

**MORTALITAS LARVA *ORYCTES RHINOCEROS* SETELAH APLIKASI
CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *BACILLUS THURINGIENSIS* DAN
PUPUK ORGANIK**

(Skripsi)

Oleh

**Fitra Akbar Yanu
2114191037**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

ABSTRAK

MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* SETELAH APLIKASI CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *Bacillus thuringiensis* DAN PUPUK ORGANIK

Oleh

Fitra Akbar Yanu

Larva *Oryctes rhinoceros* merupakan salah satu hama utama pada tanaman kelapa sawit yang dapat menurunkan produksi secara signifikan. Pengendalian yang ramah lingkungan dapat dilakukan dengan menggunakan bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* (Bt), yang memiliki potensi besar dalam menekan populasi larva. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi Bt yang dikombinasikan dengan pupuk organik padat terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*. Penelitian dilakukan menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan lima perlakuan dan empat ulangan. Perlakuan terdiri atas kontrol, aplikasi Bt tunggal, serta kombinasi Bt dengan pupuk organik sebanyak 20%, 25%, dan 30%. Parameter yang diamati adalah mortalitas larva dan kecepatan kematian. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi Bt 1,5 g dengan pupuk organik 20% (P2) memberikan hasil terbaik, dengan mortalitas tertinggi mencapai 17,25 larva dan kecepatan kematian rata-rata harian sebesar 1,23 larva/hari. Aplikasi Bt juga menunjukkan gejala infeksi khas, seperti perubahan warna tubuh larva, pelunakan tubuh, dan bau busuk. Penambahan pupuk organik diduga mendukung efektivitas Bt melalui peningkatan kelembaban dan mikroorganisme antagonis di media. Kombinasi ini terbukti sebagai metode pengendalian hayati yang efektif dan ramah lingkungan.

Kata kunci: *Bacillus thuringiensis*, bioinsektisida, mortalitas, *Oryctes rhinoceros*, pupuk organik.

ABSTRACT

***Oryctes rhinoceros* LARVAL MORTALITY AFTER APPLICATION OF A MIXTURE OF *Bacillus thuringiensis* BIOINSECTICIDE AND ORGANIC FERTILIZER**

By

Fitra Akbar Yanu

Oryctes rhinoceros larvae are one of the major pests of oil palm crops, capable of significantly reducing production. Environmentally friendly control can be achieved by using the bioinsecticide *Bacillus thuringiensis* (Bt), which has strong potential in suppressing larval populations. This study aimed to determine the effect of Bt combined with solid organic fertilizer on the mortality of *O. rhinoceros* larvae. The experiment was conducted using a Completely Randomized Design (CRD) with five treatments and four replications. The treatments consisted of a control, Bt application alone, and Bt combined with 20%, 25%, and 30% organic fertilizer. Observed parameters were larval mortality and mortality rate. Results showed that the combination of 1.5 g Bt with 20% organic fertilizer (P2) yielded the best results, with the highest mortality of 17.25 larvae and an average daily mortality rate of 1.23 larvae/day. Bt application caused typical infection symptoms, such as larval body discoloration, softening, and foul odor. The addition of organic fertilizer likely enhanced Bt effectiveness by increasing moisture and antagonistic microorganisms in the medium. This combination proved to be an effective and environmentally friendly biological control method.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, bioinsecticide, mortality, *Oryctes rhinoceros*, organic fertilizer.

**MORTALITAS LARVA *ORYCTES RHINOCEROS* SETELAH APLIKASI
CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *BACILLUS THURINGIENSIS* DAN
PUPUK ORGANIK**

Oleh

Fitra Akbar Yanu

Skripsi

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

pada

**Jurusan Proteksi Tanaman
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2025**

Judul Praktik Skripsi

: MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* SETELAH APLIKASI CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *Bacillus thuringiensis* DAN PUPUK ORGANIK

Nama Mahasiswa

: Fitra Akbar Yanu

Nomor Pokok Mahasiswa

: 2114191037

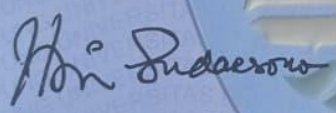
Jurusan

: Proteksi Tanaman

Fakultas

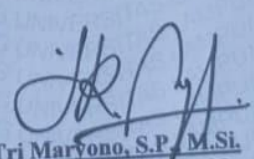
: Pertanian




Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc.
NIP. 196001191984031003


Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.
NIP. 196012121986031009

2. Ketua Jurusan Proteksi Tanaman


Dr. Tri Marsono, S.P., M.Si.
NIP. 198002082005011002

MENGESAHKAN

1. Tim Penguji
Ketua

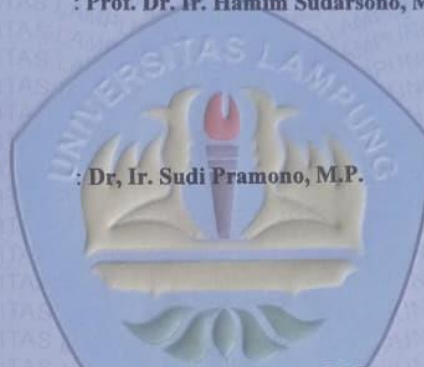
: Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc.

Sekretaris

: Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P.

Penguji
Bukan Pembimbing

: Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S.



2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 26 Juni 2025

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "**MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* SETELAH APLIKASI CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *Bacillus thuringiensis* DAN PUPUK ORGANIK**" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya 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 akhlak yang berlaku.

Bandar Lampung, 26 Juni 2025
Penulis,



Fitra Akbar Yanu
NPM 2114191032

RIWAYAT HIDUP

Penulis bernama Fitra Akbar Yanu, yang lahir di Lampung pada tanggal 17 Desember 2002 merupakan anak pertama dari keluarga Bapak Bariono dan Ibu Nur Samsiah. Penulis menyelesaikan Pendidikan Taman Kanak-Kanak (TK) di TK Tunas Bangsa Pada tahun 2009, Pendidikan Sekolah Dasar (SD) di SDN 3 Wiyono pada tahun 2015, Pendidikan Sekolah Lanjut Tingkat Pertama (SLTP) di Madrasah Tsanawiyah (MTs) Nurul Iman pada tahun 2018, dan Pendidikan Sekolah Lanjut Tingkat Atas (SLTA) di Sekolah Menengah Kejuruan (SMK) SMK N 1 Gedung Tataan pada tahun 2021. Pada tahun 2021 penulis terdaftar sebagai mahasiswa di Program Studi Proteksi Tanaman melalui jalur Penerimaan Mahasiswa Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP).

Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah aktif dalam organisasi FOSI FP UNILA sebagai anggotabidang Kaderisasi pada tahun 2022 dan sebagai anggota bidang Humas pada tahun 2023. HIMAPROTEKTA sebagai Anggota Bidang Organisasi Pendidika dan Latihan Anggota pada tahun 2023-2024, dan Sebagai Staf Ahli Departemen Advokasi Publik di Badan Eksekutif Mahasiswa (BEM) FP pada tahun 2023. Penulis melaksanakan Praktik Pengenalan Pertanian (P3) di desa Wiyono, Kec. Gedung Tataan, kab. Pesawaran, Prov. Lampung pada tahun 2022, Kuliah Kerja Nyata (KKN) DI Desa Bakung Udik, Kecamatan Gedong Meneng, Kabupaten Tulang Bawang pada tahun 2024, dan Praktik Umum (PU) di PT Gunung Madu Plantation (GMP) Kabupaten Lampung Tengah pada tahun 2024. Penulis juga pernah menjadi Asisten Praktikum pada mata kuliah Hama Penting dan Teknik Pemantauan pada tahun 2024.

