

Efektifitas Pengendalian Biologis Larva Kumbang Tanduk (*Oryctes Rhinoceros* Linn.) Dengan Menggunakan Agensia Hayati *Metharizium Anisopliae* Metcsh.

Ferdian Saputra^{1*}, Henry Budi Hasibuan²

^{1,2}Institut Teknologi Sawit Indonesia

Corresponding author's email: ferdiansaputra423@gmail.com

ARMADA
JURNAL PENELITIAN MULTIDISIPLIN

e-ISSN: 2964-2981

ARMADA : Jurnal Penelitian Multidisiplin

<https://ejournal.45mataram.ac.id/index.php/armada>

Vol. 04, No. 07 Juli, 2026

Page: 2874-2882

DOI:

<https://doi.org/10.55681/armada.v4i7.3051>

Article History:

Received: Mei 18, 2026

Revised: Juni 22, 2026

Accepted: Juli 17, 2026

Abstract : The rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* Linn.) is a major pest that damages oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) during the immature phase, with young-plant mortality reaching 25%. Chemical control may harm the environment; therefore, the entomopathogenic fungus *Metarhizium anisopliae* is considered a biological control alternative. This study aimed to evaluate the effectiveness of *M. anisopliae*, compare application doses, and analyse mortality responses across *O. rhinoceros* larval instars. Treatments comprised doses of 0, 25, 50, 75, and 100 g and three larval groups: small, medium, and large. Observations were conducted on days 1, 3, 6, 9, 12, and 15, and data were analysed using ANOVA. Results showed that *M. anisopliae* application significantly affected larval mortality, particularly from days 9 to 15. Mortality increased with dose, from 26% in first-instar larvae at 25 g to 80% at 100 g. The highest mortality reached 94% in third-instar larvae treated with 50 and 100 g, while the control remained at 0%. Therefore, *M. anisopliae* controls *O. rhinoceros* larvae and has potential for integrated pest management.

Keywords : *Metarhizium anisopliae*, *Oryctes rhinoceros*, Oil Palm, Biological Control, Mortality.

Abstrak : Kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* Linn.) merupakan hama utama yang sangat merusak tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.), terutama pada fase tanaman belum menghasilkan, dengan potensi kematian tanaman muda mencapai 25%. Pengendalian kimiawi berisiko menimbulkan dampak lingkungan, sehingga jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dipertimbangkan sebagai alternatif pengendalian hayati. Penelitian ini bertujuan menguji efektivitas *M. anisopliae*, membandingkan dosis aplikasi, dan menganalisis respons mortalitas pada berbagai instar larva *O. rhinoceros*. Perlakuan terdiri atas dosis 0, 25, 50, 75, dan 100 g serta tiga kelompok instar, yaitu kecil, sedang, dan besar. Pengamatan dilakukan pada hari ke-1, 3, 6, 9, 12, dan 15, kemudian dianalisis menggunakan ANOVA. Hasil menunjukkan bahwa aplikasi *M. anisopliae* berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva, terutama pada hari ke-9 hingga ke-15. Mortalitas meningkat seiring kenaikan dosis, dari 26% pada instar 1 dosis 25 g menjadi 80% pada dosis 100 g. Mortalitas tertinggi mencapai 94% pada instar 3 dengan dosis 50 dan 100 g, sedangkan kontrol tetap 0%. Dengan demikian, *M. anisopliae* efektif mengendalikan larva *O. rhinoceros* dan berpotensi diterapkan dalam pengendalian hama terpadu.

Kata Kunci : *Metarhizium anisopliae*, *Oryctes rhinoceros*, Kelapa Sawit, Pengendalian Hayati, Mortalitas

PENDAHULUAN

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) merupakan salah satu komoditas perkebunan strategis yang memiliki nilai ekonomi tinggi bagi Indonesia. Indonesia menempati posisi utama dalam produksi minyak sawit mentah atau *crude palm oil* (CPO) dunia. Industri ini berkontribusi terhadap penerimaan ekspor, penciptaan lapangan kerja, pendapatan masyarakat perdesaan, serta pencapaian sejumlah sasaran pembangunan berkelanjutan. Meskipun demikian, keberlanjutan produksi kelapa sawit dipengaruhi oleh praktik budidaya, kondisi lingkungan, kualitas pengelolaan perkebunan, dan gangguan organisme pengganggu tumbuhan berupa hama dan penyakit (Purnomo et al., 2020; Sukiyono et al., 2024).

