

**UJI EFEKTIVITAS METABOLIT SEKUNDER *Ganoderma boninense*
SEBAGAI INSEKTISIDA INOVATIF HAMA *Oryctes rhinoceros*
PADA KELAPA SAWIT**

Skripsi

Oleh

**APIEF MIFTAHUL HUDA
2214191025**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

ABSTRAK

UJI EFEKTIVITAS METABOLIT SEKUNDER *Ganoderma boninense* SEBAGAI INSEKTISIDA INOVATIF HAMA *Oryctes rhinoceros* PADA KELAPA SAWIT

OLEH

APIEF MIFTAHUL HUDA

Kelapa sawit merupakan komoditas penting di Indonesia yang rentan terhadap serangan hama *Oryctes rhinoceros*. Pengendalian hama ini masih bergantung pada insektisida kimia sintetik yang berisiko menimbulkan resistensi dan dampak lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi efektivitas metabolit sekunder *Ganoderma boninense* sebagai insektisida terhadap larva *O. rhinoceros*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Bioteknologi dan Ilmu Hama Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Uji pendahuluan menggunakan larva *Tenebrio molitor* dilakukan untuk menyeleksi tiga isolat terbaik, kemudian dilanjutkan pada larva *O. rhinoceros* instar II-III menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan. Variabel yang diamati meliputi mortalitas larva dan kecepatan kematian. Data mortalitas dianalisis menggunakan ANOVA dan *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) taraf 5%, sedangkan kecepatan kematian dihitung menggunakan *Mean Time to Death* (MTD). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metabolit sekunder *G. boninense* memiliki aktivitas insektisida terhadap larva uji. Isolat Km.08 menunjukkan efektivitas tertinggi dengan mortalitas larva sebesar 31,66% dan kecepatan kematian tercepat, yaitu 4,47 hari. Dengan demikian, metabolit sekunder *G. boninense*, khususnya isolat Km.08, berpotensi dikembangkan sebagai Insektisida ramah lingkungan untuk mendukung pengendalian berkelanjutan hama *O. rhinoceros* pada kelapa sawit.

Kata kunci: *Ganoderma boninense*, Insektisida, kelapa sawit. metabolit sekunder, *Oryctes rhinoceros*,

ABSTRACT

EFFECTIVENESS OF SECONDARY METABOLITES OF *Ganoderma boninense* AS AN INNOVATIVE INSECTICIDE AGAINST *Oryctes rhinoceros* ON OIL PALM

By

APIEF MIFTAHUL HUDA

*Oil palm is an important commodity in Indonesia that is vulnerable to attacks by the pest *Oryctes rhinoceros*. The control of this pest still largely depends on synthetic chemical insecticides, which may lead to resistance development and adverse environmental impacts. This study aimed to evaluate the effectiveness of secondary metabolites produced by *Ganoderma boninense* as an insecticide against *O. rhinoceros* larvae. The research was conducted at the Biotechnology and Plant Pest Science Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. A preliminary bioassay using *Tenebrio molitor* larvae was carried out to select the three most promising isolates, followed by testing on second- to third-instar *O. rhinoceros* larvae using a Completely Randomized Design (CRD) consisting of five treatments and three replications. The observed variables included larval mortality and mortality rate. Mortality data were analyzed using Analysis of Variance (ANOVA) followed by Duncan's Multiple Range Test (DMRT) at the 5% significance level, while the mortality rate was determined using Mean Time to Death (MTD). The results demonstrated that the secondary metabolites of *G. boninense* exhibited insecticidal activity against the test larvae. Isolate Km.08 showed the highest effectiveness, resulting in a larval mortality rate of 31.66% and the fastest mortality time, with an MTD value of 4.47 days. Therefore, the secondary metabolites of *G. boninense*, particularly isolate Km.08, have the potential to be developed as an environmentally friendly insecticide to support the sustainable management of *O. rhinoceros* in oil palm plantations.*

Keywords: *Ganoderma boninense*, insecticide, oil palm, *Oryctes rhinoceros*, secondary metabolites.

**UJI EFEKTIVITAS METABOLIT SEKUNDER *Ganoderma boninense*
SEBAGAI INSEKTISIDA INOVATIF HAMA *Oryctes rhinoceros*
PADA KELAPA SAWIT**

Oleh

APIEF MIFTAHUL HUDA

Skripsi

**Sebagai Salah Satu Syarat untuk mencapai Gelar
SARJANA PERTANIAN**

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2026**

Judul Skripsi

**: UJI EFEKTIVITAS METABOLIT SEKUNDER
Ganoderma boninense SEBAGAI INSEKTISIDA
INOVATIF HAMA *Oryctes rhinoceros* PADA
KELAPA SAWIT**

Nama Mahasiswa

: Apief Miftahul Huda

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2214191025

Program Studi

: Proteksi Tanaman

Fakultas

: Pertanian



**Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si.
NIP 198707042023212051**

**Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
NIP 198106212005011003**

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman

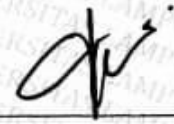
**Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si
NIP. 198002082005011002**

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji

Ketua

: Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si.



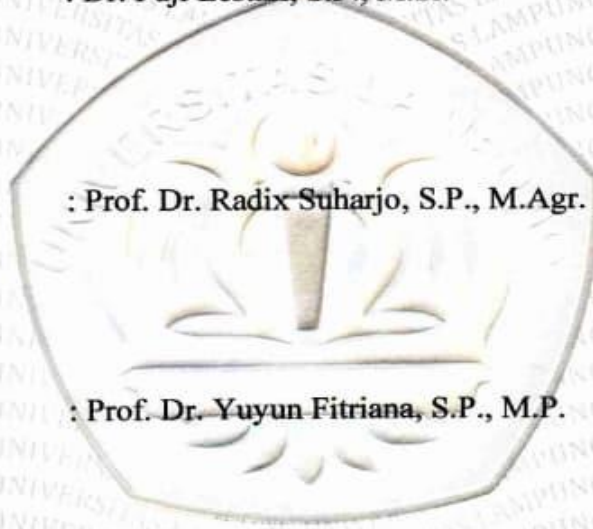
Sekretaris

: Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.



Anggota

: Prof. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.



Dr. H. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP. 196411181989021002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 02 Juni 2026

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“UJI EFEKTIVITAS METABOLIT SEKUNDER *Ganoderma boninense* SEBAGAI INSEKTISIDA INOVATIF HAMA *Oryctes rhinoceros* PADA KELAPA SAWIT”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya tulis ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 12 Juni 2026



Apief Miftahul Huda
NPM 2214191025

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Lampung Timur, Provinsi Lampung, pada tanggal 09 November 2003 sebagai anak kedua dari pasangan Bapak Sarifudin (Alm) dan Ibu Sunarsih. Penulis menyelesaikan pendidikan dasar di SD Negeri 5 Rajabasa Lama pada tahun 2016, pendidikan menengah pertama di SMP Negeri 1 Labuhan Ratu pada tahun 2019, dan pendidikan menengah atas di SMA Negeri 1 Labuhan Ratu pada tahun 2022. Pada tahun 2022, penulis diterima sebagai mahasiswa Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SNMPTN.

Selama perkuliahan, penulis aktif dalam kegiatan akademik dan pengembangan diri melalui organisasi kemahasiswaan. Pada tahun 2023, penulis melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian di Desa Karyamulya Sari, Kecamatan Candipuro, Kabupaten Lampung Selatan. Pada tahun 2025, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Mulang Maya, Kecamatan Kotabumi Selatan, Kabupaten Lampung Utara, serta Praktik Umum di PT GGF PG 4, Lampung Timur, Provinsi Lampung.

Selama perkuliahan, penulis pernah menjadi asisten dosen pada praktikum Ilmu Hama Tanaman dan Pengendalian Terpadu Hama dan Penyakit Tanaman pada tahun 2025. Penulis juga aktif berorganisasi sebagai Anggota Diklat Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman periode 2023/2024, Anggota Komisi PSDM DPM U periode 2023/2024, Anggota PSDM PIK RAYA periode 2023/2024, Anggota PSDM Dewan Energi Mahasiswa Lampung periode 2024/2025, serta menjabat sebagai Ketua Departemen Kajian dan Aksi Strategis BEM Fakultas Pertanian Universitas Lampung periode 2024/2025.

PERSEMBAHAN

1. Teruntuk Ibunda tercinta, permata hati yang Tuhan titipkan dalam hidupku. Dengan keteguhan dan cinta yang tak pernah usai, Ibu menjadi pelita di setiap langkah dan doa yang tak pernah putus dalam setiap perjuanganku. Dua puluh dua tahun Ibu membesarkan dan membinaku dengan penuh pengorbanan, hari ini kupersembahkan gelar S.P ini sebagai bentuk bakti dan syukurku. Semoga Allah menganugerahkan Ibu umur panjang, kesehatan, dan kebahagiaan, serta menjadikan setiap langkahku sebagai sumber bangga dan ketenangan hati Ibu.