PERSEMBAHAN

Dengan penuh rasa syukur kupersembahkan karya ini sebagai ungkapan terima kasihku untuk

Orang tuaku tercinta

Bapak Bariono dan Ibu Nur Samsiah.

Terima kasih yang selalu senantiasa mendoakan dan mengiringi langkah penulis sampai saat ini dengan segala daya dan upaya, serta tiada hentinya memberikan nasihat, bimbingan, motivasi dan kasih sayang kepada penulis,

Adik saya

Vallent Fanendra Akbar

Terimakasih atas segala doa, usaha dan dukungannya selama ini kepada penulis,

Teman-teman seperjuangan di jurusan Proteksi Tanaman Angkatan 2021, serta Almamaterku tercinta Universitas Lampung tempat penulis menempuh studi.

Terima kasih telah membersamai penulis selama berkuliah di Universitas Lampung ini.

MOTTO

لَا يُكَلِّفُ اللَّهُ نَفْسًا إِلَّا وُسْعَهَا

(Al – Baqarah 286)

“Bila semua keinginanmu terwujud, maka kamu tidak akan pernah mempunyai keinginan.”

(My Self)

“Menghargai keheningan bukan hanya mengejar kecantikannya, ketika kita tidak waspada maka ada mara bahaya- *Rest in love.*”

(My Self)

“Kehidupan adalah runtutan perjalanan dari sebuah takdir, maka dari itu ber doa dan berusahalah supaya kamu mendapatkan takdirmu dalam keadaan yang terbaik.”

(My Self)

SANWACANA

Puji syukur kehadiran Allah SWT, Tuhan Yang Maha Esa, karena atas berkat, rahmat, karunia dan hidayah-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi yang berjudul **“MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* SETELAH APLIKASI CAMPURAN BIOINSEKTISIDA *Bacillus thuringiensis* DAN PUPUK ORGANIK**”. Penulisan skripsi ini merupakan salah satu syarat untuk mencapai gelar Sarjana Pertanian di Universitas Lampung. Penyusunan skripsi ini tidak lepas dari bantuan dan dukungan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan ucapan terimakasih kepada:

1. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memberikan fasilitas kepada penulis dalam menjalani perkuliahan serta melaksanakan penelitian,
2. Dr. Tri Maryono, S.P., M.Si., selaku Ketua Jurusan Proteksi Tanaman, Universitas Lampung, yang telah memberikan arahan dan dukungan kepada penulis,
3. Prof. Dr. Ir. Hamim Sudarsono, M.Sc., selaku Dosen Pembimbing Pertama dan Pembimbing Akademik, yang telah memberikan berbagai bimbingan masukan, saran, motivasi, serta dukungan kepada penulis dalam menyelesaikan skripsi ini hingga tuntas,
4. Dr. Ir. Sudi Pramono, M.P., selaku Dosen Pembimbing Kedua, atas bimbingan, arahan, motivasi, nasihat, dan saran yang telah diberikan hingga skripsi ini dapat diselesaikan,

5. Prof. Dr. Ir. Purnomo, M.S., selaku Dosen Penguji/Pembahas, yang telah memberikan arahan, motivasi dan saran dalam pelaksanaan penelitian serta penyempurnaan skripsi ini hingga dapat diselesaikan,
6. Kepada kedua orang tua tercinta Bapak Bariono dan Ibu Nur Samsiah yang merupakan sosok yang paling berpengaruh dan penuh kasih dalam mendukung dan memberikan semangat kepada penulis, sehingga skripsi ini dapat terselesaikan dengan baik. Dukungan moral, doa, dan kasih sayang yang diberikan menjadi sumber kekuatan yang tak ternilai sepanjang perjalanan penyelesaian skripsi ini,
7. Kepada adik ku, Vallent Fanendra Akbar yang telah memberikan bantuan, dukungan, serta semangat yang luar biasa sepanjang proses penyelesaian skripsi ini,
8. Paman dan Bibi, yang telah memberikan motivasi, dukungan doa, serta nasihat yang sangat berarti selama penulis menjalani masa studi di Universitas Lampung,
9. Keluarga Proteksi Tanaman 2021 yang telah banyak memberikan dukungan, semangat, dan kebersamaan selama masa studi, serta berbagi pengalaman dan pengetahuan yang sangat berharga bagi penulis, dan
10. Kepada semua pihak yang terlibat dan tidak dapat disebutkan satu per satu, terima kasih atas bantuan, dukungan, dan kontribusinya yang sangat berarti dalam penyelesaian skripsi ini. Semoga kerja sama dan semangat yang diberikan dapat membantu penulis menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Bandar Lampung, 26 Juni 2025

Fitra Akbar Yanu
NPM 2114191037

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR ISI	xiii
DAFTAR GAMBAR	xv
DAFTAR TABEL	xvi
 BAB I. PENDAHULUAN	 1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Tujuan Penelitian	3
1.3 Kerangka Pemikiran.....	3
1.4 Hipotesis.....	4
 BAB II. TINJAUAN PUSTAKA	 5
2.1 Kumbang Tanduk	5
2.1.1 Siklus Hidup <i>O. rhinoceros</i>	5
2.1.1.1 Telur	5
2.1.1.2 Larva	5
2.1.1.3 Prapupa dan Pupa.....	6
2.1.1.4 Imago	6
2.1.2 Pengendalian <i>O. rhinoceros</i>	7
2.2 Bioinsektisida Berbahan Aktif <i>B. thuringiensis</i>	7
2.2.1 Karakter Bakteri <i>B. thuringiensis</i>	8
2.2.2 Toksisitas dan Mekanisme Kerja <i>B. Thuringiensis</i> terhadap Organisme Target	9
2.2.3 Gejala Infeksi <i>B. thuringiensis</i> pada Larv <i>O. rhinoceros</i>	10
2.3 Pupuk Organik	11

2.3.1 Pupuk Kandang.....	11
2.3.2 Kandungan Hara Pupuk Kandang	12
2.4 Kombinasi Bioinsektisida <i>B. thuringiensis</i> dan Pupuk Organik	12
BAB III. BAHAN DAN METODE	14
3.1 Waktu dan Tempat Penelitian	14
3.2 Alat dan Bahan.....	14
3.3 Metode Penelitian	14
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	15
3.4.1 Persiapan Bioinsektisida dan Pupuk Organik.....	15
3.4.2 Persiapan Larva <i>O. rhinoceros</i>	16
3.4.3 Pencampuran Bioinsektisida, Pupuk Organik, Tanah dan Sersah Kelapa Sawit.....	17
3.4.4 Infestasi Larva <i>O. rhinoceros</i>	18
3.4.5 Mortalitas Larva Dan Kematian Rerata Harian	19
BAB IV. HASIL DAN PEMBAHASAN	Error!
Bookmark not defined.	
4.1 Hasil Penelitian	Error!
Bookmark not defined.	
4.1.1 Uji Mortalitas <i>B. thuringiensis</i> dan Pupuk terhadap larva <i>O. rhinoceros</i>	Error! Bookmark not defined.
4.1.1.1 Mortalitas larva	Error!
Bookmark not defined.	
4.1.1.2 Kecepatan Kematian larva <i>O. rhinoceros</i> akibat campuran <i>B. thiuringiensis</i> dan Pupuk Organik	Error!
Bookmark not defined.	
4.2 Pembahasan.....	Error!
Bookmark not defined.	
BAB V. SIMPULAN DAN SARAN	20
5.1 Simpulan	20
5.2 Saran	20
DAFTAR PUSTAKA	22

LAMPIRAN.....	Error!
Bookmark not defined.	