Salah satu hama utama yang bersifat destruktif pada perkebunan kelapa sawit adalah kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.). Hama ini memiliki wilayah penyebaran yang luas dan berpotensi mengalami perluasan distribusi akibat kesesuaian kondisi lingkungan dan perubahan iklim. Serangan dapat terjadi pada tanaman belum menghasilkan maupun tanaman menghasilkan. Imago merusak tanaman dengan menggerek pangkal pelepah dan jaringan daun muda yang belum membuka. Aktivitas tersebut menimbulkan potongan berbentuk huruf V pada pelepah setelah daun membuka. Serangan berat dapat merusak titik tumbuh, menghambat perkembangan tanaman, menunda masa produksi, dan menyebabkan kematian tanaman muda hingga sekitar 25%. Kerusakan pada tajuk juga mengurangi luas daun aktif sehingga mengganggu fotosintesis dan menurunkan produktivitas tanaman (Etebari et al., 2021; Hao et al., 2022; Pradipta et al., 2020; Prastowo et al., 2022).

Peningkatan populasi *O. rhinoceros* di perkebunan berkaitan erat dengan ketersediaan tempat berkembang biak. Larva tumbuh pada bahan organik yang sedang mengalami dekomposisi, seperti kayu lapuk, rumpukan batang kelapa sawit, kompos, dan tumpukan janjangan kosong. Pemanfaatan janjangan kosong sebagai mulsa memberikan manfaat bagi kesuburan tanah, tetapi penumpukan yang terlalu tebal, lembap, dan tidak terkelola dapat menyediakan habitat yang sesuai bagi perkembangan larva. Karena itu, pengelolaan tempat berkembang biak menjadi komponen penting dalam strategi pengendalian hama terpadu. Pengumpulan larva, sanitasi kebun, pengaturan tumpukan bahan organik, dan perlakuan langsung pada habitat larva dapat menekan sumber populasi sebelum berkembang menjadi imago (Pradipta et al., 2020; Prastowo et al., 2022).

Pengendalian *O. rhinoceros* selama ini masih melibatkan insektisida kimia sintetis. Penggunaan insektisida secara berulang dan tidak tepat dapat meningkatkan risiko resistensi, menimbulkan residu, mengganggu organisme bukan sasaran, dan mencemari lingkungan. Kondisi tersebut mendorong pengembangan metode pengendalian yang lebih selektif dan berkelanjutan. Agens hayati dapat menjadi bagian penting dalam pengendalian hama terpadu karena bekerja melalui proses biologis, dapat diaplikasikan pada habitat hama, dan berpotensi mengurangi ketergantungan terhadap insektisida sintetis. Namun, keberhasilannya bergantung pada pemilihan isolat, formulasi, konsentrasi, kondisi lingkungan, dan kerentanan serangga sasaran (Ayele et al., 2020; Maingi et al., 2023; Manjunatha et al., 2023).

Salah satu agens hayati potensial ialah jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae*. Jamur ini hidup secara alami di dalam tanah dan memiliki kemampuan menginfeksi berbagai kelompok serangga, termasuk anggota ordo Coleoptera. Proses infeksi dimulai ketika konidia melekat pada kutikula serangga, kemudian berkecambah dan membentuk struktur penetrasi. Jamur menghasilkan enzim hidrolitik, seperti protease, kitinase, dan lipase, yang membantu merusak lapisan kutikula. Setelah mencapai hemolimfa, jamur memperbanyak diri, mengganggu sistem imun, mengambil nutrisi inang, dan menghasilkan metabolit sekunder yang mempercepat kematian. Pada kondisi yang sesuai, hifa berkembang keluar dari tubuh serangga dan membentuk konidia berwarna hijau pada permukaan kadaver (Maingi et al., 2023; Mathulwe et al., 2021; Velavan et al., 2022).

Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa isolat *Metarhizium* memiliki patogenisitas tinggi terhadap larva *O. rhinoceros*. Perbedaan spesies dan isolat jamur menghasilkan tingkat mortalitas serta waktu kematian yang berbeda. Isolat lokal tertentu bahkan mampu menimbulkan mortalitas

lebih dari 90% dalam pengujian laboratorium. Penelitian lapangan juga menunjukkan bahwa bioformulasi *Metarhizium* dapat menekan populasi larva, terutama ketika diaplikasikan langsung ke tanah atau tempat berkembang biak hama. Temuan ini menegaskan bahwa efektivitas biologis jamur dipengaruhi oleh virulensi isolat, konsentrasi konidia, metode aplikasi, formulasi, dan karakteristik inang (Manjunatha et al., 2023; Prastowo et al., 2022).