2. Teruntuk Ayahandaku tersayang, Allahu yarham, yang telah lebih dulu menepi ke keabadian, gelar S.P ini kupersembahkan sebagai bingkisan rindu dan bukti janji kecilku untuk tumbuh menjadi pribadi yang tak mudah menyerah. Dari kehilanganmu aku belajar tentang tanggung jawab dan keberanian, semoga setiap doa yang kupanjatkan sampai kepadamu, dan Tuhan menempatkanmu di tempat terbaik, sebagaimana engkau selalu menjadi yang terbaik bagiku, dan

3. *Last but not least*, terima kasih untuk diriku sendiri. Terima kasih telah bertahan, memeluk diri saat dunia terasa terlalu bising, dan tetap kuat meski sering berjuang dalam diam. Hari ini, gelar S.P kupersembahkan untukmu sebagai bukti bahwa kita tidak pernah menyerah. Ini bukan akhir, hanya satu simpul dari mimpi yang terus kita rajut. Jika kelak kembali lelah, ingatlah kau pernah sampai sejauh ini karena keberanianmu sendiri.

MOTO

"Allah tidak akan mengubah nasib suatu kaum hingga mereka mengubah apa yang ada pada diri mereka sendiri"

(Q.S Ar-Ra'd:11)

“Laki-laki akan bekerja seumur hidupnya, laki-laki hidup untuk menghidupi dan membahagiakan”

(Q.S At- Taubah:105)

SANWACANA

Alhamdulillahirabbil'alamin, puji dan syukur penulis panjatkan ke hadirat Allah SWT atas segala rahmat, hidayah, serta karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“Uji Efektifitas Metabolit Sekunder *Ganoderma boninense* Sebagai Insektisida Inovatif Hama *Oryctes rhinoceros* pada Kelapa Sawit”**.

Shalawat serta salam senantiasa tercurah kepada Nabi Muhammad SAW yang syafaatnya senantiasa diharapkan di yaumul qiyamah kelak.

Skripsi ini disusun sebagai salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Dalam proses penyusunan skripsi ini, penulis memperoleh banyak bantuan, bimbingan, serta dukungan dari berbagai pihak. Oleh karena itu, penulis menyampaikan terima kasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si. selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung,
3. Prof. Dr. Ir. F.X Susilo, M.Sc. selaku Pembimbing akademik yang selalu memberikan bimbingan dan arah penulis selama menjadi mahasiswa,
4. Dr. Puji Lestari, S.P., M.Si. selaku Dosen Pembimbing utama yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
5. Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan banyak ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,
6. Prof. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P. selaku dosen pembahas yang telah memberikan ilmu, motivasi, bimbingan, semangat, serta masukan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini,

7. Kepada kedua orang tua bapak Sarifudin (alm) dan Ibu Sunarsih, serta kakak dan adik ku tersayang Dwi Fitrianingsih dan Dapit Kurniawan yang telah memberikan banyak dukungan, doa, nasihat, motivasi dan semangat kepada penulis dalam menyelesaikan pendidikan,
8. Tim laboratorium mba Tari, bang Nando, mba Mei, mba Fitri dan mba Lidiya terima kasih atas bantuan dan sarannya kepada penulis dalam menyelesaikan penelitian,
9. Kepada seseorang yang kelak hadir dalam perjalanan hidup penulis, terima kasih atas doa, dukungan, dan semangat yang mungkin akan menyertai setiap langkah perjuangan ini di masa yang akan datang,
10. Teman-teman seperjuangan yang telah membantu dan menemani penulis selama masa studi, dan
11. Keluarga besar Proteksi Tanaman terkhusus angkatan 2022, terima kasih atas kerja sama, dukungan, bantuan, motivasi, dan semangat yang telah diberikan kepada penulis.

Bandar Lampung, 2026

Apief Miftahul Huda

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	v
DAFTAR TABEL	vii
DAFTAR GAMBAR	viii
 I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Tujuan Penelitian.....	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis	5
 II. TINJAUAN PUSTAKA	 4
2.1 Kumbang Tanduk	4
2.1.1 Siklus Hidup	7
2.1.1.1 Telur	7
2.1.1.2 Larva	8
2.1.1.3 Pra Pupa dan Pupa.....	9
2.1.1.4 Imago.....	9
2.1.2 Pengendalian.....	10
2.2 Metabolit Sekunder	11
2.3 Metabolit Sekunder sebagai Insektisida	12
2.4 Senyawa Metabolit Sekunder <i>G. boninense</i>	13
 III. METODOLOGI PENELITIAN.....	 15

3.1 Waktu dan Tempat	15
3.2 Alat dan Bahan	15
3.3 Rancangan Penelitian	15
3.4 Pelaksanaan Penelitian	17
3.4.1 Pembuatan Media PDA	17
3.4.2. Perbanyakkan Jamur <i>G. boninense</i>	17
3.4.3 Pembuatan Media PDB.....	18
3.4.4 Pembuatan Metabolit Sekunder Dari Miselium Jamur.....	18
3.4.5 Pembuatan Metabolit Sekunder Dari badan Buah Jamur	18
3.4.6. Uji Kemampuan Sebagai Insektisida.....	19
3.4.6.1 Uji Pendahuluan Aktivitas Insektisida pada Larva <i>T. molitor</i> ...	19
3.4.6.2 Uji Potensi Insektisida pada Larva <i>O. rhinoceros</i>	20
3.5 Analisis Data.....	22
IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	23
4.1 Hasil.....	23
4.1.1 Sampel Jamur <i>G. boninense</i>	23
4.1.2 Isolasi Badan Buah dan Identifikasi Jamur <i>G. boninense</i>	24
4.1.3 Kemampuan Metabolit Sekunder <i>G. boninense</i> a	26
4.1.3.1 Kemampuan dalam Menyebabkan Kematian <i>T. molitor</i>	27
4.2 Pembahasan	30
V. SIMPULAN DAN SARAN.....	38
5.1 Simpulan.....	38
5.2 Saran	38
DAFTAR PUSTAKA.....	39
LAMPIRAN.....	43

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Perlakuan pada Uji Pendahuluan terhadap <i>T. molitor</i>	16
2. Perlakuan pada Uji <i>O. rhinoceros</i>	16
3. Identitas Isolat <i>G. boninense</i> yang Digunakan dalam Uji	24
4. Rata-rata Kecepatan Kematian Larva <i>O. rhinoceros</i> pada Berbagai	30
5. Data mentah Uji Pendahuluan Aktivitas Insektisida pada Larva	44
6. Data Mentah Uji Efektivitas Insektisida pada Larva <i>O.</i>	44
7 Analisis Ragam Mortalitas <i>O. rhinoceros</i>	44

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Siklus Hidup <i>O. rhinoceros</i>	9
2. Alur Penelitian efektivitas metabolit sekunder <i>G. boninense</i>	23
3. Sampel badan buah yang diambil dari beberapa lokasi:	23
4. Isolat <i>G. boninense</i> tampak depan	25
5. Isolat <i>G. boninense</i> tampak belakang	25
6. Pengamatan mikroskopik isolat <i>G. boninense</i> :	26
7. Kemampuan metabolit sekunder <i>G. boninense</i> sebagai Insektisida	27
8. Diagram batang persentase mortalitas larva <i>T. molitor</i>	28
9. Hasil uji kemampuan metabolit sekunder <i>G. boninense</i> sebagai	29
10. Diagram batang perbandingan Rataan Larva <i>O. rhinoceros</i>	29

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit merupakan salah satu komoditas strategis nasional yang berperan penting dalam perekonomian Indonesia baik sebagai sumber devisa maupun penyedia bahan baku industri. Luas areal perkebunan kelapa sawit mencapai kurang lebih 16,0 juta hektar pada tahun 2024 menunjukkan besarnya skala produksi nasional (Badan Pusat Statistik, 2025). Namun ekspansi areal yang masif tersebut tidak hanya meningkatkan kapasitas produksi, tetapi juga memperbesar kompleksitas dalam pengelolaan budidaya, khususnya terkait tekanan organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang berpotensi menurunkan produktivitas dan menyebabkan kerugian ekonomi yang signifikan.

Salah satu hama utama pada tanaman kelapa sawit adalah *Oryctes rhinoceros*. Hama ini menyerang berbagai fase pertumbuhan, baik tanaman muda maupun tanaman yang telah menghasilkan. Imago *O. rhinoceros* menggerek pangkal pelepah dan memakan jaringan tunas muda sehingga menyebabkan daun tombak patah, membusuk, dan pertumbuhan tanaman terganggu (Tyasmoro dkk., 2021). Serangan yang berulang dapat merusak bagian inti batang dan menurunkan produktivitas tanaman secara signifikan (Andre dkk., 2020). Pada kondisi serangan berat, tingkat kematian tanaman muda, mencapai 25%, sedangkan pada tanaman produktif penurunan hasil panen dilaporkan mencapai 60-69% (Gunawan dkk., 2023; Handoko dkk., 2017). Tingginya tingkat kerusakan ini menunjukkan bahwa *O. rhinoceros* tidak hanya

berperan sebagai hama penting, tetapi juga mencerminkan keterbatasan efektivitas strategi pengendalian yang selama ini diterapkan di lapangan.