DAFTAR GAMBAR

Gambar	halaman
1. Siklus hidup <i>O. rhinoceros</i>	6
2. Imago <i>O. rhinoceros</i>	7
3. Transmission electron microscopy (TEM) <i>B. thuringiensis</i> subsp. kurstaki-strain HD1 saat pembentukan spora (sporulasi) pada tahap I-VII.	9
4. Cara kerja <i>B. thuringiensis</i> pada Lepidoptera.	10
5. Bioinsektisida Bt-plus <i>Bacillus thuringiensis</i> strain 4042 Serratia marcescens strain NPKC3_2_21.	15
6. Pupuk Kandang Sapi Organik, mengandung EM4 dan Guano, Pupuk kandang organik dari kotoran sapi siap pakai (sudah melalui proses dekomposisi).	16
7. Tempat pengambilan larva <i>O. rhinoceros</i>	17
8. Persiapan media untuk aplikasi.....	18
9. Perubahan morfologi larva <i>O. rhinoceros</i> setelah aplikasi <i>Bacillus thuringiensis</i>	
Error! Bookmark not defined.	
10. Penimbangan Larva sebelum aplikasi.....	
Error! Bookmark not defined.	
11. Pengamatan Lara Setelah Aplikasi.....	
Error! Bookmark not defined.	

DAFTAR TABEL

Tabel	halaman
1. Mortalitas larva <i>O. rhinoceros</i> setelah aplikasi Bt dan pupuk organik...	
Error! Bookmark not defined.	
2. Kecepatan rerata harian larva <i>O. rhinoceros</i>	
Error! Bookmark not defined.	

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Oryctes rhinoceros, atau yang sering dikenal sebagai kumbang tanduk, merupakan salah satu hama utama tanaman kelapa sawit. Serangan larva *O. rhinoceros* dapat menyebabkan kerusakan signifikan pada tanaman, terutama pada fase awal pertumbuhan. Hama *O. rhinoceros* menyerang tanaman kelapa sawit berumur hingga 2,5 tahun dengan merusak pelepah daun dan tajuk tanaman. Hal ini mengakibatkan penurunan produksi tandan buah segar hingga 69% pada tahun pertama. Selain itu, *O. rhinoceros* juga dapat mematikan tanaman muda hingga 25%. Selanjutnya, Bandu dkk. (2018) melaporkan bahwa tingkat serangan hama *O. rhinoceros* di Kebun Mapanget, Kabupaten Minahasa Utara, mencapai 61,17%. Hama ini menjadi penting karena kumbang dewasa selalu berpindah dari satu pohon ke pohon lain yang ada di sekitarnya, sehingga menyebabkan serangan semakin luas dan kerugian yang ditimbulkan semakin besar (Wijonarko dkk., 2015).

Hama *O. rhinoceros* dapat menimbulkan kerugian yang signifikan, sehingga diperlukan upaya pengendalian yang efisien, efektif, aman, dan ramah lingkungan. Salah satu alternatif pengendalian yang ramah lingkungan adalah pengendalian secara biologis dengan menggunakan bioinsektisida yang mengandung bakteri entomopatogen *Bacillus thuringiensis*. Bakteri *B. thuringiensis* (Bt) dikenal efektif sebagai agen pengendali hama (bisa diganti dengan menjadi satu kalimat). Dewantara (2018) melaporkan bahwa perlakuan *B. thuringiensis* dengan konsentrasi 80 ml/l air dapat menyebabkan mortalitas larva *O. rhinoceros* sebesar 100%, dengan gejala yang terlihat berupa melambatnya pergerakan larva,

pelunakan tubuh larva, serta perubahan warna tubuh larva menjadi hitam disertai bau busuk yang menyengat. Selanjutnya, penelitian yang dilakukan oleh Sihombing dkk. (2014) menunjukkan bahwa perlakuan *B. thuringensis* dengan dosis 75 g/l air dapat menyebabkan mortalitas 100% pada larva *O. rhinoceros*. Oleh karena itu, penggunaan bakteri *B. thuringensis* sebagai entomopatogen memiliki potensi yang baik dalam pengendalian hama *O. rhinoceros*.

Meskipun efektif dalam pengujian secara *in vitro* bakteri entomopatogen *B. thuringiensis* ini perlu dipertahankan keefektifannya untuk aplikasi di lapangan. Karena, penggunaan entomopatogen sebagai pengendali hayati di lapangan dalam skala besar sering kali menghasilkan efektivitas yang kurang memuaskan. Hal ini disebabkan oleh kondisi lingkungan yang tidak mendukung perkembangbiakan entomopatogen. Salah satu cara yang dapat dilakukan untuk mendukung efektivitasnya adalah dengan mengombinasikan bioinsektisida berbahan aktif entomopatogen tersebut dengan pupuk organik. Limbah ternak dapat menjadi alternatif pupuk organik yang dikombinasikan dengan *B. thuringiensis* karena mengandung unsur karbon dan nitrogen yang dapat meningkatkan pembentukan spora *B. thuringiensis*. Selain itu, pencampuran *Bacillus* pada pupuk organik dapat meningkatkan kandungan unsur hara. Sebagai contoh, kandungan nitrogen (N) pada kotoran sapi meningkat dari 0,84% menjadi 1,34%, dan kandungan C-organik meningkat dari 6,26% menjadi 12,60% (Guntoro, 2013). Dengan demikian, selain memiliki sifat toksik terhadap serangga hama, bioinsektisida ini juga dapat berperan sebagai pupuk bagi tanaman, sehingga dapat mendukung pertumbuhan tanaman yang lebih baik (Mangungsong dkk., 2020).

Penelitian ini dilakukan untuk menguji pengaruh pencampuran bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dan pupuk organik padat dari kotoran sapi terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*.

1.2 Tujuan Penelitian

Tujuan dilakukan penelitian ini untuk mengetahui pengaruh pencampuran bioinsektisida *B. thuringiensis* dan pupuk organik terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*.

1.3 Kerangka Pemikiran

Pengendalian larva *O. rhinoceros* menggunakan bioinsektisida berbahan aktif bakteri entomopatogen *B. thuringiensis* menjadi alternatif pengendalian yang efektif dan ramah lingkungan. Keunggulan utama dari penggunaan *B. thuringiensis* adalah sifat selektifnya terhadap hama tertentu. *B. thuringiensis* membentuk kristal protein yang hanya pada serangga target protein tersebut diaktifkan dan menyebabkan sel usus hancur (Sutriono & Zahar, 2022). Selain itu, bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* tidak menyebabkan resistensi pada serangga secepat pestisida kimia dan dapat terurai secara alami di alam dan tidak meninggalkan residu yang mencemari lingkungan (Susanti & Kesetyaningsih, 2007). Sehingga dapat mengurangi dampak negatif yang sering terjadi pada pengendalian kimiawi. Dengan demikian, penggunaan *B. thuringiensis* sebagai pengendali larva *O. rhinoceros* dapat memberikan manfaat jangka panjang baik bagi keberlanjutan pertanian maupun kelestarian lingkungan.

Bakteri entomopatogen *B. thuringiensis* ini membutuhkan air, karbon, nitrogen, unsur-unsur mineral dan zat-zat pertumbuhan untuk biosintesis dan energinya. Pupuk organik dari kotoran sapi mengandung unsur-unsur tersebut. Kotoran sapi memiliki kadar Nitrogen (N), Fosfat (P) dan Kalium (K) yang cukup besar dan kandungan mineral, magnesium, besi dan mangan. Kandungan kotoran sapi unsur N sebesar 0,92 %, 1,03% kalium, 0,23% fosfat, dan 0,38% kalsium (Abidin dan Novika, 2024). Sehingga, kombinasi bioinsektisida *B. thuringiensis* dan pupuk organik ini diharapkan memberikan sinergi positif, baik dengan meningkatkan aktivitas *B. thuringiensis* maupun menciptakan kondisi lingkungan yang mendukung efisiensinya sebagai entomopatogen bagi larva *O. rhinoceros*.