Efektivitas *M. anisopliae* di lapangan juga ditentukan oleh suhu, kelembapan, paparan radiasi ultraviolet, dan kemampuan formulasi mempertahankan viabilitas konidia. Suhu memengaruhi perkecambahan, pertumbuhan miselium, produksi konidia, dan kecepatan kematian serangga. Paparan ultraviolet dapat merusak konidia serta menurunkan daya infeksi, sedangkan formulasi yang mampu melindungi dan mempertahankan jamur di dalam tanah dapat meningkatkan persistensi dan efektivitasnya. Oleh sebab itu, pengujian pada kondisi lapangan diperlukan karena tingkat mortalitas yang diperoleh di laboratorium belum selalu menggambarkan kinerja agens hayati pada lingkungan perkebunan yang dinamis (Acheampong et al., 2020; Agbessenou et al., 2021; Shah et al., 2022; Sutanto et al., 2022; Velavan et al., 2022).

Berdasarkan uraian tersebut, penelitian ini dilakukan untuk menguji efektivitas formulasi bubuk *M. anisopliae* dalam mengendalikan larva *O. rhinoceros* pada media janjangan kosong di perkebunan kelapa sawit. Penelitian secara khusus bertujuan mengevaluasi kemampuan *M. anisopliae* dalam menekan populasi dan menghambat perkembangan larva, membandingkan efektivitas beberapa dosis aplikasi, serta menganalisis mortalitas pada berbagai ukuran atau stadia instar. Hasil penelitian diharapkan memberikan dasar ilmiah dan rekomendasi aplikatif bagi mahasiswa, petani, pengelola perkebunan, serta pemangku kepentingan dalam mengembangkan strategi pengendalian hama terpadu yang efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Desember 2025 sampai dengan Januari 2026. Seluruh rangkaian kegiatan eksperimen, pembasahan media, dan pengamatan mortalitas sampel dilakukan di areal perkebunan kelapa sawit PT. Singaland Asetama, Provinsi Kalimantan Selatan.

Bahan utama yang digunakan dalam penelitian ini adalah agens hayati berupa jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* berbentuk sediaan bubuk formulasi komersial, larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* Linn.) yang diperoleh dari tempat berkembang biak alami di lapangan, janjangan kosong (jankos) kelapa sawit sebagai media tumbuh atau substrat pengujian, dan air bersih untuk melarutkan suspensi jamur. Sementara itu, alat-alat yang digunakan meliputi kotak kayu/ember plastik berukuran standar sebagai wadah pengujian (plot), hand sprayer mikro untuk aplikasi suspensi, timbangan digital analitik untuk menimbang dosis bubuk jamur, jangka sorong untuk mengukur dimensi fisik larva, alat tulis, kamera untuk dokumentasi, serta sarung tangan dan masker sebagai kelengkapan keselamatan kerja.

Rancangan kegiatan eksperimen ini menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) Faktorial yang terdiri atas dua faktor perlakuan dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah tingkat dosis bubuk *M. anisopliae* (P) yang dilarutkan ke dalam 500 ml air bersih per plot berukuran 1 m², yang dibagi menjadi 5 taraf: P0 (0 g atau kontrol), P1 (25 g/m²), P2 (50 g/m²), P3 (75 g/m²), dan P4 (100 g/m²). Faktor kedua adalah klasifikasi ukuran stadia atau instar larva *O. rhinoceros* (K) yang dikelompokkan menjadi 3 taraf berdasarkan ukuran fisiknya, yaitu: K1 (instar kecil), K2 (instar sedang), dan K3 (instar besar). Kombinasi perlakuan menghasilkan 15 unit kombinasi, di mana setiap unit diulang sebanyak 3 kali sehingga diperoleh total 45 plot percobaan. Tiap-tiap plot diisi oleh sejumlah larva sampel sesuai dengan kelompok instarnya masing-masing di dalam media janjangan kosong.