Upaya pengendalian *O. rhinoceros* saat ini masih didominasi oleh penggunaan insektisida kimia sintetis karena dinilai praktis dan memberikan hasil yang cepat. Namun demikian, pendekatan ini memiliki keterbatasan yang mendasar. Secara ekologis, sebagian besar siklus hidup *O. rhinoceros*, khususnya stadia larva, berlangsung di dalam bahan organik seperti tandan kosong, batang lapuk, atau media dekomposisi lainnya, sehingga paparan insektisida menjadi tidak optimal. Selain itu, Penggunaan insektisida yang berulang dalam jangka panjang berpotensi menimbulkan resistensi hama, pencemaran lingkungan, serta gangguan terhadap organisme non-target.

Kondisi ini menunjukkan bahwa pendekatan pengendalian yang bersifat reaktif dan berbasis kimia semata belum mampu memberikan solusi yang berkelanjutan. Salah satu pendekatan yang berpotensi dikembangkan adalah pemanfaatan organisme patogen sebagai sumber senyawa bioaktif untuk pengendalian hama. Beberapa patogen tanaman diketahui menghasilkan metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis luas, tidak hanya dalam proses infeksi terhadap inang, tetapi juga berpotensi bersifat toksik terhadap organisme lain, termasuk serangga. Jamur *Ganoderma boninense*, dikenal sebagai patogen utama tanaman kelapa sawit penyebab penyakit busuk batang pada kelapa sawit, namun jamur ini menghasilkan berbagai senyawa bioaktif seperti flavonoid, saponin, saponin steroid, dan fenol (Fitriani dkk., 2022). Senyawa-senyawa tersebut dilaporkan memiliki aktivitas biologis yang dapat mengganggu sistem metabolisme serangga, menurunkan aktivitas makan, serta menyebabkan kematian larva melalui gangguan fisiologis (Wardati dkk., 2024; Permana dan Diyasti, 2022). Hal ini menunjukkan bahwa *G. boninense* tidak hanya berperan sebagai patogen, tetapi juga berpotensi sebagai sumber senyawa bioaktif yang dapat dimanfaatkan dalam pengendalian hama.

Meskipun *G. boninense* umumnya dikenal sebagai patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit, penelitian ini tidak menggunakan jamur hidup, melainkan metabolit sekundernya. Pendekatan tersebut dilakukan untuk memanfaatkan aktivitas biologis senyawa bioaktif yang dihasilkan tanpa meningkatkan risiko infeksi maupun penyebaran penyakit pada tanaman, mengingat *G. boninense* merupakan patogen tular akar yang dapat menyebar melalui kontak akar dan basidiospora pada perkebunan kelapa sawit (Sahebi *et al.*, 2017). Oleh karena itu, penggunaan metabolit sekunder dinilai lebih aman dibandingkan penggunaan jamur hidup secara langsung serta berpotensi dikembangkan sebagai sumber bahan aktif Insektisida yang lebih ramah lingkungan.

Hingga saat ini, kajian mengenai efektivitas metabolit sekunder *G. boninense* terhadap hama *O. rhinoceros* juga masih belum dilaporkan, padahal metabolit tersebut memiliki potensi sebagai pendekatan inovatif dalam pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk menguji kemampuan metabolit sekunder *G. boninense* dalam menyebabkan mortalitas serta menghambat pertumbuhan larva *O. rhinoceros*, sekaligus menjadi dasar pengembangan Insektisida berbasis metabolit sekunder.

1.2 Tujuan Penelitian

Penelitian ini bertujuan untuk mengevaluasi dan membandingkan efektivitas metabolit sekunder dari berbagai isolat *G. boninense* terhadap mortalitas dan rata-rata waktu kematian larva *O. rhinoceros*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Jamur *G. boninense* merupakan patogen utama penyebab penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit. Selain berperan sebagai patogen, jamur ini diketahui menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang mengandung senyawa bioaktif,

seperti flavonoid, saponin, saponin steroid, dan fenol (Fitriani dkk., 2022). Senyawa-senyawa tersebut memiliki aktivitas biologis yang dapat memengaruhi fisiologi serangga, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif insektisida.

Senyawa bioaktif yang terkandung dalam metabolit sekunder *G. boninense* dilaporkan memiliki aktivitas insektisida terhadap berbagai jenis hama melalui mekanisme gangguan fisiologis dan metabolisme serangga (Wardati dkk., 2024). Flavonoid dan fenol dapat berperan sebagai antifeedant yang menyebabkan penurunan aktivitas makan larva, sedangkan saponin dan saponin steroid dapat mengganggu sistem pencernaan, membran sel, dan metabolisme energi serangga. Gangguan tersebut dapat menurunkan kondisi fisiologis larva dan pada akhirnya menyebabkan kematian.

Flavonoid, fenol, saponin, dan saponin steroid yang terkandung dalam metabolit sekunder *G. boninense* diketahui memiliki aktivitas biologis terhadap serangga. Flavonoid dan fenol dapat berperan sebagai antifeedant yang menyebabkan penurunan aktivitas makan larva, sedangkan saponin dan saponin steroid dapat mengganggu membran sel, sistem pencernaan, serta metabolisme energi serangga. Gangguan fisiologis tersebut menyebabkan larva mengalami penurunan kondisi tubuh dan ketidakseimbangan metabolisme yang pada akhirnya dapat berujung pada kematian (Permana dan Diyasti, 2022; Risdiyanti dkk., 2022).

Keberagaman metabolit sekunder yang dimiliki genus *Ganoderma* menunjukkan potensinya sebagai sumber senyawa bioaktif dengan aktivitas biologis yang luas. Kajian fitokimia menunjukkan bahwa *Ganoderma* spp. menghasilkan berbagai metabolit sekunder, terutama triterpenoid, steroid, fenolik, dan senyawa turunannya yang berperan penting dalam berbagai aktivitas biologis (Baby *et al.*, 2015). Selain itu, *G. boninense* menghasilkan senyawa bioaktif dari miselium maupun badan buah yang berpotensi mengganggu fungsi fisiologis organisme target (Chan dan Chong, 2022). Senyawa-senyawa tersebut diduga mampu menurunkan aktivitas makan, mengganggu proses metabolisme, serta menyebabkan kematian pada larva serangga.

Penelitian mengenai pemanfaatan metabolit sekunder *G. boninense* sebagai agen pengendali hama masih sangat terbatas, karena selama ini jamur tersebut lebih banyak dikaji sebagai penyebab penyakit busuk pangkal batang pada kelapa sawit. Padahal, kandungan senyawa bioaktif yang dimilikinya berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber bahan aktif insektisida yang lebih ramah lingkungan dan mendukung sistem pengendalian hama berkelanjutan.

Berdasarkan uraian tersebut, metabolit sekunder *G. boninense* diduga mampu menyebabkan mortalitas dan mempercepat kematian larva *O. rhinoceros*. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengevaluasi dan membandingkan efektivitas metabolit sekunder dari berbagai isolat *G. boninense* terhadap mortalitas dan rata-rata kecepatan kematian larva *O. rhinoceros* sebagai dasar pengembangan insektisida yang ramah lingkungan.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah metabolit sekunder *G. boninense* diduga memiliki aktivitas insektisida terhadap larva *O. rhinoceros*, yang ditunjukkan oleh peningkatan mortalitas dan percepatan waktu kematian larva.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kumbang Tanduk

Hama *O. rhinoceros*, atau yang dikenal sebagai kumbang tanduk, merupakan hama utama yang sering menyerang tanaman kelapa sawit di kawasan tropis, termasuk Indonesia. Hama ini dikenal karena larvanya berkembang biak di dalam tanah dan pada bahan organik yang membusuk, seperti batang kelapa yang sudah tidak sehat, sehingga menyebabkan kerusakan pada titik tumbuh dan mengurangi produktivitas tanaman (Indriyanti *et al.*, 2018; Moslim *et al.*, 2006). Beberapa penelitian menunjukkan bahwa keberadaan larva sangat dipengaruhi oleh ketersediaan substrat organik serta kondisi lingkungan seperti kelembaban dan suhu, yang mendukung pertumbuhan dan mobilitas larva di area tanaman (Amalia dan Yusa, 2018).