1.4 Hipotesis

Hipotesis yang diajukan dalam penelitian ini adalah pencampuran bioinsektisida *B. thuringiensis* dan dosis pupuk organik berpengaruh terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Kumbang Tanduk

Kelapa sawit merupakan komoditas tanaman perkebunan serta banyak dibudidayakan di Indonesia. Nilai ekonomi yang tinggi menjadikan kelapa sawit memiliki kontribusi signifikan terhadap meningkatnya devisa negara dan menciptakan lapangan pekerjaan, sehingga berdampak positif pada kesejahteraan masyarakat. Salah satu faktor yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman kelapa sawit adalah serangan hama, yang dapat menyebabkan menurunnya produksi dari tanaman tersebut..Salah satu jenis hama yang berdampak buruk bagi pertumbuhan tanaman kelapa sawit yang belum menghasilkan adalah *Oryctes rhinoceros*, atau yang lebih dikenal dengan sebutan Kumbang Tanduk. Kumbang tanduk ini merusak tanaman dengan memakan pucuk serta tunas kelapa sawit. Serangan dari hama ini dapat menyebabkan penurunan hasil pada saat panen pertama hingga mencapai 69%, serta dapat menyebabkan kematian sebesar 25% pada tanaman yang belum menghasilkan. (Sitinjak, 2018) Kumbang tanduk (*O. rhinoceros*) menurut (CABI, 2025) dapat diklasifikasikan sebagai berikut.

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

Kumbang tanduk merupakan hama utama yang menyerang kelapa sawit dan sangat merugikan, terutama di area *replanting*. Hal ini disebabkan oleh banyaknya

tumpukan bahan organik yang sedang mengalami proses pembusukan, yang menjadi tempat berkembang biak bagi hama ini. Kumbang menyerang tanaman kelapa sawit yang baru ditanam di lapangan hingga berumur 2,5 tahun. Serangan hama ini pada tanaman di tahap pembibitan dapat menghambat pertumbuhan bahkan menyebabkan kematian (Pardamean, 2017)

2.1.1 Siklus Hidup *O. rhinoceros*

Menurut CABI (2025) siklus hidup kumbang tanduk (*O. rhinoceros*) dimulai dari telur, larva, prapupa, pupa, dan imago.

2.1.1.1 Telur

Telur *O. rhinoceros* berwarna putih kekuningan, berdiameter 3 mm dan diletakkan di dalam bahan vegetatif yang membusuk. Awalnya berbentuk oval, telur tersebut mulai membengkak sekitar seminggu setelah bertelur dan menetas dalam waktu 11-13 hari (CABI, 2025). Kumbang betina biasanya meletakkan telur di sisa-sisa bahan organik yang telah melapuk, misalnya batang kelapa sawit, serbuk gergaji, serta tumpukkan tandan kosong (Andoko dan Widodoro, 2013).

2.1.1.2 Larva

Larva *O. rhinoceros* melewati tiga tahap instar, yaitu instar 1 hingga 3. Pada instar 1, larva berwarna putih transparan sehingga bagian dalam tubuhnya yang sedang mengonsumsi bahan organik terlihat jelas. Larva ini sangat aktif bergerak, berpindah tempat untuk mendapatkan makanan yang terus berganti, yang mendukung pertumbuhannya yang cepat. Pada instar 2, tubuh larva berwarna putih dengan ujung abdomen yang hitam, serta ditumbuhi bulu halus di seluruh tubuh, dan spirakel pada setiap ruas tubuh menjadi lebih jelas. Panjang tubuh larva meningkat signifikan menjadi 47,62 mm, dengan diameter badan 11,11 mm, diameter kepala 9,67 mm, dan bobot 5,358 g. Pada instar 3, larva mencapai ukuran yang jauh lebih besar, dengan panjang 80,08 mm, diameter badan 15,21 mm, diameter kepala 10,91 mm, dan bobot 10,650 g. Ukuran tubuh larva pada tahap ini

lebih besar dibandingkan dengan laporan sebelumnya, dan pertumbuhannya lebih cepat karena media yang digunakan mengandung bahan organik yang cepat terurai, mendukung asupan makanan yang optimal untuk perkembangan larva (Andre dkk., 2021).

2.1.1.3 Prapupa dan Pupa

Pra pupa *O. rhinoceros* berwarna putih kekuningan dengan bagian abdomen yang mengkerut dan tampak menebal. Warna pra pupa akan berubah setiap hari hingga menjadi oranye, yang menandakan fase pra pupa akan bertransisi ke pupa. Pada fase pra pupa, ujung tungkainya akan terputus dan membentuk ruang seperti kokon, disebabkan oleh perilaku pra pupa yang tidak lagi dapat bergerak, hanya mampu menggerakkan bagian abdomen. Pupa memiliki warna tubuh oranye dengan ujung abdomen yang sedikit menghitam. Pada pupa *O. rhinoceros*, sepasang sayap, tanduk, dan tungkai baru sudah tampak. Panjang tanduk pupa akan terus bertambah setiap harinya hingga menjadi imago (Andre dkk., 2021).

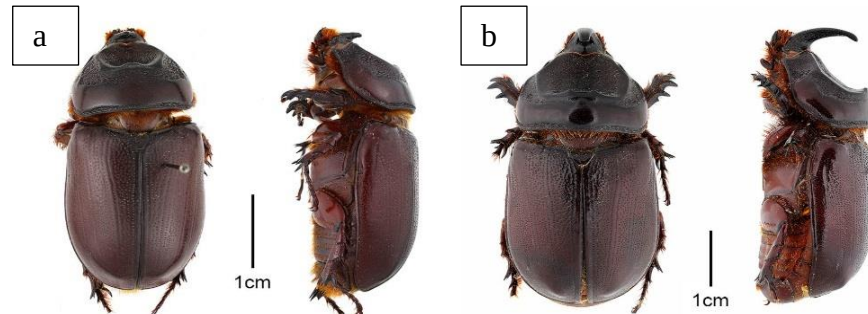


Gambar 1. Siklus hidup *O. rhinoceros*: (a) telur, (b) larva, (c) pra pupa, dan (d) pupa (Andre dkk., 2021).

2.1.1.4 Imago

Imago *O. rhinoceros* berwarna cokelat tua hingga hitam, berkilau, dengan panjang 35-50 mm dan lebar 20-23 mm, serta tanduk yang mencolok di kepala. Jantan

memiliki tanduk yang relatif lebih panjang dibandingkan betina. Perbedaan jantan dapat dikenali dengan lebih tepat karena segmen terminal abdomen yang bulat dan berkilau, sementara betina memiliki ekor yang lebih berbulu (CABI, 2025).



Gambar 2. Imago *O. rhinoceros* : (a) imago betina dan (b) imago jantan (CABI, 2025).