Teknik pengumpulan data dilakukan melalui observasi berkala secara destruktif-terbatas pada plot pengujian setiap hari selama 15 hari masa pengamatan. Parameter utama yang diamati meliputi: (1) persentase mortalitas larva *O. rhinoceros* yang dihitung berdasarkan jumlah larva yang mati dibagi total larva awal dalam plot dikalikan 100%, (2) waktu kematian atau kecepatan infeksi spora jamur pasca-aplikasi, serta (3) perubahan morfologi fisik, tanda-tanda mumifikasi (munculnya miselium putih yang berubah menjadi hijau/muscardin), dan fluktuasi ukuran panjang serta diameter tubuh larva menggunakan jangka sorong.

Seluruh data kuantitatif yang diperoleh dari hasil pengamatan di lapangan ditabulasi secara sistematis. Teknik analisis data yang digunakan adalah analisis sidik ragam atau *Analysis of Variance* (ANOVA) pada taraf kepercayaan 5% dan 1% untuk mengetahui ada tidaknya pengaruh nyata dari faktor dosis, ukuran instar, maupun interaksi keduanya terhadap mortalitas dan perubahan fisik larva. Apabila hasil pengujian ANOVA menunjukkan pengaruh yang berbeda nyata atau sangat nyata, maka analisis dilanjutkan dengan uji komparasi rata-rata menggunakan uji wilayah ganda Duncan atau *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf signifikansi 5% guna menentukan tingkat perlakuan yang paling efektif dan optimum di lapangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil analisis sidik ragam anova menunjukkan bahwa aplikasi *M. anisopliae* berpengaruh nyata terhadap persentase mortalitas larva *O. rhinoceros* pada pengamatan 9 sampai pengamatan 15 pada tabel 1.

Tabel 1. Pengaruh dosis Aplikasi *M. anisopliae* terhadap kematian larva *O. rhinoceros*

Perlakuan P	Pengamatan Ke					
	1	3	6	9	12	15
P0 (Kontrol)	5.47 ^b	5.48 ^{ab}	5.48 ^{ab}	5.63 ^{ab}	5.63 ^{ab}	5.63 ^{ab}
P1 (25gr)	5.28 ^a	5.31 ^a	5.31 ^a	5.33 ^a	5.33 ^a	5.33 ^a
P2 (50gr)	5.51 ^b	5.52 ^b	5.52 ^b	5.52 ^{bc}	5.52 ^{bc}	5.52 ^{bc}
P3 (75gr)	5.38 ^{ab}	5.41 ^{ab}	5.41 ^{ab}	5.41 ^{ab}	5.41 ^{ab}	5.41 ^{ab}
P4 (100gr)	5.30 ^a	5.32 ^a	5.33 ^a	5.33 ^a	5.33 ^a	5.33 ^a

Pada pengamatan hari ke-1 hingga hari ke-15, perlakuan dosis *Metarhizium anisopliae* menunjukkan perbedaan terhadap ukuran larva. Perlakuan P1 (25 g/m²) dan P4 (100 g/m²) cenderung menghasilkan ukuran larva yang lebih rendah dibandingkan perlakuan lainnya. Hal ini mengindikasikan bahwa infeksi jamur dapat menghambat pertumbuhan larva sehingga ukuran tubuh tidak bertambah secara optimal. Perlakuan P2 (50 g/m²) menunjukkan ukuran larva tertinggi, sedangkan P3 (75 g/m²) berada pada kelompok antara. Adanya huruf yang sama pada beberapa perlakuan menunjukkan bahwa perlakuan tersebut tidak berbeda nyata satu sama lain pada taraf 5%.

Tabel 2. Pengaruh ukuran/instar terhadap kematian larva *O. rhinoceros*

Perlakuan K	Pengamatan Ke					
	1	3	6	9	12	15
K1 (Kecil)	2.96 ^a	3.00 ^a	3.02 ^a	3.06 ^a	3.06 ^a	3.06 ^a
K2 (Sedang)	4.67 ^b	4.68 ^b	4.69 ^b	4.69 ^b	4.69 ^b	4.69 ^b
K3 (Besar)	8.54 ^c	8.54 ^c	8.54 ^c	8.58 ^c	8.58 ^c	8.58 ^c