Pemahaman mengenai siklus hidup dan ekologi *O. rhinoceros* menjadi penting untuk mengantisipasi dampak ekonomi yang ditimbulkan akibat kerusakan pada tanaman kelapa sawit. Menurut (CABI, 2015) *O. rhinoceros* dapat diklasifikasikan sebagai berikut :

Kingdom	: Animalia
Filum	: Arthropoda
Kelas	: Insekta
Ordo	: Coleoptera
Famili	: Scarabaeidae
Genus	: <i>Oryctes</i>
Spesies	: <i>Oryctes rhinoceros</i>

Imago *O. rhinoceros* menyerang tanaman kelapa sawit berusia 2,5 tahun dengan merusak pelepah daun dan tajuk tanaman. Serangan ini menyebabkan penurunan produksi tandan buah segar hingga 69% pada tahun pertama. Selain itu, *O. rhinoceros* juga dapat menyebabkan kematian pada tanaman muda hingga 25%. Keberadaan tumpukan tandan kosong kelapa sawit atau sisa tumbuhan kayu yang membusuk di lapangan menjadi tempat ideal bagi larva *O. rhinoceros* untuk berkembang biak. Hama ini juga menyerang pelepah daun yang belum membuka, sehingga menghambat proses fotosintesis yang berdampak pada pertumbuhan dan produktivitas kelapa sawit (Fajar *et al.*, 2017).

2.1.1 Siklus Hidup

Siklus hidup *O. rhinoceros* diawali dengan telur, larva pra pupa, pupa dan sampai dengan imago (CABI, 2015).

2.1.1.1 Telur

O. rhinoceros mempunyai telur yang berwarna putih kekuningan dengan panjang 2 mm dan diameter 3 mm. Bentuk telur biasanya oval kemudian mulai membengkak sekitar satu minggu setelah peletakan (Wood, 1968) dan kemudian menetas pada umur 8-12 hari (Bedford, 1976). Pengukuran menunjukkan bahwa telur *O. rhinoceros* memiliki panjang sekitar 3 mm dan lebar 2 mm. Di habitat alaminya, telur ini ditemukan pada batang kelapa sawit yang telah melapuk, berada di kedalaman 15-20 cm (Andre dkk., 2020).

Secara umum, imago *O. rhinoceros* bertelur pada bahan organik. Selain pada batang kelapa sawit yang membusuk, penelitian oleh Prawirosukarto dkk. (2003) mengungkapkan bahwa limbah kelapa sawit lain, seperti tandan kosong kelapa sawit (TKKS), juga menjadi tempat bertelur serangga ini. Selain itu, bahan organik lain seperti tumpukan sampah, daun yang membusuk, pupuk kandang, dan kompos juga dapat menjadi habitat bagi stadium pradewasa *O. rhinoceros* (Tjahjadi, 1996).

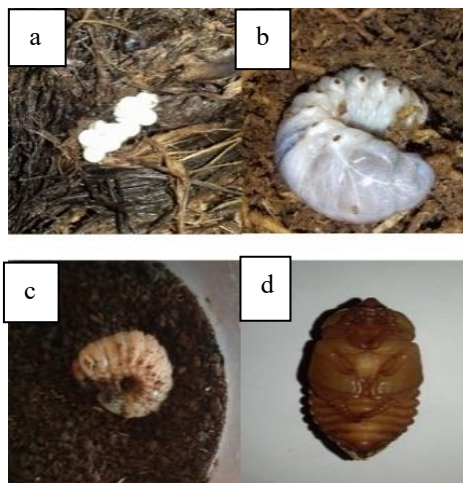
Dalam pengamatan di lapangan, ditemukan dua kelompok telur, masing-masing berjumlah 13 dan 14 butir. Jumlah ini lebih sedikit dibandingkan temuan Vandaveer (2004), yang melaporkan bahwa satu kelompok telur *O. rhinoceros* biasanya terdiri dari 30-70 butir.

2.1.1.2 Larva

Larva *O. rhinoceros* mengalami tiga tahap perkembangan atau instar. Instar pertama berlangsung selama 10-21 hari dengan ukuran panjang tubuh 0,8-2,0 cm dan lebar 0,2-0,4 cm. Pada tahap ini, integumen larva masih bening sehingga bagian dalam tubuh terlihat jelas. Spirakel masih sangat kecil dan belum berbentuk bulat sempurna karena masih tertutupi lekukan abdomen, sedangkan bagian toraks berwarna merah kecokelatan. Instar kedua berlangsung selama 12-21 hari dengan ukuran panjang tubuh 3-6 cm dan lebar 0,6-1,5 cm. Warna integumen masih bening seperti pada instar pertama, namun spirakel mulai tampak jelas pada sisi tubuh berbentuk bulat berwarna kecokelatan. Selain itu, mulai tumbuh bulu-bulu halus berwarna merah pada integumen larva dan toraks berwarna coklat terang. Instar ketiga berlangsung selama 60-165 hari dan merupakan fase larva terpanjang. Pada tahap ini, panjang tubuh larva mencapai 7-8 cm, lebar 1,5-2,0 cm, dan ukuran kepala 1,1-1,3 cm. Larva berwarna putih kekuningan, berbentuk silinder, gemuk, berkerut, dan melengkung menyerupai huruf C. Bagian kepala tampak keras dan dilengkapi rahang yang kuat (Susanto dkk., 2011). Selain itu, permukaan tubuhnya mulai ditumbuhi bulu halus yang menyebar di seluruh tubuh, dan spirakel pada setiap ruas tubuh mulai terlihat dengan jelas. Pada tahap instar ketiga, kulit larva yang awalnya transparan berubah menjadi putih, sementara warna hitam pada ujung abdomen semakin nyata. Perubahan ini menunjukkan bahwa larva mengalami peningkatan aktivitas makan (Andre dkk., 2020).

2.1.1.3 Pra Pupa dan Pupa

Pada tahap pra pupa, *O. rhinoceros* memiliki warna putih kekuningan dengan abdomen yang tampak mengkerut dan menebal. Seiring waktu, warnanya secara bertahap berubah menjadi *oranye*, yang menandakan bahwa fase ini akan segera berlanjut ke tahap pupa. Selama fase pra pupa, bagian ujung tungkai terlepas, dan larva membentuk ruang menyerupai kokon. Hal ini terjadi karena pra pupa tidak lagi dapat berpindah tempat dan hanya mampu menggerakkan abdomennya. Saat memasuki tahap pupa, tubuhnya berwarna oranye dengan bagian ujung abdomen yang sedikit menghitam. Pada fase ini, sudah mulai terlihat sayap, tanduk, dan tungkai yang baru terbentuk. Panjang pupa akan terus bertambah setiap hari hingga akhirnya berkembang menjadi imago (Andre dkk., 2020).



Gambar 1. Siklus hidup *O. rhinoceros*: (a) telur, (b) larva, (c) pra pupa, dan (d) pupa (Andre dkk., 2020).

2.1.1.4 Imago

O. rhinoceros adalah kumbang dewasa berukuran besar dengan panjang 35-50 mm dan lebar 20-23 mm. Tubuhnya berwarna cokelat tua hingga hitam, tampak mengilap, dan memiliki tanduk mencolok di kepalanya. Jantan memiliki tanduk yang lebih panjang dibandingkan betina. Selain itu, jantan dapat dibedakan lebih jelas dengan segmen abdomen terminal yang bulat dan mengilap, sedangkan betina memiliki

bagian ekor yang lebih berbulu. Terdapat spesies yang hampir menyerupai *O. rhinoceros* tetapi berukuran lebih besar adalah *Oryctes gnu* (juga dikenal sebagai *trituberculatus*). Perbedaan utama antara keduanya terletak pada jumlah tonjolan di punggung toraks: *O. gnu* memiliki tiga tonjolan, sedangkan *O. rhinoceros* hanya memiliki dua (CABI, 2015).

2.1.2 Pengendalian

Pengendalian *O. rhinoceros* dapat dilakukan melalui pendekatan kultur teknis, mekanis, biologis, dan kimiawi. Pengendalian secara kultur teknis dilakukan dengan menjaga sanitasi kebun melalui pembersihan batang lapuk, tunggul, serta tumpukan bahan organik yang berpotensi menjadi tempat berkembang biaknya larva. Selain itu, pengendalian mekanis dapat dilakukan melalui pengambilan larva secara langsung pada tempat perkembangbiakannya maupun pemasangan perangkap feromon untuk menangkap imago di lapangan. Pengelolaan habitat perkembangbiakan merupakan salah satu langkah penting dalam menekan populasi hama secara berkelanjutan (Bedford, 2014).

Pengendalian biologis telah banyak dikembangkan menggunakan agen hayati, seperti jamur entomopatogen *Metarhizium anisopliae* dan virus *Oryctes rhinoceros nudivirus* (OrNV). Jamur *M. anisopliae* diketahui mampu menginfeksi larva dan menyebabkan kematian pada berbagai stadia perkembangan *O. rhinoceros*, sedangkan OrNV telah lama digunakan sebagai agen pengendalian hayati yang efektif dalam menekan populasi kumbang tanduk pada berbagai wilayah budidaya kelapa dan kelapa sawit (Paudel *et al.*, 2021). Selain itu, kombinasi penggunaan *M. anisopliae* dengan teknik pengendalian lain, seperti perangkap feromon, dilaporkan mampu meningkatkan efektivitas pengendalian di lapangan (Witjaksono *et al.*, 2015).