2.1.2 Pengendalian *O. rhinoceros*

Pengendalian serangan hama *O. rhinoceros* pada tanaman kelapa sawit, dapat dilakukan secara terpadu dengan mengombinasikan berbagai teknik pengendalian yaitu, secara kultur teknis penanaman *legume cover crop* (LCC) sebanyak 750 biji per hektar, seperti *Mucuna bracteata*, sebulan sebelum atau bersamaan dengan penanaman kelapa sawit, di area dengan curah hujan cukup tinggi agar mudah tumbuh. Pengamatan serangan hama setiap bulan, serta pengendalian fisik dengan mengumpulkan imago dan membongkar tumpukan bahan organik. Perangkap feromon dengan bahan aktif ethyl-4-methyloctanoat dipasang di lokasi dengan serangan tinggi dan diperiksa setiap minggu. Pengendalian hayati dilakukan dengan menyiram larva yang terinfeksi jamur *Metarhizium anisopliae* atau virus *Baculovirus oryctes*. Pengendalian hayati juga dapat dilakukan dengan bioinsektisida berbahan aktif bakteri *B. thuringiensis*. Insektisida butiran karbosulfan 5% atau karbofuran 5% juga digunakan dengan dosis yang disesuaikan umur tanaman (Ditjenbun, 2025).

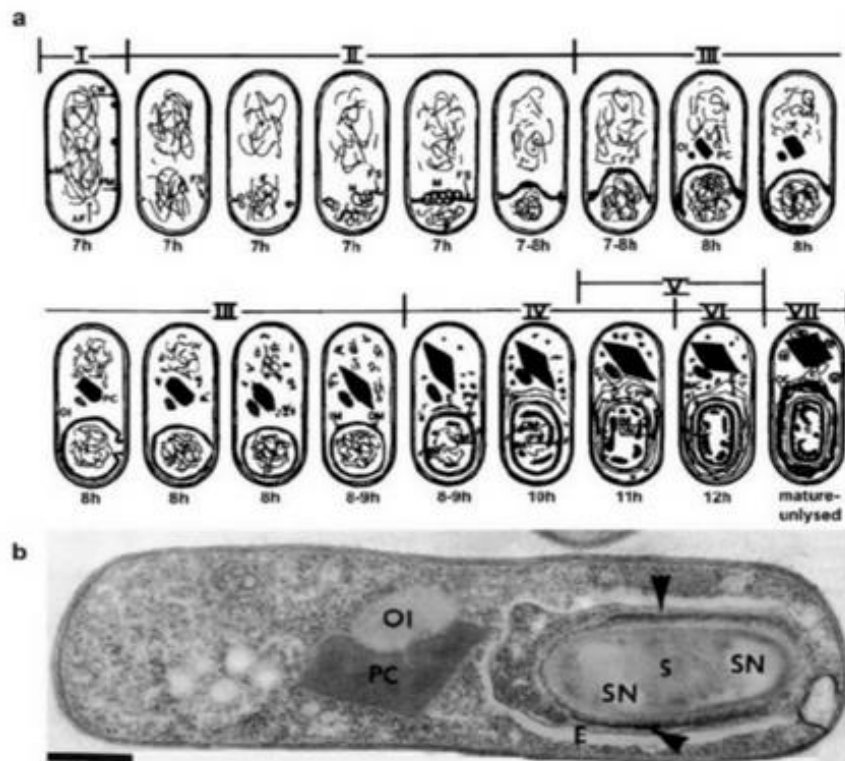
2.2 Bioinsektisida Berbahan Aktif *B. thuringiensis*

Bioinsektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* (Bt) adalah yang pertama kali ditemukan oleh ahli biologi Jepang, Shigetane Ishiwata, pada tahun 1901, dan

kemudian dipelajari lebih lanjut oleh Ernst Berliner di Jerman. Bt merupakan bakteri yang dapat menghasilkan toksin yang mematikan bagi serangga tertentu, terutama ulat. Komersialisasi pertama Bt dilakukan di Perancis pada tahun 1938 dengan nama Sporeine, dan pada 1950-an, penelitian tentang efektivitasnya sebagai biopestisida mulai berkembang di Amerika. Meskipun sempat tergeser oleh insektisida kimiawi sintetik, penggunaan Bt kembali berkembang pada pertengahan abad ke-20, terutama setelah pasar insektisida kimia mengalami kejenuhan. Bt diaplikasikan secara luas dengan metode fermentasi industri, dan beberapa varian baru ditemukan, seperti *B. thuringiensis* var. *israelensis* untuk mengendalikan lalat dan strain tenebrion untuk mengatasi kumbang. Bioinsektisida ini terus digunakan secara efektif untuk mengendalikan berbagai jenis hama dengan dampak minimal terhadap lingkungan (Sastrahidayat, 2014).

2.2.1 Karakter Bakteri *B. thuringiensis*

Bakteri *B. thuringiensis* adalah bakteri berbentuk batang, gram-positif, dapat bergerak, dengan ukuran lebar 1,0-1,5 mikrometer, dan memiliki sporangium yang tidak membengkak serta spora berbentuk silindris. Bakteri ini juga memiliki badan paraspora atau kristal protein berbentuk sferis. Untuk mendukung pertumbuhannya, *B. thuringiensis* memanfaatkan gula-gula sebagai sumber tambahan, selain protein dan asam amino yang berfungsi sebagai sumber utama karbon dan nitrogen. Proses pertumbuhannya melibatkan sporulasi dan pembentukan inklusi paraspora secara bertahap, terutama pada *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* strain HD1. Struktur dari strain ini menunjukkan adanya exosporium, spora nukleoid, dan inklusi paraspora yang berbentuk bipiramidal dan ovoidal. Berdasarkan analisis PCR, strain ini mengandung gen *CryIAa*, *CryIAb*, dan *CryIAc* (Gambar 3) (Salamun, 2023).

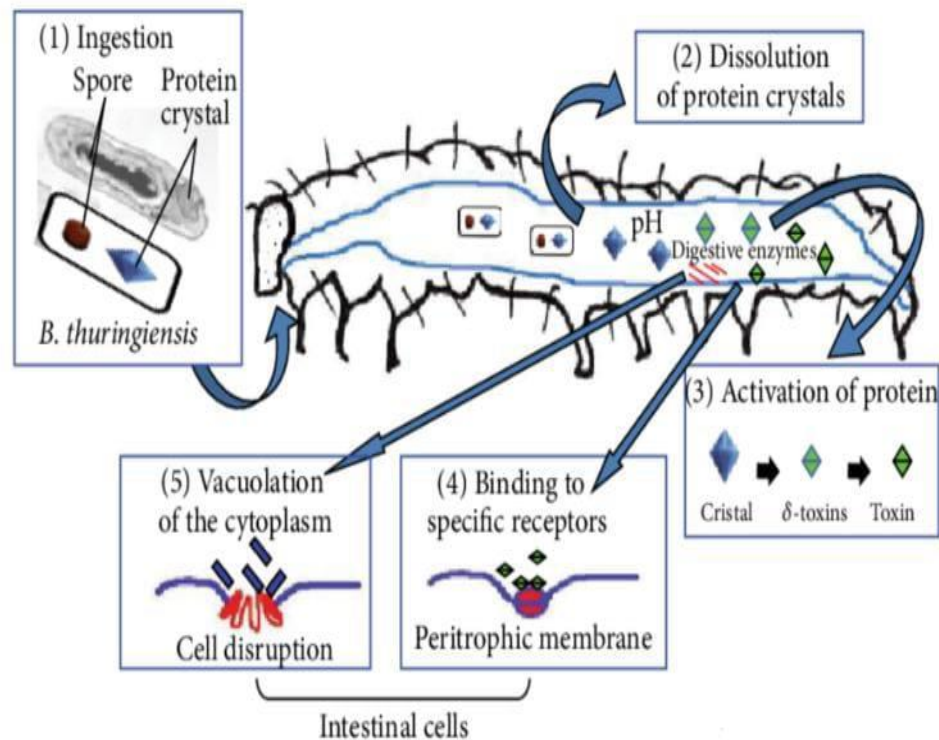


Gambar 3. *Transmission electron microscopy* (TEM) *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki*-strain HD1 saat pembentukan spora (sporulasi) pada tahap I-VII: (a) Proses sporulasi dan pembentukan kristal toksin inklusi paraspora bakteri berdasarkan tahapan waktu (h), (b) Bakteri *B. thuringiensis* hasil sporulasi, Kristal toksin bipyramidal (PC), inklusi ovoidal (OI), exosporium (E), spora nucleoid (SN), dan spora (S). (Salamun, 2023).