Tingkat Kematian Larva *Oryctes rhinoceros*

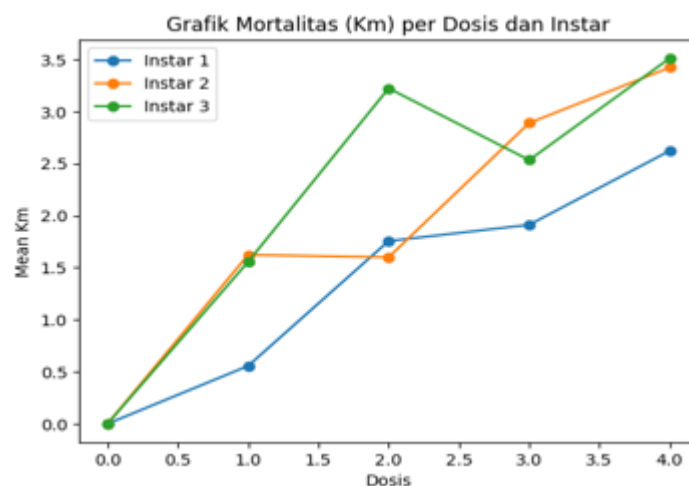
Berdasarkan hasil penelitian yang disajikan pada Tabel 1, aplikasi jamur entomopatogen *M. anisopliae* menunjukkan pengaruh yang signifikan terhadap mortalitas larva *Oryctes rhinoceros*. Fenomena ini memperkuat peran *Metarhizium* sebagai agens pengendali hayati yang potensial dalam menekan populasi hama utama pada tanaman kelapa sawit. Secara umum, data menunjukkan adanya pola interaksi yang jelas antara tingkat konsentrasi/dosis konidia yang diaplikasikan serta tingkat perkembangan (instar) larva target terhadap kecepatan dan persentase kematian total. Ardiyati et al., 2015 menyatakan bahwa semakin banyak jumlah spora dalam suatu jamur, maka kemampuan berkembang jamur akan semakin baik dibandingkan dengan jamur yang memiliki jumlah spora lebih sedikit.

Tabel 3. Pengaruh jamur *M. anisopliae* terhadap tingkat kematian larva *O. rhinoceros*

Instar Larva	Dosis	Rata-rata kematian	Persentase Kematian%
--------------	-------	--------------------	----------------------

Instar 1	PO (Kontrol)	0	0 %
	P1	1,3	26%
	P2	2,3	46%
	P3	2,7	54%
	P4	4,0	80%
Instar 2	PO (Kontrol)	0	0%
	P1	2,3	46%
	P2	2,7	54%
	P3	4,3	86%
	P4	4,3	86%
Instar 3	PO (Kontrol)	0	0%
	P1	2,7	54%
	P2	4,7	94%
	P3	4,3	86%
	P4	4,7	94%

Witjaksono et al, 2015 melaporkan penggunaan *M. anisopliae* pada *breeding site* dan perangkat berferomon dapat menekan populasi dan kerusakan akibat serangan *O. Rhinoceros*. Pada penelitian tersebut persentase larva terinfeksi berkisar 90%, dan berarti masih ada 10% populasi larva *O. rhinoceros* yang berhasil terhindar dari tekanan jamur entomofaga dan meneruskan metamorfosisnya menjadi kumbang. Hasil penelitian Athifa et al (2018) menunjukkan setiap varian isolat *M. anisopliae* memiliki kemampuan yang sama dalam mengendalikan *O. Rhinoceros* dan *L. stigma* baik pada mortalitas, kerapatan spora, maupun LT50. *O. rhinoceros* memiliki mortalitas dan kerapatan spora lebih tinggi dibanding *L. Stigma*. Gopalakrishnan (2001) dalam jurnal Suryanto (2018) menyatakan bahwa *M. anisopliae* memiliki patogenitas pada berbagai larva hama terutama hama *O. rhinoceros* dan *L. stigma*, sehingga setelah terinfeksi hama akan mati dan menurunkan populasi hama.



Gambar 1. Grafik mortalitas kematian per dosis dan instar

Sumber : Dokumen Pribadi

Pengaruh Dosis/Konsentrasi *Metarhizium* sp. terhadap Mortalitas Larva

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa perlakuan tanpa jamur atau kontrol (POK1, POK2, POK3) secara konsisten menghasilkan persentase mortalitas sebesar 0%. Hal ini menandakan bahwa kematian larva pada perlakuan lainnya murni disebabkan oleh infeksi konidia *Metarhizium* sp., bukan faktor lingkungan abiotik atau kontaminasi patogen lain. Sebaliknya, peningkatan dosis dari P1 hingga P4 memicu lonjakan persentase kematian larva yang signifikan di semua tingkatan instar. Sebagai contoh, pada instar 1 (K1), mortalitas meningkat dari 26,0% (P1) menjadi 80,0% (P4). Pola serupa juga terlihat jelas pada kelompok instar 2 (K2) dan instar 3 (K3). Hubungan positif antara dosis dengan tingkat mortalitas ini sejalan dengan hukum aksi massa dalam toksikologi dan patologi serangga. Semakin tinggi kerapatan konidia per mililiter larutan yang

diaplikasikan, maka probabilitas kontak fisik antara konidia jamur dengan kutikula (integumen) larva *O. rhinoceros* akan semakin besar (Athifa et al., 2018).