Meskipun berbagai metode pengendalian telah tersedia, penggunaan insektisida kimia sintetis masih banyak diterapkan karena dianggap praktis dan memberikan hasil yang cepat. Namun, penggunaan insektisida secara terus-menerus berpotensi menimbulkan

resistensi hama, pencemaran lingkungan, serta dampak negatif terhadap organisme non-target. Oleh karena itu, diperlukan alternatif pengendalian yang lebih aman dan berkelanjutan, salah satunya melalui pemanfaatan metabolit sekunder yang dihasilkan mikroorganisme sebagai sumber bahan aktif insektisida.

2.2 Metabolit Sekunder

Tanaman memiliki dua jenis metabolit, yaitu metabolit primer dan metabolit sekunder. Metabolit primer berperan dalam proses pertumbuhan tanaman, sedangkan metabolit sekunder tidak terlibat langsung dalam pertumbuhan (Nofiani, 2008). Namun, metabolit sekunder sering kali berkontribusi pada perkembangan serta mekanisme pertahanan tanaman, karena banyak di antaranya bersifat toksik bagi hewan (Kusbiantoro dan Purwaningrum, 2018).

Metabolit sekunder merupakan senyawa kimia yang dihasilkan tanaman dengan variasi komposisi antar spesies. Produksi metabolit sekunder berfungsi sebagai mekanisme perlindungan terhadap gangguan dari organisme lain maupun faktor lingkungan (Li Yanqun *et al.*, 2020). Hingga saat ini, telah ditemukan sekitar 200.000 jenis senyawa metabolit sekunder. Untuk memahami lebih lanjut, metabolit sekunder diklasifikasikan berdasarkan struktur, jalur biosintesis, serta asal-usulnya (Kusbiantoro dan Purwaningrum, 2018).

Selain dihasilkan oleh tanaman, metabolit sekunder juga diproduksi oleh berbagai jenis jamur. Pada jamur, metabolit sekunder tidak berperan secara langsung dalam pertumbuhan dan reproduksi, tetapi berfungsi dalam kompetisi antar mikroorganisme, mekanisme pertahanan, komunikasi antarorganisme, serta interaksi dengan lingkungan sekitarnya (Brakhage, 2013). Berbagai metabolit sekunder yang dihasilkan jamur diketahui memiliki aktivitas biologis, seperti antimikroba, antifungi, insektisida, dan sitotoksik, sehingga berpotensi dimanfaatkan dalam bidang pertanian maupun kesehatan (Keller, 2019). Oleh karena itu, metabolit sekunder yang

dihasilkan jamur menjadi salah satu sumber senyawa bioaktif yang banyak diteliti untuk pengembangan agen pengendalian hayati.

Metabolit sekunder pada tanaman maupun jamur memiliki berbagai fungsi, antara lain sebagai mekanisme pertahanan terhadap organisme pengganggu, alat kompetisi dengan organisme lain, senyawa komunikasi, serta pelindung terhadap tekanan lingkungan. Selain itu, beberapa metabolit sekunder diketahui memiliki aktivitas biologis yang dapat memengaruhi pertumbuhan, perkembangan, maupun kelangsungan hidup organisme target (Divekar *et al.*, 2022; Keller, 2019).

Berbagai metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman maupun jamur diketahui memiliki aktivitas biologis yang beragam, termasuk sebagai antimikroba, antifungi, dan insektisida. Aktivitas biologis tersebut menjadikan metabolit sekunder berpotensi dimanfaatkan sebagai sumber senyawa aktif dalam pengembangan agen pengendalian hayati yang ramah lingkungan.

2.3 Metabolit Sekunder sebagai Insektisida

Metabolit sekunder merupakan salah satu sumber senyawa bioaktif yang berpotensi dimanfaatkan sebagai insektisida alami. Berbagai metabolit sekunder yang dihasilkan oleh tanaman maupun mikroorganisme diketahui memiliki aktivitas biologis terhadap serangga melalui berbagai mekanisme, seperti racun kontak, antifeedant, penghambatan pertumbuhan, serta gangguan terhadap proses fisiologis dan metabolisme serangga (War *et al.*, 2012). Senyawa-senyawa tersebut dapat memengaruhi sistem saraf, sistem pencernaan, keseimbangan hormon, serta proses metabolisme sehingga menyebabkan penurunan aktivitas, gangguan fisiologis, hingga kematian serangga.

Berbagai golongan metabolit sekunder dilaporkan memiliki aktivitas insektisida, antara lain flavonoid, saponin, terpenoid, alkaloid, dan senyawa fenolik. Flavonoid diketahui dapat berperan sebagai antifeedant yang menurunkan aktivitas makan

serangga, sedangkan saponin dapat mengganggu permeabilitas membran sel dan proses pencernaan. Selain itu, senyawa fenolik dilaporkan mampu memengaruhi aktivitas enzim dan metabolisme serangga sehingga menurunkan kemampuan serangga untuk bertahan hidup (War *et al.*, 2012). Aktivitas biologis tersebut menjadikan metabolit sekunder sebagai salah satu sumber bahan aktif yang potensial dalam pengembangan insektisida.

Pemanfaatan metabolit sekunder sebagai insektisida menjadi salah satu alternatif yang menjanjikan dalam pengendalian hama karena memiliki karakteristik yang lebih ramah lingkungan dibandingkan insektisida sintetis. Senyawa-senyawa tersebut umumnya lebih mudah terdegradasi di lingkungan, memiliki risiko pencemaran yang lebih rendah, serta berpotensi mengurangi dampak negatif terhadap organisme non-target. Keunggulan tersebut menjadikan metabolit sekunder banyak diteliti sebagai sumber bahan aktif dalam pengembangan bioinsektisida untuk mendukung penerapan pengendalian hama yang lebih berkelanjutan (Isman, 2020).

2.4 Senyawa Metabolit Sekunder *G. boninense*

Sebagaimana telah dijelaskan pada subbab sebelumnya, metabolit sekunder berpotensi dimanfaatkan sebagai insektisida karena memiliki aktivitas biologis yang dapat mengganggu fisiologi serangga. Salah satu jamur yang diketahui menghasilkan metabolit sekunder adalah *G. boninense*. Hasil uji fitokimia menunjukkan bahwa metabolit sekunder *G. boninense* mengandung senyawa bioaktif berupa flavonoid, saponin, saponin steroid, dan fenol (Fitriani dkk., 2022). Senyawa-senyawa tersebut diketahui memiliki aktivitas biologis yang dapat memengaruhi sistem fisiologis, metabolisme, dan aktivitas makan serangga, sehingga berpotensi dimanfaatkan sebagai bahan aktif insektisida.

Beberapa senyawa yang terkandung dalam metabolit sekunder *G. boninense* juga ditemukan pada metabolit sekunder *Metarhizium* sp. yang dilaporkan mampu mengendalikan berbagai jenis serangga hama (Risdiyanti dkk., 2022). Kesamaan

kandungan senyawa bioaktif tersebut menunjukkan bahwa metabolit sekunder *G. boninense* berpotensi memiliki aktivitas insektisida terhadap serangga. Oleh karena itu, metabolit sekunder *G. boninense* diduga mampu menyebabkan gangguan fisiologis yang dapat menurunkan aktivitas makan, mengganggu metabolisme, dan pada akhirnya menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros*.

Flavonoid merupakan salah satu senyawa bioaktif yang terkandung dalam metabolit sekunder *G. boninense*. Senyawa ini diketahui memiliki aktivitas antifeedant yang dapat menurunkan aktivitas makan serangga. Selain itu, flavonoid juga dilaporkan mampu berperan sebagai pendegradasi kitin sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agen pengendali hama (Permana dan Diyasti, 2022). Menurut Arsy dkk. (2023), flavonoid juga memiliki aktivitas biologis yang dapat menghambat perkembangan serangga dan mikroorganisme tertentu.

Saponin merupakan senyawa glikosida steroid (triterpenoid) yang diketahui memiliki aktivitas insektisida. Senyawa ini dapat mengganggu metabolisme serangga melalui gangguan aktivitas makan, penurunan aktivitas enzim kolinesterase, serta kerusakan protein dan membran sel. Selain itu, saponin juga dapat menghambat pembentukan adenosin trifosfat sehingga menyebabkan serangga mengalami kekurangan energi. Gangguan tersebut dapat memengaruhi sistem pencernaan dan pernapasan yang pada akhirnya menyebabkan kematian serangga (Yushananta dan Ahyamti, 2021).

III. METODOLOGI PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2025 hingga Januari 2026, di Laboratorium Bioteknologi dan Ilmu Hama Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah laminar air flow, autoklaf, petri dish, erlenmeyer, shaker, bor gabus. Bahan yang digunakan yaitu media *potato dextrose agar* (PDA), media *potato dextrose broth* (PDB), aquades, alkohol 70%, Kloroform (CHCl_3), sumber inokulum jamur *G. boninense*, *Tenebrio molitor*, dan larva *O. rhinoceros*.