2.2.2 Toksisitas dan Mekanisme Kerja *B. thuringiensis* terhadap Organisme Target

Bakteri *B. thuringiensis* bersifat gram positif menghasilkan spora dan protein yang bersifat toksik saat sporulasi (Pujiastuti dkk., 2017). Ketika *B. thuringiensis* ditelan oleh serangga target, spora bakteri yang ada di dalam usus serangga akan mengeluarkan kristal protein toksin. Toksin ini kemudian merusak dinding usus, menyebabkan kondisi usus bocor. Toksin aktif akan mengikat reseptor protein pada membran sel epitel usus serangga, yang selanjutnya membentuk jalur ion antara sitoplasma sel dengan lingkungan luar. Hal ini mengakibatkan kehilangan ATP pada sel, yang menyebabkan kematian serangga. Serangga yang terinfeksi berhenti makan dan akhirnya mati karena kombinasi efek kelaparan, kerusakan jaringan, dan

infeksi usus. Kematian serangga dapat terjadi dalam rentang waktu yang bervariasi, mulai dari beberapa jam hingga beberapa minggu (Muliani dan Srimurni, 2022).



Gambar 4. Cara kerja *B. thuringiensis* pada Lepidoptera menelan bakteri (1).kelarutan kristal (2). Aktivasi Protein (3). Pengikatan protein ke reseptor (4). Pembentukan sel membran dan lisis (5) (Muliani dan Srimurni, 2022).

2.2.3 Gejala Infeksi *B. thuringiensis* pada Larva *O. rhinoceros*

Serangan *B. thuringiensis* terhadap larva *O. rhinoceros* dapat menyebabkan perubahan warna tubuh larva, yang awalnya berwarna putih menjadi kecoklatan hingga kehitaman. Secara motorik, larva menjadi tidak aktif bergerak dan kehilangan nafsu makan, yang akhirnya menyebabkan kematian dengan tubuh yang melunak. Selain itu, akan terjadi kerusakan pada organ tubuh larva yang ditandai dengan keluarnya cairan dari tubuhnya. Tubuh larva yang mati juga akan membusuk dan mengeluarkan aroma menyengat (Pujiastuti dkk., 2023). Hasil pengamatan oleh Sihombing dkk. (2014) menunjukkan bahwa gejala awal larva yang terinfeksi entomopatogen ditandai dengan penurunan aktivitas dan berkurangnya nafsu makan, yang lama-kelamaan menyebabkan larva menjadi diam

dan mati. Perubahan warna tubuh larva yang menghitam juga tercatat pada infeksi *B. thuringiensis*. Larva yang mati akan menunjukkan gejala tubuh yang melunak, busuk, berlendir, serta mengeluarkan aroma tidak sedap (Pakpahan, 2023).

2.3 Pupuk Organik

Pupuk organik merupakan jenis pupuk yang berasal dari bahan-bahan organik alami, seperti sisa tanaman, kompos, pupuk kandang, dan limbah organik lainnya. Bahan-bahan tersebut mengalami proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah, menghasilkan humus yang kaya akan nutrisi dan penting untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Penggunaan pupuk organik tidak hanya memperkaya kandungan nutrisi tanah, tetapi juga berperan dalam meningkatkan keseimbangan ekosistem tanah serta mendukung pertumbuhan tanaman secara alami. Pupuk organik dapat diperoleh dari berbagai sumber, seperti sisa tanaman yang terdiri dari daun, ranting, batang, dan residu panen, yang mudah terurai oleh mikroorganisme tanah. Pupuk kandang yang berasal dari kotoran hewan, seperti sapi, kambing, ayam, dan kuda kaya akan nutrisi makro dan mikro serta bahan organik yang mendukung kesuburan tanah. Limbah organik lainnya, seperti limbah rumah tangga, industri makanan, dan pertanian, dapat diolah menjadi pupuk yang kaya nutrisi dan bermanfaat bagi tanaman. Masing-masing jenis sumber pupuk organik ini memiliki karakteristik dan manfaat tersendiri dalam meningkatkan kesuburan tanah dan produktivitas tanaman (Hasniar dkk., 2024).

2.3.1 Pupuk Kandang

Pupuk kandang didefinisikan sebagai semua produk buangan dari binatang peliharaan yang dapat digunakan untuk menambah hara, memperbaiki sifat fisik, dan biologi tanah. Pupuk kandang berasal dari kotoran hewan seperti unggas, sapi, kerbau, dan kambing sering digunakan sebagai pupuk dasar tanaman karena ketersediaannya yang melimpah dan proses pembuatannya yang sederhana. Pupuk kandang tidak memerlukan proses pembuatan yang panjang seperti kompos, karena kotoran hewan cukup didiamkan hingga kering dan matang sebelum diaplikasikan ke lahan. Apabila dalam memelihara ternak tersebut diberi alas seperti sekam pada

ayam atau jerami pada sapi, kerbau, dan kuda, maka alas tersebut akan dicampur menjadi satu kesatuan dan disebut sebagai pupuk kandang. Pupuk kandang mengandung unsur makro seperti nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K), serta unsur mikro seperti kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan mangan (Mn), yang semuanya dibutuhkan oleh tanaman. Selain itu, pupuk kandang berperan dalam memelihara keseimbangan hara dalam tanah dan memberikan pengaruh yang bertahan lama, menjadikannya sebagai gudang makanan bagi tanaman (Nurhayati, 2021).

2.3.2 Kandungan Hara Pupuk Kandang

Pupuk kandang sapi mengandung unsur hara makro seperti nitrogen (N), fosfor (P), kalium (K), magnesium (Mg), dan natrium (Na), yang relatif lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk kandang dari hewan lain. Pupuk ini juga mengandung kadar serat yang tinggi, seperti selulosa, yang terbukti dari pengukuran rasio C/N yang cukup tinggi, lebih dari 40. Disamping itu pupuk ini juga mengandung unsur hara makro seperti 0,5 N, 0,25 P_2O_5 , 0,5 % K_2O dengan kadar air 0,5%, dan juga mengandung unsur mikro esensial lainnya. Pupuk kandang sapi memiliki 9 sifat unggul dibandingkan pupuk alam lainnya maupun pupuk buatan, di antaranya adalah berfungsi sebagai bunga tanah (humus), sumber hara nitrogen, fosfor, dan kalium yang amat penting untuk perkembangan tanaman, serta kaya akan mikroorganisme yang bermanfaat. Pupuk ini juga dapat meningkatkan daya menahan air, memperbaiki struktur tanah, dan meningkatkan kehidupan mikroorganisme pengurai, sehingga sangat efektif untuk memperbaiki kesuburan tanah. Meskipun cara kerjanya relatif lambat, pupuk kandang sapi sangat cocok digunakan sebagai pupuk dasar karena dapat memberikan manfaat jangka panjang dalam pemeliharaan kesuburan tanah (Setiawan dkk., 2024).