Secara mekanistik, banyaknya konidia yang menempel pada tubuh larva meningkatkan peluang terjadinya proses perkecambahan (germinasi) secara simultan. Ketika jumlah konidia yang bergerminasi sangat padat, penetrasi miselium ke dalam sirkulasi darah (hemolimfa) serangga akan terjadi secara masif melalui bantuan tekanan mekanis appresorium serta sekresi enzim hidrolitik seperti protease, kitinase, dan lipase (Efendi, 2022). Begitu berada di dalam hemolimfa, jamur akan memproduksi toksin sekunder (seperti destruksin) yang merusak sistem organ dalam, menguras nutrisi inang, dan menyebabkan kematian akibat destruksi jaringan serta septikemia.

Pengaruh Perbedaan Instar Larva terhadap Kerentanan Infeksi

Hal menarik yang teramati dalam penelitian ini adalah adanya variasi sensitivitas larva berdasarkan tingkatan instarnya. Berdasarkan data persentase kematian, kelompok larva instar 3 (K3) cenderung menunjukkan tingkat mortalitas yang sangat tinggi, bahkan mencapai 94% pada perlakuan P2 dan P4. Fenomena ini sekilas berkontradiksi dengan beberapa literatur umum yang menyatakan bahwa serangga dengan instar lebih muda biasanya lebih rentan terhadap patogen karena memiliki kutikula yang lebih tipis (Susanto & Brahmana, 2021).

Kondisi larva *O. rhinoceros*

Dari hasil percobaan menunjukkan bahwa kondisi larva *O. rhinoceros* yang tidak diinfeksi jamur *M. anisopliae* akan berwarna kehitaman, membusuk dan ada juga yang masih hidup. Larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi jamur *M. anisopliae* berbeda karna tidak akan mengalami pembusukan. Tidak membusuknya larva ini disebabkan aktifitas dari jamur yang menempal pada larva *O. rhinoceros*. Kondisi yang tidak terinfeksi dan terinfeksi jamur *M. anisopliae* dapat dilihat dari gambar 1 dan 2.



Gambar 2. Larva *O. rhinoceros* yang tdiak terinfeksi jamur *M. anisopliae*
Sumber : Dokumentasi pribadi



Gambar 3. larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi jamur *M. anisopliae*
Sumber : Dokumentasi pribadi

Larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi jamur *M. anisopliae* akan terlihat spora yang menyelubungi larva tersebut. Spora *M. anisopliae* masuk ketubuh serangga melalui kulit. Spora yang telah masuk dalam tubuh serangga mulai membentuk hifa mulai dari jaringan epidermis

hingga seluruh jaringan tubuh serangga dipenuhi oleh hifa (Suryanto, 2018). Setelah inang terbunuh kumpulan hifa tersebut akan membentuk spora primer dan sekunder, bergantung pada kondisi cuaca, saat cuaca mendukung spora muncul pada kutikula serangga. Infeksi dan penyebaran spora dipengaruhi oleh beberapa faktor, yaitu angin, kelembaban, dan padatan inang. Angin yang kencang dan kelembaban tinggi dapat membantu penyebaran spora dan pemerataan infeksi pada seluruh individu pada populasi inang (Bintang et al., 2016).

KESIMPULAN DAN SARAN

Berdasarkan hasil penelitian, jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* efektif digunakan sebagai agens pengendali hayati untuk menekan populasi dan menghambat pertumbuhan morfologi larva *Oryctes rhinoceros* pada media janjangan kosong. Dosis aplikasi memberikan pengaruh nyata terhadap respons larva. Dosis 25 g/m² telah mampu menahan pertumbuhan panjang tubuh larva pada 5,33 cm dan menunjukkan efektivitas biologis yang setara dengan dosis 100 g/m². Kerentanan larva juga dipengaruhi oleh stadia perkembangan. Larva instar kecil menunjukkan respons mortalitas paling cepat dan tinggi, bahkan mencapai 100% pada dosis 100 g/m², sedangkan larva instar besar memerlukan masa inkubasi lebih panjang hingga mengalami kematian dan mumifikasi pada akhir pengamatan.