3.3 Rancangan Penelitian

Penelitian ini dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama merupakan uji pendahuluan pada larva *T. molitor* yang dianalisis secara deskriptif untuk menyeleksi tiga isolat terbaik. Pada tahap ini digunakan 8 perlakuan dengan 3 ulangan, sehingga terdapat 24 satuan percobaan. Setiap ulangan terdiri dari 2 cawan petri, masing-masing berisi 10 larva, sehingga total 20 larva per perlakuan dalam setiap ulangan. Perlakuan pada tahap ini disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Perlakuan pada uji pendahuluan terhadap *T. molitor*

No	Kode Perlakuan	Jenis Perlakuan	Keterangan
1	P0	Kontrol	Tanpa metabolit sekunder
2	P1	Metabolit Isolat 1	Metabolit sekunder isolat eksplorasi 1
3	P2	Metabolit Isolat 2	Metabolit sekunder isolat eksplorasi 2
4	P3	Metabolit isolat 3	Metabolit sekunder isolat eksplorasi 3
5	P4	Metabolit isolat 4	Metabolit sekunder isolat eksplorasi 4
6	P5	Metabolit isolat 5	Metabolit sekunder isolat koleksi lab 1
7	P6	Metabolit isolat 6	Metabolit sekunder isolat koleksi lab 2
8	P7	Metabolit badan buah	Metabolit sekunder badan buah <i>G. boninense</i>

Tahap kedua merupakan uji lanjutan pada larva *O. rhinoceros* instar II-III menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 5 perlakuan dan 3 ulangan, sehingga diperoleh 15 satuan percobaan. Setiap ulangan terdiri atas 2 toples, masing-masing toples berisi 10 larva, sehingga total terdapat 20 larva per perlakuan pada setiap ulangan. Perlakuan terdiri atas tiga metabolit terbaik hasil uji pendahuluan serta dua perlakuan kontrol. Pengamatan pada tahap ini dilakukan terhadap mortalitas larva (%) dan kecepatan kematian (hari) untuk mengevaluasi tingkat efektivitas masing-masing perlakuan dalam menyebabkan kematian larva. Rincian perlakuan pada tahap ini disajikan pada tabel 2.

Tabel 2. Perlakuan pada Uji *O. rhinoceros*

No	Kode Perlakuan	Jenis Perlakuan	Keterangan
1	P0	Kontrol	Tanpa metabolit sekunder
2	PA	Kontrol + air	Aplikasi aquades
3	P1	Metabolit terbaik 1	Hasil seleksi uji <i>T. molitor</i>
4	P2	Metabolit terbaik 2	Hasil seleksi uji <i>T. molitor</i>
5	P3	Metabolit terbaik 3	Hasil seleksi uji <i>T. molitor</i>

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan secara bertahap dan sistematis, diawali dengan perbanyakan isolat *G. boninense* pada media kultur untuk memperoleh pertumbuhan miselium yang optimal. Selanjutnya dilakukan produksi metabolit sekunder dari masing-masing isolat. Metabolit yang diperoleh kemudian diuji secara pendahuluan terhadap larva *T. molitor* sebagai serangga uji awal untuk menyeleksi isolat dengan tingkat efektivitas tertinggi. Tiga isolat terbaik hasil seleksi tersebut selanjutnya diuji terhadap larva *O. rhinoceros* sebagai hama target untuk mengetahui efektivitasnya sebagai kandidat Insektisida. Seluruh tahapan penelitian dilakukan secara terkontrol guna menjamin validitas dan konsistensi hasil pengamatan.

3.4.1 Pembuatan Media PDA

Pembuatan media PDA menggunakan bahan seperti kentang 200 g, dextrose 20 g, agar batang 20 g, dan aquades 1000 mL. Pembuatan media PDA diawali dengan merebus kentang 200 gram kentang dalam 1000 mL aquades hingga mendidih. Kemudian 1000 mL ekstrak kentang dituang pada erlenmeyer yang telah berisi 20 g dextrose dan 20 g agar batang. Setelah itu, media ditutup menggunakan aluminium foil dan karet, kemudian disterilkan dengan autoklaf pada suhu 121°C dengan tekanan 1 atm selama 15 menit. Kemudian pada PDA ditambahkan 1400 µl asam laktat untuk 1000 mL media PDA, media dituang ke dalam cawan hingga padat dan media siap digunakan.

3.4.2. Perbanyakan Jamur *G. boninense*

Jamur *G. boninense* diperbanyak pada media PDA. Sumber inokulum jamur diperoleh dari batang sawit yang terserang *G. boninense*. Bagian batang atau jaringan yang terserang *G. boninense* diambil sebanyak 1 cm² untuk diisolasi. Potongan jaringan tersebut dibersihkan terlebih dahulu dengan air dan disterilisasi permukaan dengan alkohol selama 1 menit, kemudian dibilas dengan air steril dan dikeringkan.

Bagian jaringan tersebut kemudian diletakkan pada cawan petri yang berisi media PDA. Proses dilakukan secara aseptis di dalam laminar air flow. Kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu ruang dan kondisi gelap. Setelah miselium tumbuh koloni dapat disubkultur ke media baru untuk perbanyakan.

3.4.3 Pembuatan Media PDB

Media PDB disiapkan sebagai media cair untuk pertumbuhan jamur. Pembuatan media diawali dengan menyiapkan 100 g kentang segar yang dikupas, dicuci bersih, dan dipotong kecil-kecil. Potongan kentang kemudian direbus dalam $\pm$ 500 mL akuades sampai dengan mendidih. Selanjutnya, air rebusan kentang dimasukan ke dalam erlenmeyer dan ditambahkan dengan 10 gram dextrose. kemudian disterilisasi menggunakan autoklaf pada suhu 121°C. Setelah proses sterilisasi selesai, media didinginkan pada suhu ruang dan siap digunakan untuk inokulasi jamur.

3.4.4 Pembuatan Metabolit Sekunder dari Miselium Jamur *G. boninense*

Metabolit sekunder jamur *G. boninense* dibuat dengan cara membiakkan miselium jamur pada media PDB. Setelah isolat berusia 14 hari di panen menggunakan Twin 80 0,1% sebanyak 10 mL lalu ambil sebanyak 200 μ L dan dimasukan ke media PDB 95 mL. Lalu ditambah dengan kloroform sebanyak 5 mL sebagai pelarut, kemudian diinkubasi pada suhu 27-30° C pada shaker dengan kecepatan 100-150 rpm selama 3 hari. Setelah itu disentrifugasi selama 15 menit dengan kecepatan 14000 rpm lalu supernatan disaring menggunakan kertas Whatman no 1 untuk memisahkan biomassa dengan cairan. untuk memperoleh metabolit sekunder.

3.4.5 Pembuatan Metabolit Sekunder dari badan Buah Jamur *G. boninense*

Sebanyak 5 gr *G. boninense* yang telah dijemur dan dihaluskan lalu dimasukkan ke dalam larutan 95 mL PDB dan ditambahkan 5 mL kloroform sebagai pelarut kemudian dishaker selama 3 hari pada suhu ruang untuk menghindari pematatan

serbuk dan mendapatkan ekstraksi yang lebih baik. Setelah 3 hari, larutan disentrifugasi dengan kecepatan 14000 rpm selama 15 menit dan ekstrak disaring dengan kertas Whatman No. 1.

3.4.6. Uji Kemampuan Sebagai Insektisida

Uji kemampuan metabolit sekunder sebagai Insektisida dilakukan dalam dua tahap. Tahap pertama merupakan uji pendahuluan menggunakan larva *T. molitor* untuk menyeleksi metabolit dengan tingkat mortalitas tertinggi. Tahap kedua merupakan uji lanjutan terhadap larva *O. rhinoceros* instar II-III sebagai hama target utama.

3.4.6.1 Uji Pendahuluan Aktivitas Insektisida pada Larva *T. molitor*

Pengujian terhadap *T. molitor* bertujuan untuk menyeleksi tiga isolat terbaik berdasarkan tingkat efektivitasnya, yang selanjutnya digunakan pada uji lanjutan terhadap larva *O. rhinoceros*. Larva *T. molitor* yang digunakan merupakan larva instar III-IV yang sehat, aktif, dan berukuran relatif seragam.

Setiap larva ditempatkan dalam cawan petri berukuran cawan petri berdiameter 90 mm dan tinggi 15 mm yang telah diberi lubang ventilasi pada bagian tutupnya. Cawan petri terlebih dahulu diisi dengan pakan berupa pur ayam sebagai sumber nutrisi larva. Setiap cawan diisi sebanyak 10 ekor larva.

Perlakuan dilakukan dengan menyemprotkan larutan metabolit sekunder sesuai dengan perlakuan menggunakan hand sprayer hingga merata pada tubuh larva dan media pakan di dalam cawan. Setelah aplikasi, cawan petri segera ditutup untuk mencegah larva keluar dan untuk menjaga kondisi perlakuan tetap terkendali.