2.4 Kombinasi Bioinsektisida *B. thuringiensis* dan Pupuk Organik

Kombinasi *B. thuringiensis* sebagai bioinsektisida dengan pupuk kandang dapat memberikan manfaat yang signifikan dalam pengendalian hama dan peningkatan kesuburan tanah. Kombinasi ini dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama

ketika digunakan bersamaan dengan pupuk kandang yang kaya akan nutrisi. Hal ini dapat terjadi karena pencampuran dengan pupuk kandang dapat menghasilkan kepadatan spora Bt yang tinggi (Pujiastuti dkk., 2020). Pupuk kandang menyediakan unsur hara penting bagi tanaman, seperti nitrogen, fosfor, dan kalium. Ketika dikombinasikan dengan Bt, pupuk kandang dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman yang lebih sehat dan lebih tahan terhadap serangan hama karena dapat masuk ke jaringan tanaman.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Maret - April 2025 di Desa Wiyono, Kecamatan Gedung Tataan, Pesawaran, Lampung.

3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, gelas ukur, gunting atau pisau, toples, sarung tangan, ember, dan alat tulis. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah Bioinsektisida Bt Plus, pupuk organik padat dari kotoran sapi, larva *O. rhinoceros* instar 2 sampai instar 3, media tanah dan sersah kelapa sawit, dan air.

3.3 Metode Penelitian

Penelitian ini disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang terdiri dari 5 perlakuan. Perlakuan terdiri dari:

- P0 : kontrol (seresah tanah lahan tanpa perlakuan Bt dan pupuk),
- P1 : Bioinsektisida Bt 1,5g (pada setiap ulangan),
- P2 : Pupuk organik 20% dan bioinsektisida Bt 1,5g (pada setiap ulangan),
- P3 : Pupuk organik 25% dan bioinsektisida Bt 1,5g (pada setiap ulangan), dan
- P4 : Pupuk organik 30% dan bioinsektisida Bt 1,5g (pada setiap ulangan).

Setiap perlakuan diulang sebanyak 4 kali, sehingga terdapat 20 satuan percobaan. Parameter pengamatan adalah mortalitas larva (%) dan kecepatan kematian (ekor/hari). Data dianalisis dengan sidik ragam (ANOVA) dan dilakukan uji lanjut dengan menggunakan uji BNT (Beda Nyata Terkecil) pada taraf 5%.

3.4 Pelaksanaan Penelitian

Pelaksanaan penelitian dilakukan dengan prosedur sebagai berikut.

3.4.1 Persiapan Bioinsektisida dan Pupuk Organik

Bioinsektisida yang digunakan adalah bioinsektisida yang dibeli dari *e-commerce* dengan merek dagang Bt Plus berbentuk tepung yang larut dalam air. Sebelum digunakan, bioinsektisida ini dibuat larutan pekat yang didiamkan selama 6 sampai 24 jam. Pembuatan larutan pekat dilakukan dengan mencampurkan satu bungkus Bt Plus ke dalam 1 liter air. Lalu diamkan selama 6 sampai 24 jam. Setelah itu, diambil sebanyak 250 mL suspensi tersebut dan dilarutkan ke dalam 16 liter air.



Gambar 5. Bioinsektisida Bt-plus *Bacillus thuringiensis* strain 4042 *Serratia marcescens* strain NPKC3_2_21.

Pupuk organik yang digunakan berupa pupuk kandang kotoran sapi murni siap pakai yang dibeli dari *e-commerce*. Pupuk kandang ini sudah melalui proses dekomposisi.



Gambar 6. Pupuk Kandang Sapi Organik, mengandung EM4 dan Guano, Pupuk kandang organik dari kotoran sapi siap pakai (sudah melalui proses dekomposisi).

3.4.2 Persiapan Larva *O. rhinoceros*

Serangga uji yang digunakan dalam penelitian ini adalah *O. rhinoceros*, yang diambil pada fase larva instar ke-2 sampai ke-3. Larva diambil dari PTPN 7 Rejo Sari afdeling 1, serangga uji ditemukan dengan cara membongkar batang sawit yang telah lapuk, kemudian serangga uji diambil dan ditempatkan dalam kotak plastik. Serangga uji dipelihara dengan cara mengganti tanah dan pakan setiap minggu, serta menyemprotkan air pada media tanah tiga kali seminggu untuk

menjaga kelembaban. Pakan untuk larva berupa seresah kelapa sawit. Larva dipelihara hingga pelaksanaan aplikasi penelitian, dilakukan pemeliharaan secara intensif dan pengamatan setiap hari untuk memantau keadaan dan kondisi larva dalam wadah pemeliharaan.



Gambar 7. Tempat pengambilan larva *O. rhinoceros* (PTPN 7 Rejosari).

3.4.3 Pencampuran Bioinsektisida, Pupuk Organik, Tanah dan Sersah Kelapa Sawit

Larutan bioinsektisida yang sudah dibuat, kemudian dicampurkan dengan pupuk organik dan bahan lainnya. Komposisi pencampurannya disesuaikan dengan masing-masing perlakuan. Untuk perlakuan kontrol hanya menggunakan tanah dan sersah sebagai pakannya seberat 1,5 kg yang dilembabkan dengan air. Untuk perlakuan P1 dicampurkan media tanah dan sersah 1,5 kg dengan 1 liter bioinsektisida. Perlakuan P2 dicampurkan 0,3 kg pupuk organik ditambah sersah

dan tanah 1,2 kg dengan 1 liter bioinsektisida. Perlakuan P3 dicampurkan 0,375 kg pupuk organik, dengan 1,125 kg tanah dan sersah, ditambah 1 liter bioinsektisida. Perlakuan P4 dicampurkan 0,45 kg pupuk organik dengan 1,05 kg tanah dan sersah, ditambah 1 liter bioinsektisida. Lalu, setiap media diletakkan pada toples dan diinkubasi selama 24 jam.



Gambar 8. Persiapan media untuk aplikasi (tanah sereah kelapa swait, pupuk kandang dan bioisektisida Bt plus).

3.4.4 Infestasi Larva *O. rhinoceros*

Larva *O. rhinoceros* diinfestasikan pada masing-masing media. Untuk 1 toples media diletakkan sebanyak 20 ekor larva. Pemberian pakan tetap rutin dilakukan jika pakan habis. Kondisi larva diamati setiap hari selama 14 hari pengamatan.

3.4.5 Mortalitas Larva Dan Kematian Rerata Harian

Pengamatan mortalitas larva dilakukan setiap hari setelah diaplikasikan bio-insektisida *B. thuringiensis*. Gejala larva yang mati berupa adanya perubahan warna menjadi coklat kehitaman dan tekstur tubuh menjadi lembut berair serta tidak ada respon bila disentuh. Adapun rumus perhitungan mortalitas larva adalah sebagai berikut:

$$P = \frac{a}{b} \times 100\%$$

Keterangan :

P = Persentase mortalitas larva (%),

a = Larva yang mati terinfeksi *B. thuringiensis* dan

b = Jumlah total larva yang diamati.

Rumus perhitungan Kemarian rerata harian yaitu :

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n}$$

Keterangan:

$\bar{x}$ = Rata-rata,

x = Nilai yang akan dicari rata-ratanya dan

n = Banyaknya data.

