

SKRIPSI

**UJI BIO-INSEKTISIDA BERBAHAN AKTIF *Bacillus thuringiensis*
PADA BERBAGAI MEDIA LIMBAH PADAT TERHADAP
MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros*
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)
PADA SUHU 30-35°C**

***TEST OF BIO-INSECTICIDE WITH ACTIVE INGREDIENTS
OF *Bacillus thuringiensis* ON A VARIETY OF SOLID WASTE
MEDIA ON LARVAE MORTALITY OF *Oryctes rhinoceros*
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE) AT 30-35°C***



**Nabila Febriyanti
05081182025010**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

SUMMARY

NABILA FEBRIYANTI. Test of Bio-Insecticide with Active Ingredients of *Bacillus thuringiensis* on a Variety of Solid Waste Media on Larvae Mortality of *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) at 30-35°C (Supervised by **YULIA PUJIASTUTI**)

The horned beetle (*Oryctes rhinoceros*) is a major pest of oil palm, due to its attack can affect the yield and productivity of plant. Control of *O. rhinoceros* pests commonly carried out by farmers and oil palm plantation companies is by using synthetic insecticides. However, the continuous use of synthetic insecticide can cause negative impacts such as resistance, pest recurrence, killing of natural enemy, and environmental pollution. Thus, reducing the use of synthetic insecticides in oil palm plantations requires other safe and environmentally friendly control methods, including using bio-insecticides made from *Bacillus thuringiensis* is an alternative that has been used to control various pest species. Therefore, this research aims to determine the effectiveness of using a mixture of solid waste media in influencing the development of *B. thuringiensis* and the level of toxicity to the mortality of *O. rhinoceros* larvae at a static temperature of 30-35°C.

Observations indicated that larvae mortality was significantly different between treatments. This research was conducted in the Integrated Biological Control Laboratory, Department Plant Protection, Faculty Agriculture. The device used was an incubator at a static temperature of 30-35°C. This research used a Completed Randomized Design (CRD) consisting of 6 treatments and 4 replication, as a comparison water control and commercial bioinsecticides were used. The test insects used in this research were the 3rd instar *O. rhinoceros* larvae. In each replication in each treatment, there were six *O. rhinoceros* larvae used as test insects. The application was carried out in plastic containers placed in an incubator, each of which was given a treatment, namely P1 (rice bran+oil palm cake) (2:1), P2 (rice bran+tofu dregs) (2:1), P3 (rice bran+peanut cake) (2:1), P4 (rice bran+corn huks) (2:1), P5 (commercial bio-insecticide), P6 (water control).

The highest mortality was found in treatment P1 with the fastest mortality percentage reaching 50% at 6.24 days after application while the lowest mortality in treatment P4 reached 50% at 11.9 days after application. The symptoms caused by *O. rhinoceros* larvae that have been infected with *B. thuringiensis* bacteria were the larvae's body become soft, change colour, move lazily and the dead larvae will turn brown to black, discharge that has an unpleasant odour. The use of a mixture of solid waste media in influencing the development of *B. thuringiensis*, namely oil palm cake which can be used as a nitrogen source with the highest colony density at 72 hours after incubation of 3.58×10^{10} cfu/g, and the highest mortality occurred in the rice bran+oil palm cake treatment with 50% mortality rate occurred at 6.24 days after application.

Keyword: Incubator, Biological Control, Test Insect

RINGKASAN

NABILA FEBRIYANTI. Uji Bio-Insektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* pada Berbagai Media Limbah Padat Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Suhu 30-35°C (Dibimbing oleh **YULIA PUJIASTUTI**)

Hama kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) merupakan hama utama pada tanaman kelapa sawit, akibat serangannya dapat berpengaruh terhadap hasil dan produktivitas tanaman. Pengendalian hama *O. rhinoceros* yang biasa dilakukan oleh petani dan perusahaan perkebunan kelapa sawit ialah dengan menggunakan insektisida sintetik. Namun, pengendalian dengan menggunakan insektisida sintetik secara terus menerus dapat menimbulkan dampak negatif seperti terjadinya resistensi, resurgensi hama, terbunuhnya musuh alami, dan pencemaran lingkungan. Dengan demikian pengurangan penggunaan insektisida sintetik pada perkebunan tanaman kelapa sawit memerlukan cara pengendalian lain yang aman dan ramah lingkungan, diantaranya menggunakan bio-insektisida berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* adalah alternatif yang telah digunakan untuk mengendalikan berbagai spesies hama. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keefektifan penggunaan campuran media limbah padat dalam mempengaruhi perkembangan *B. thuringiensis* dan toksisitasnya terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada suhu statis 30-35°C.