Penerapan *M. anisopliae* di perkebunan kelapa sawit sebaiknya dilakukan secara preventif pada tempat berkembang biak berupa tumpukan janjangan kosong dengan sasaran utama larva instar kecil. Dosis 25 sampai 50 g/m² dapat direkomendasikan karena lebih ekonomis dan tetap memiliki daya hambat biologis yang tinggi. Penelitian selanjutnya perlu menguji persistensi spora *M. anisopliae* terhadap perubahan suhu dan kelembapan pada musim hujan dan kemarau. Pengujian tersebut diperlukan untuk menentukan interval aplikasi yang efektif serta mendukung penerapan pengendalian hama terpadu pada skala perkebunan yang lebih luas.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan, bantuan, dan fasilitas selama pelaksanaan penelitian ini. Ucapan terima kasih secara khusus disampaikan kepada dosen pembimbing yang telah memberikan arahan dan masukan selama proses penelitian, serta kepada pihak laboratorium dan instansi terkait yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada keluarga dan rekan-rekan yang telah memberikan dukungan moril sehingga penelitian ini dapat diselesaikan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Ardiyati, A. T., Mudjiono, G., & Himawan, T. (2015). Uji Patogenisitas Jamur Entomopatogen *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin pada Jangkrik (*Gryllus* sp.) (Orthoptera: Gryllidae). 3, 43–51.
- Athifa, S., Anwar, S., & Kristanto, B. A. (2018). Pengaruh keragaman jamur *Metarhizium anisopliae* terhadap mortalitas larva hama *Oryctes rhinoceros* dan *Lepidiota stigma*. *Journal of Agro Complex*, 2(2), 120. <https://doi.org/10.14710/joac.2.2.120-127>
- Bintang, A. S., Wibowo, A., & Harjaka, T. (2016). Keragaman Genetik *Metarhizium Anisopliae* Dan Virulensinya Pada Larva Kumbang Badak (*Oryctes rhinoceros*) (Genetic Diversity Of *Metarhizium Anisopliae* And Virulence Toward Larvae Of *Rhinoceros Beetle* (*Oryctes rhinoceros*)). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(1), 12. <https://doi.org/10.22146/jpti.16015>
- Efendi, S. (2022). Aplikasi Pengelolaan Hama Terpadu Kumbang Tanduk (*Oryctes Rhinoceros* L.) Pada Kelapa Sawit Di Nagari Giri Maju Kabupaten Pasaman Barat. *Jurnal Hilirisasi IPTEKS*, 4(3), 149–159. <https://doi.org/10.25077/jhi.v4i3.498>
- Suryanto, T. (2018). Uji Efektivitas *Metarhizium Anisopliae* sebagai Pengendali Larva *Oryctes Rhinoceros* di Perkebunan Kelapa Sawit. *Jurnal Citra Widya Edukasi*, 12(2), 143–148.
- Susanto, A., & Brahmana, J. (2021). Serangan *Oryctes rhinoceros* pada Tanaman Kelapa Sawit Menghasilkan (TM). 16(8), 1–7.
- Witjaksono et al. (2015). *PRESSURE OF Metarhizium anisopliae And Pheromone Trap Application*

To The Population And Damage Caused By Oryctes rhinoceros. 19(2), 73–79.