V. SIMPULAN DAN SARAN

5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan, dapat disimpulkan bahwa : Aplikasi bioinsektisida *B. thuringiensis* (Bt), baik secara tunggal maupun dikombinasikan dengan pupuk organik padat dari kotoran sapi, berpengaruh signifikan terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros*. Perlakuan terbaik terdapat pada kombinasi Bt 1,5 g dengan pupuk organik 20% (P2), yang menghasilkan tingkat mortalitas tertinggi sebesar 17,25 larva pada hari ke-14 setelah aplikasi (HSA), dan kecepatan kematian rata-rata harian tertinggi sebesar 1,23 larva/hari. Penambahan pupuk organik padat berperan dalam menciptakan kondisi mikrobiologis yang mendukung aktivitas Bt, seperti kelembapan tinggi dan media yang kaya mikroba, sehingga meningkatkan efektivitas infeksi dan penyebaran toksin. Larva yang terinfeksi Bt menunjukkan gejala khas seperti tidak aktif, tubuh melunak, berubah warna menjadi gelap, dan akhirnya mati membusuk. Proses infeksi sekunder mempercepat penyebaran toksin ke larva lainnya.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis memberikan beberapa saran sebagai berikut :

1. Penelitian lanjutan perlu dilakukan untuk mengevaluasi efektivitas kombinasi Bt dan pupuk organik ini di kondisi lapangan dalam skala besar, serta melihat pengaruhnya terhadap tanaman sawit secara langsung.

2. Eksplorasi terhadap jenis pupuk organik lainnya, seperti kompos limbah pertanian atau biofertilizer, juga dapat dilakukan untuk mengetahui potensi sinergi lain dalam meningkatkan kinerja bioinsektisida.
3. Monitoring lingkungan mikro seperti suhu, kelembapan, dan pH media perlu ditambahkan dalam pengamatan lanjutan untuk mengetahui faktor lingkungan yang memengaruhi performa Bt secara optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, M. Y, dan Novika, E. 2024. Pengaruh penambahan kotoran sapi terhadap karakteristik pupuk organik padat berbahan sabut kelapa dan jerami padi. *Distilat: Jurnal Teknologi Separasi*, 10(1), 151–159.
- Andoko, A., dan Widodoro. 2013. *Berkebun Kelapa Sawit si Emas Cair*. AgroMedia.
- Andre, M., Yaherwandi, dan Efendi, S. 2021. Biologi pradewasa *Oryctes rhinoceros* L (Coleoptera: Scarabidae) pada dua jenis limbah organik kelapa sawit. *Prosiding Seminar Fakultas Pertanian UPN “Veteran” Yogyakarta*, 117–132.
- Bandu, M. L., Tarore, D., dan Tairas, R. W. 2018. Serangan hama kumbang (*Oryctes rhinoceros* L.) pada tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Mapanget Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara. *Cocos*, 1(4).
- CABI. 2025. *Oryctes rhinoceros* (coconut rhinoceros beetle). Dalam *CABI Compendium*. <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.37974>
- Dewantara, M. T. 2018. *Uji efektivitas entomopatogen Beauveria bassiana*.
- Ditjenbun. 2025. *Pengendalian Hama Oryctes Rhinoceros Pada Kegiatan Peremajaan Kelapa Sawit Rakyat Di Kabupaten Ogan Komering Ilir*.
- Guntoro, S. 2013. *Membuat Pakan Ternak dan Kompos dari Limbah Organik*. AgroMedia.
- Hasniar, H., Asfar, A. M. I. A., Ali, M., dan Wahyuni, S. 2024. *Pupuk Organik Alternatif Berbahan Dasar Urin Sapi Kombinasi Limbah Sekam Padi*. Penerbit KBM Indonesia.
- Mangungsong, A., Soemarsono, dan Zudri, D. F. 2020. Pemanfaatan mikroba tanah dalam pembuatan pupuk organik serta peranannya terhadap tanah aluvial dan pertumbuhan bibit tanaman kakao. *Jurnal Agronomi Indonesia (Indonesian Journal of Agronomy)*, 47(3), 318–325. <https://doi.org/10.24831/jai.v47i3.24721>
- Muliani, Y, dan Srimurni, R. 2022. *Agensia Pengendali Hayati*. CV. Jejak.
- Nurhayati, D. R. 2021. *Peran Pupuk Kandang terhadap Tanaman Kacang Hijau (Vigna radiata L.)*. Scopindo Media Pustaka.

- Pakpahan, Y. M. 2023. *Mortality of Oryctes rhinoceros Larvae After Application of Bacillus thuringiensis -Based Bio-insecticide Solid Formulation Agroindustrial Waste in The Field*. Universitas Sriwijaya.
- Pardamean, M. 2017. *Kupas Tuntas Agribisnis Kelapa Sawit*. Penebar Swadaya.
- Pujiastuti, Y., Gunawan, B., Suparman, Sulistyani, D. P., dan Sandi. 2020. *Bacillus thuringiensis* propagated in bio-urine media as a biological control of termite *Coptotermes curvignathus* and armyworm *Spodoptera litura*. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012009>
- Pujiastuti, Y., Hakari, I. M., S. H. K, S., Umayah, A., Gunawan, B., dan Herlin, W. 2023. Kajian *Bacillus thuringiensis* diperbanyak pada media padat hasil samping agroindustri terhadap mortalitas larva *oryctes rhinoceros* di rumah bayang. *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(4), 651.
- Pujiastuti, Y., Triansyah, T., Hamidson, H., Effendy ffendy, E., Suparman, S., Hama dan Penyakit Tumbuhan, J., dan Studi Proteksi Tanaman, P. 2017. Produksi Spora *Bacillus thuringiensis* pada Media Limbah dengan Penambahan Tepung Cangkang Keong Mas dan Toksisitasnya terhadap *Spodoptera Litura* Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae) Production of *Bacillus thuringiensis* Spores in Agricultural Waste with Addition of Golden Snail Shell Powder and its Toxicity Against *Spodoptera litura* Fabr. (Lepidoptera: Noctuidae). Dalam Online, www.jlsuboptimal.unsri.ac.id, 6 : 2. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id
- Salamun. 2023. *Pengembangan Bioinsektisida Mikrobial dari Tahap Eksplorasi menuju Tahap Aplikasi*. Airlangga University Press.
- Sastrahidayat, I. R. 2014. *Peranan Mikroba bagi Kesehatan Tanaman dan Kelestarian Lingkungan*. UB Press.
- Setiawan, A., Sajar, S., dan Marpangung, H. A. 2024. *Biochar Tempurung Kelapa Dengan Sistem Retort dan Aplikasi Pupuk Kohe Sapi terhadap Pertumbuhan Bibit Tanaman Kopi Robusta (coffea robusta L.)*. PT. Serasi Media Teknologi.
- Sihombing, R. H., Oemry, S., dan Lubis, L. 2014. Uji Efektifitas Beberapa Entomopatogen Pada Larva *Oryctes rhinoceros* The Effectivity of Some Entomopathogenic on the Larvae *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) in the Laboratory". 2(4) : 1300–1309.
- Susanti, T. D. dan Kesetyaningsih, T. W. 2007. Perbandingan Efektivitas *Bacillus thuringiensis israelensis* (Bti) terhadap Larva *Aedes aegypti* Laboratorium dan Daerah Endemik Demam Berdarah di Yogyakarta. Dalam *Mutiara Medika Edisi Khusus*, 7: 1.
- Sutriono, S. dan Zahar, I. 2022. Perbandingan efektivitas *Bacillus thuringiensis* dengan teknologi ozon dalam pengendalian hama *Spodoptera litura* pada daun cabai (*Capsicum annum*). *Rona Teknik Pertanian*, 15(2) : 13–22.
- Witjaksono, W., Wijonarko, A., Harjaka, T., Harahap, I., dan Sampurno, W. B. 2015. Tekanan *Metarhizium anisopliae* dan feromon terhadap populasi dan tingkat kerusakan oleh *Oryctes rhinoceros*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* , 19 (2), 73-79.