, MI Pinem, dan F Azahra. 2017. Patogenesitas beberapa cendawan entomopatogen (*Lecanicillium lecanii*, *Metarhizium anisopliae*, dan *Beauveria bassiana*) terhadap *Aphis glycines* pada tanaman kedelai. Jurnal Agroekoteknologi. 5(1): 8–16.
- Yan, J, H Liu, A Idrees, F Chen, H Lu, G Ouyang, and X Meng. 2022. First record of *Aspergillus fijiensis* as an entomopathogenic fungus against Asian citrus psyllid, *Diaphorina citri* Kuwayama (Hemiptera: Liviidae). Journal of Fungi. 8(11): 1222. DOI: 10.3390/jof8111222.