Pengamatan mortalitas dilakukan setiap 24 jam selama 7 hari setelah aplikasi (HSA). Larva dinyatakan mati apabila tidak menunjukkan pergerakan, tidak memberikan respons ketika disentuh, serta mengalami perubahan warna tubuh menjadi lebih

gelap. Persentase mortalitas dihitung menggunakan rumus untuk mengoreksi kematian pada perlakuan terhadap kematian pada kontrol.

$$M = \frac{(Mt - Mc)}{(100 - Mc)} \times 100\%$$

Keterangan:

M = mortalitas terkoreksi (%),

Mt = mortalitas perlakuan, dan

Mc = mortalitas kontrol (Abbott, 1995).

3.4.6.2 Uji Potensi Insektisida pada Larva *O. rhinoceros*

Tiga isolat terbaik hasil seleksi pada *T. molitor* diuji pada larva *O. rhinoceros* untuk mengetahui efektivitasnya. Larva diperoleh dari perkebunan kelapa sawit di Kabupaten Lampung Selatan dan dipelihara dalam toples plastik berukuran tinggi 22 cm dan diameter 17 cm. Setiap toples diisi dengan 500 g bahan organik sebagai media sekaligus pakan. Selanjutnya, 10 larva dimasukkan ke setiap toples, dan pada setiap ulangan digunakan dua toples, sehingga jumlah larva per ulangan adalah sebanyak 20 ekor.

Metabolit sekunder diaplikasikan dengan cara disemprotkan sebanyak 62,5 mL ke dalam media hingga tercampur merata. Dosis tersebut mengacu pada penelitian yang dilakukan oleh Indriyanti *et al.* (2020). Penggunaan acuan dari jamur lain dilakukan karena hingga saat ini belum banyak penelitian yang mengkaji pemanfaatan metabolit sekunder *Ganoderma* sebagai agen pengendali hama, khususnya terhadap *O. rhinoceros*, sehingga dilakukan penyesuaian dosis secara proporsional dengan jumlah media yang digunakan dalam penelitian ini. Setelah perlakuan, larva dipelihara pada suhu ruang $\pm 20^{\circ}\text{C}$.

Pengamatan mortalitas dilakukan setiap 24 jam hingga terjadi kematian pada perlakuan kontrol. Larva yang mati pada setiap perlakuan dihitung pada setiap waktu

pengamatan. Persentase mortalitas dihitung dengan mengoreksi kematian pada perlakuan terhadap kontrol menggunakan rumus Abbott (1925):

Selain mortalitas, kecepatan kematian larva juga dihitung untuk mengetahui kemampuan masing-masing isolat dalam membunuh larva secara lebih cepat. Kecepatan kematian dihitung menggunakan rumus rata-rata waktu kematian atau *Mean Time to Death* (MTD) yang dimodifikasi dari Finney (1971):

$$MTD = \frac{(n_i - t_i)}{(n)} \times 100\%$$

Keterangan:

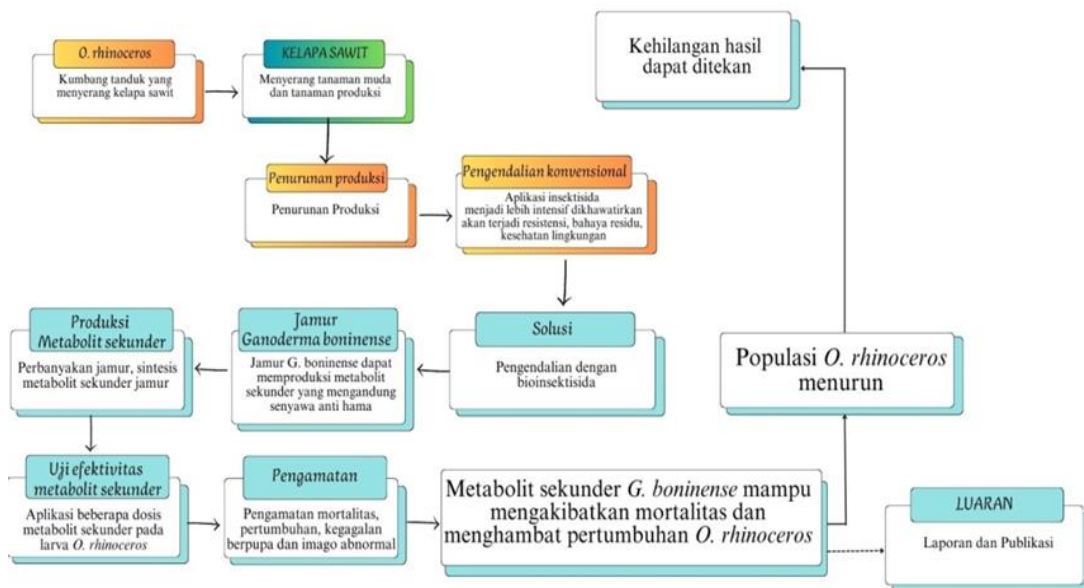
MTD = rata-rata waktu kematian (hari),

n_i = jumlah larva yang mati pada waktu ke-I,

t_i = waktu pengamatan ke-i (hari), dan

n = total larva mati selama periode pengamatan.

Nilai MTD yang lebih rendah menunjukkan bahwa isolat memiliki kemampuan membunuh larva lebih cepat, sehingga dapat dianggap lebih virulen dan berpotensi lebih efektif sebagai kandidat Insektisida. Data mortalitas dan kecepatan kematian kemudian dianalisis untuk membandingkan efektivitas antar isolat perlakuan. Untuk alur penelitian disajikan dalam diagram penelitian.



Gambar 2. Alur penelitian efektivitas metabolit sekunder *G. boninense* terhadap *O. rhinoceros*.

3.5 Analisis Data

Variabel yang diamati meliputi mortalitas larva (%) dan kecepatan kematian (hari). Pengamatan terhadap larva *O. rhinoceros* dilakukan setiap hari selama 17 hari setelah aplikasi perlakuan. Lama pengamatan ditetapkan hingga muncul kematian pada perlakuan kontrol, sehingga data yang diperoleh dapat mencerminkan pengaruh perlakuan secara lebih akurat. Data mortalitas larva yang diperoleh dianalisis menggunakan analisis sidik ragam (ANOVA), dan apabila menunjukkan pengaruh nyata, dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf nyata 5%. Sementara itu, kecepatan kematian dihitung berdasarkan rata-rata waktu kematian (*Mean Time to Death*/MTD) untuk menggambarkan kecepatan masing-masing perlakuan dalam menyebabkan kematian larva selama periode pengamatan.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Metabolit sekunder *G. boninense* berpotensi sebagai Insektisida, karena menunjukkan aktivitas biologis yang mampu menekan populasi serangga uji dan memberikan efek toksik terhadap larva. Potensi ini terlihat dari hasil uji bioaktivitas yang menunjukkan adanya respons mortalitas pada larva setelah perlakuan metabolit sekunder, dan
2. Metabolit sekunder *G. boninense* mampu menyebabkan kematian larva *O. rhinoceros*, yang ditunjukkan oleh meningkatnya persentase mortalitas larva pada perlakuan dibandingkan kontrol, dengan isolat Km.08 menghasilkan tingkat mortalitas tertinggi berdasarkan uji DMRT taraf 5%.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian mengenai efektivitas metabolit sekunder *G. boninense* terhadap larva *O. rhinoceros*, maka disarankan:

1. Perlu dilakukan penelitian lanjutan dengan variasi konsentrasi metabolit sekunder untuk menentukan dosis optimum dalam meningkatkan mortalitas larva *O. rhinoceros*, dan
2. Perlu dilakukan pengujian pada skala lapangan serta kajian terhadap organisme non-target dan dampak lingkungan, guna mengetahui efektivitas dan keamanan metabolit sekunder *G. boninense* sebelum di gunakan secara luas.

DAFTAR PUSTAKA

- Abbott, W. S. 1925. A method of computing the effectiveness of insecticide. *Journal of Economic Entomology* 18: 265-267.
- Andre, M., Yaherwandi, dan Efendi, S. 2020. Biologi pradewasa *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) pada dua jenis limbah organik kelapa sawit. Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta 2020: 117-132.
- Arsy, F. M., Chatri, M., dan Irdawati. 2023. Pemanfaatan flavonoid sebagai bahan pestisida nabati. *Jurnal Embrio* 4(1): 88-100.
- Azmi, A. N. N., Bejo, S. K., Jahari, M., Muharam, F. M., Yule, I., dan Husin, N. A. 2020. Early detection of *Ganoderma boninense* in oil palm seedlings using support vector machines. *Remote Sensing* 12(23): 3920.
- Baby, S., Johnson, A. J., dan Govindan, B. 2015. Secondary metabolites from *Ganoderma*. *Phytochemistry*. 114:66-101.
- Bedford, G. O. 1976. Observations on the biology and ecology of *Oryctes rhinoceros* and *Scapanes australis* (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae): pests of coconut palms in Melanesia. *Journal of the Australian Entomological Society* 15: 241–251.
- Bedford, G. O. 2013. Long-term reduction in damage by rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) to coconut palms at *Oryctes* Nudivirus release sites on Viti Levu, Fiji. *African Journal of Agricultural Research* 8(49): 6422-6425
- Bharudin, I., Ab Wahab, A. F. F., Abd Samad, M. A., Xin Yie, N., Zairun, M. A., Abu Bakar, F. D., dan Abdul Murad, A. M. 2022. Review update on the life cycle, plant-microbe interaction, genomics, detection and control strategies of the oil palm pathogen *Ganoderma boninense*. *Biology* 11(2): 251.
- BPS (Badan Pusat Statistik). 2025. Luas tanaman perkebunan menurut provinsi (ribu hektar) 2024. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Brakhage, A. A. 2013. Regulation of fungal secondary metabolism. *Nature Reviews Microbiology* 11(1): 21-32.