- Acheampong, M. A., Hill, M. P., Moore, S. D., & Coombes, C. A. (2020). UV sensitivity of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* isolates under investigation as potential biological control agents in South African citrus orchards. *Fungal Biology*, 124(5), 304–310. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2019.08.009>
- Agbessenou, A., Akutse, K. S., Yusuf, A. A., Wekesa, S. W., & Khamis, F. M. (2021). Temperature-dependent modelling and spatial prediction reveal suitable geographical areas for deployment of two *Metarhizium anisopliae* isolates for *Tuta absoluta* management. *Scientific Reports*, 11, 23346. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-02718-w>
- Ayele, B. A., Muleta, D., Venegas, J., & Assefa, F. (2020). Morphological, molecular, and pathogenicity characteristics of the native isolates of *Metarhizium anisopliae* against the tomato leafminer, *Tuta absoluta* (Meyrick 1917) in Ethiopia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 30, 59. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00261-w>
- Etebari, K., Hereward, J., Sailo, A., Ahoafi, E. M., Tautua, R., Tsatsia, H., Jackson, G. V., & Furlong, M. J. (2021). Examination of population genetics of the coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*) and the incidence of its biocontrol agent (*Oryctes rhinoceros* nudiviruses) in the South Pacific Islands. *Current Research in Insect Science*, 1, 100015. <https://doi.org/10.1016/j.cris.2021.100015>
- Hao, M., Aidoo, O. F., Qian, Y., Wang, D., Ding, F., Ma, T., Tetey, E., Ninsin, K. D., Osabutey, A. F., & Borgemeister, C. (2022). Global potential distribution of *Oryctes rhinoceros*, as predicted by boosted regression tree model. *Global Ecology and Conservation*, 37, e02175. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02175>
- Maingi, F. M., Akutse, K. S., Ajene, I. J., Omolo, K. M., & Khamis, F. M. (2023). Immunological responses and gut microbial shifts in *Phthorimaea absoluta* exposed to *Metarhizium anisopliae* isolates under different temperature regimes. *Frontiers in Microbiology*, 14, 1258662. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1258662>
- Manjunatha, C., Velavan, V., Rangeshwaran, R., Mohan, M., Kandan, A., Sivakumar, G., Shylesha, A. N., Prasanna Kumar, M. K., Pramesh, D., Sujithra, M., Ranganath, H. K., & Sushil, S. N. (2023). Assessment of bio-formulations of indigenous strains of *Bacillus thuringiensis*, *Metarhizium robertsii* and *Metarhizium majus* for management of the rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* L., in field. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 33, 70. <https://doi.org/10.1186/s41938-023-00715-x>
- Mathulwe, L. L., Jacobs, K., Malan, A. P., Birkhofer, K., Addison, M. F., & Addison, P. (2021). Characterisation of *Metarhizium majus* isolated from the Western Cape Province, South Africa. *PLOS ONE*, 16(2), e0240955. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0240955>
- Pradipta, A. P., Wagiman, F. X., & Witjaksono. (2020). The potency of collecting larvae of *Oryctes rhinoceros* L. in the oil palm plantation. *AGRIVITA Journal of Agricultural Science*, 42(1), 153–159. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v42i1.2489>
- Prastowo, S., Soeharto, Addy, H. S., & Handoyo, T. (2022). Virulence of *Metarhizium* isolated from infected *Oryctes rhinoceros* L. larvae around coconut plantations in East Java, Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 32, 146. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00642-3>
- Purnomo, H., Okarda, B., Dermawan, A., Ilham, Q. P., Pacheco, P., Nurfatriani, F., & Suhendang, E. (2020). Reconciling oil palm economic development and environmental conservation in Indonesia: A value chain dynamic approach. *Forest Policy and Economics*, 111, 102089. <https://doi.org/10.1016/j.forpol.2020.102089>
- Shah, S., Ash, G. J., & Wilson, B. A. L. (2022). Resporulation of calcium alginate encapsulated *Metarhizium anisopliae* on Metham-fumigated soil and infectivity on larvae of *Tenebrio molitor*. *Journal of Fungi*, 8(10), 1114. <https://doi.org/10.3390/jof8101114>
- Sukiyono, K., Romdhon, M. M., Mulyasari, G., Yuliarso, M. Z., Nabiu, M., Trisusilo, A., Reflis, Napitupulu, D. M., Nugroho, Y., Puspitasari, M. S., Sugiardi, S., Arifudin, & Masliani. (2024). Smallholder palm oil and sustainable development goals achievement: An empirical analysis. *Sustainable Futures*, 8, 100233. <https://doi.org/10.1016/j.sftr.2024.100233>

- Sutanto, K. D., Husain, M., Rasool, K. G., Malik, A. F., Al-Qahtani, W. H., & Aldawood, A. S. (2022). Persistency of indigenous and exotic entomopathogenic fungi isolates under ultraviolet B irradiation to enhance field application efficacy and obtain sustainable control of the red palm weevil. *Insects*, 13(1), 103. <https://doi.org/10.3390/insects13010103>
- Velavan, V., Dhanapal, R., Ramkumar, G., Karthi, S., Senthil-Nathan, S., Ndomba, O. A., & Kweka, E. J. (2022). Characterization and evaluation of *Metarhizium* spp. isolates for their temperature tolerance. *Journal of Fungi*, 8(1), 68. <https://doi.org/10.3390/jof8010068>