- CABI. 2015. *Oryctes rhinoceros* (coconut rhinoceros beetle). CABI Compendium.
- Chan, Y. S. dan Chong, K. P. 2022. Bioactive compounds of *Ganoderma boninense* inhibited methicillin-resistant *Staphylococcus aureus* growth by affecting their cell membrane permeability and integrity. *Molecules*. 27(3):838.
- Divekar, P. A., Srinivasa, N., dan Divekar, B. A. 2022. Plant secondary metabolites as defense tools against herbivores for sustainable crop protection. *International Journal of Molecular Sciences* 23(5): 26-90.
- Duffield, K. R., Rosales, A. M., Muturi, E. J., Behle, R. W., dan Ramirez, J. L. 2023. Increased phenoloxidase activity constitutes the main defense strategy of *Trichoplusia ni* larvae against fungal entomopathogenic infections. *Insects* 14(8): 667.
- Farhan, M., Pan, J., Hussain, H., Zhao, J., Yang, H., Ahmad, I., dan Zhang, S. 2024. Aphid-Resistant Plant Secondary Metabolites: Types, Insecticidal Mechanisms, and Prospects for Utilization. *Plants* 13(16):2332.
- Finney, D. J. 1971. *Probit Analysis* (3rd ed.). Cambridge: Cambridge University Press.
- Fitriani, Mardina, V., Fadhliani, dan Baiduri, N. 2022. Aktivitas *Ganoderma boninense* sebagai biofungisida terhadap cendawan patogen *Aspergillus flavus* pada benih padi lokal Aceh. *Biota: Jurnal Ilmiah Ilmu-Ilmu Hayati* 7(3): 183-188.
- Gomez, K. A. dan Gomez, A. A. 1984. *Statistical procedures for agricultural research* (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Gunawan, M., Tarmadja, S., dan Wilisiani, F. 2023. Pengelolaan hama *Oryctes rhinoceros* di perkebunan kelapa sawit Kebun Aek Nabara, PT Supra Matra Abadi. *Agroforetech* 1(2): 959-964.
- Handoko, J., Fauzana, H., dan Sutikno, A. 2017. Populasi dan intensitas serangan hama kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. *JOM Faperta UNRI* 4(1): 1-10.
- Indriyanti, D. R., Rahmawati, R., Priyono, B., Slamet, M., dan Huyop, F. Z. 2018. Ecological studies of *Oryctes rhinoceros* larvae controlled by *Metarhizium anisopliae* and entomopathogenic nematodes. *Jurnal Pendidikan IPA Indonesia* 7(3): 286-292.
- Isman, M. B. 2020. Botanical insecticides in the twenty-first century-fulfilling their promise? *Annual Review of Entomology* 65: 233-249.
- Keller, N. P. 2019. Fungal secondary metabolism: regulation, function and drug discovery. *Nature Reviews Microbiology* 17(3): 167-180.
- Khoo, Y. W. dan Chong, K. P. 2023. *Ganoderma boninense*: general characteristics of pathogenicity and methods of control. *Frontiers in Plant Science*.

- Kusbiantoro, D. dan Purwaningrum, Y. 2018. Pemanfaatan kandungan metabolit sekunder pada tanaman kunyit dalam mendukung peningkatan pendapatan masyarakat. *Jurnal Kultivasi* 17(1): 544-549.
- Li, Yanqun., Kong, D., Fu, Y., Sussman, M. R., dan Wu, H. 2020. The effect of developmental and environmental factors on secondary metabolites in medicinal plants. *Plant Physiology and Biochemistry* 148: 80–89.
- Moslim, R., Wahid, M. B., Kamarudin, N., Ahmad Ali, S. R., dan Hamid, N. H. 2006. Research into the commercialization of *Metarhizium anisopliae* (*Hyphomycetes*) for biocontrol of the rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* (Scarabaeidae), in oil palm. *Journal of Oil Palm Research (Special Issue April 2006)*: 37–49.
- Nofiani, R. 2008. Urgensi dan mekanisme biosintesis metabolit sekunder mikroba laut. *Jurnal Natur Indonesia* 10(2): 120-125.
- Pavela, R. dan Benelli, G. 2016. Essential oils as ecofriendly biopesticides? Challenges and constraints. *Trends in Plant Science*. 21(12):1000-1007.
- Permana, E. I. dan Diyasti, F. 2022. Uji metabolit sekunder *Metarhizium* sp. untuk pengendalian kumbang janur kelapa. *Agroscript Journal of Applied Agricultural Science* 4(2): 94-105.
- Prawirosukarto, S., Roerrha, Y. P., Condro, U., dan Susanto. 2003. *Pengenalan dan Pengendalian Hama Penyakit Tanaman Kelapa Sawit*. PPKS, Medan.
- Quesada-Moraga, E., González-Mas, N., Yousef-Yousef, M., Garrido-Jurado, I., dan Fernández-Bravo, M. 2024. Key role of environmental competence in successful use of entomopathogenic fungi in microbial pest control. *Journal of Pest Science*. 97: 1-15.
- Risdiyanti, R. L., Widayati, W., dan Suryaminarsih, P. 2022. Eksplorasi dan identifikasi cendawan entomopatogen *Metarhizium anisopliae*. Seminar Nasional Agroteknologi UPN “Veteran” Jawa Timur.
- Sahebi, M., Hanafi, M.M., van Wijnen, A.J., Akmar, A.S.N., Azizi, P., Idris, A.S., Taheri, S., Foroughi, M., dan Nasehi, A. 2017. Profiling secondary metabolites of plant defence mechanisms and oil palm in response to *Ganoderma boninense* infection. *Crop Protection*. 96: 151-161.
- Soesilawati, P., Gerrard, R., Taboy, Y. L., Dewi, A. S. I., dan Nindyatama, A. G. P. 2025. In vivo evaluation of ecoenzyme as a natural bioinsecticide against *Tenebrio molitor* larvae. *Jurnal Kesehatan Lingkungan* 17(4): 343-350.
- Sparks, T. C. dan Nauen, R. 2015. IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management. *Pesticide Biochemistry and Physiology* 121: 122-128.

- Susanto, A., Sudharto, dan Prasetyo, A. E. 2011. Informasi Organisme Pengganggu Tanaman Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros* Linn.). Pusat Penelitian Kelapa Sawit. Medan.
- Tjahjadi, N. 1996. *Hama dan Penyakit Tanaman*. Kanisius. Yogyakarta.
- Tyasmoro, S. Y., Permanasari, P. N., dan Saitama, A. 2021. *Teknologi produksi tanaman perkebunan*. Universitas Brawijaya Press. Malang.
- Vandaveer, C. 2004. What is Lethal-Male delivery sistem.
[http://www5e.biglobe.ne.jp/champ/Oryctes rhinoceros l. htm.com](http://www5e.biglobe.ne.jp/champ/Oryctes_rhinoceros_l.htm.com).
 (27September 2025).
- Wardati, I., Rahmawati, R., Arifiana, N. B., Irawan, T. B., dan Salim, A. 2024. Pemberdayaan agens hayati *Metarhizium* sp. sebagai pengendali hama uret tebu. *Agrimas: Jurnal Pengabdian Masyarakat Bidang Pertanian* 3(1): 1-10.
- Walkowiak-Nowicka, K., Mirek, J., Chowański, S., Sobkowiak, R. M., dan Słocińska, M. B. 2023. Plant secondary metabolites as potential bioinsecticides. *Ecotoxicology and Environmental Safety* 257: 114951.
- Wood, B. J. 1968. Studies on the effect of ground vegetation on infestations of *Oryctes rhinoceros* (L.) in young oil palm replantings in Malaysia. *Bulletin of Entomological Research* 59: 85–96.
- Yushananta dan Ahyamti, A. 2021. Potensi metabolit sekunder tanaman dan jamur sebagai bioinsektisida alami. *Jurnal Biologi Terapan* 9(2): 55-68.
- Zdybicka-Barabas, A., Cytryńska, M., dan Jakubowicz, T. 2025. Innate immunity in insects. *International Journal of Molecular Sciences* 26(1): 1182.