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium pengendalian hayati terpadu dengan menggunakan inkubator pada suhu statis 30-35°C. Penelitian ini menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) terdiri dari 6 perlakuan dan 4 ulangan, sebagai pembanding digunakan control air dan bioinsektisida komersial. Serangga uji yang digunakan dalam penelitian ini yaitu *O. rhinoceros* pada fase larva yang sudah mencapai instar ke-3. Pada setiap ulangan di masing masing perlakuan digunakan 6 larva *O. rhinoceros* sebagai serangga uji. Aplikasi dilakukan di dalam wadah plastik yang diletakan didalam inkubator masing-masing di beri perlakuan yaitu P1 (bekatul+bungkil kelapa sawit) (2:1), P2 (bekatul+ampas tahu) (2:1), P3 (bekatul+bungkil kacang tanah) (2:1), P4 (bekatul+ampok jagung) (2:1), P5 (Bio-insektisida komersial), P6 (kontrol air).

Dari pengamatan menunjukan hasil mortalitas larva yang berbeda nyata antar perlakuan, mortalitas tertinggi terdapat pada perlakuan P1 dengan presentase kematian tercepat mencapai 50% pada 6,24 hsa (hasil setelah aplikasi) sedangkan mortalitas terendah pada perlakuan P4 mencapai 50% pada 11,9 hsa. Gejala yang ditimbulkan pada larva *O. rhinoceros* yang telah terinfeksi bakteri *B. thuringiensis* yaitu pada tubuh larva akan menjati lunak, mengalami perubahan warna, malas bergerak dan pada larva yang telah mati akan berubah warna menjadi coklat sampai hitam, mengeluarkan cairan yang memiliki aroma yang tidak sedap. Penggunaan campuran media limbah padat dalam mempengaruhi perkembangan *B. thuringiensis* yaitu bungkil kelapa sawit yang dapat dijadikan sebagai sumber nitrogen dengan kerapatan koloni tertinggi pada 72 jam setelah inkubasi sebesar $3,58 \times 10^{10}$ cfu/g, dan mortalitas tertinggi terjadi pada perlakuan bekatul+bungkil kelapa sawit dengan tingkat mortalitas 50% terjadi pada 6,24 hsa.

Kata Kunci: Inkubator, Pengendalian Hayati, Serangga Uji.

SKRIPSI

**UJI BIO-INSEKTISIDA BERBAHAN AKTIF *Bacillus thuringiensis*
PADA BERBAGAI MEDIA LIMBAH PADAT TERHADAP
MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros*
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)
PADA SUHU 30-35°C**

Diajukan Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya



**Nabila Febriyanti
05081182025010**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2023**

LEMBAR PENGESAHAN

**UJI BIO-INSEKTISIDA BERBAHAN AKTIF *Bacillus thuringiensis*
PADA BERBAGAI MEDIA LIMBAH PADAT TERHADAP
MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros*
(COLEOPTERA: SCARABAEIDAE)
PADA SUHU 30-35°C**

SKRIPSI

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mendapatkan Gelar Sarjana Pertanian
pada Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya

Oleh

**Nabila Febriyanti
05081182025010**

**Indralaya, November 2023
Pembimbing**

**Prof. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S.
NIP. 196205181987032002**

Mengetahui,

**Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya**

**Prof. Dr. Ir. A. Muslim, M. Agr.
NIP. 196412291990011001**



Skripsi dengan judul “Uji Bio-Insektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* pada Berbagai Media Limbah Padat Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Suhu 30-35°C” oleh Nabila Febriyanti telah dipertahankan dihadapan komisi penguji skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 08 November 2023 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

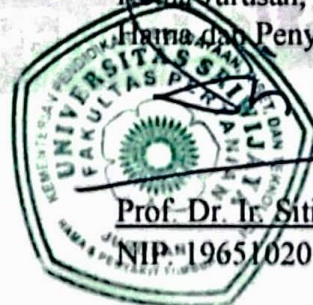
Komisi Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S.
NIP. 196205181987032002 Ketua Panitia (.....*Last*.....)
2. Arsi, S.P, M.Si.
NIP. 198510172015105101 Sekretaris Panitia (.....*[Signature]*.....)
3. Dr. Ir. Chandra Irsan, M.Si.
NIP. 196502191989031004 Ketua Penguji (.....*[Signature]*.....)

Indralaya, November 2023

Ketua Jurusan,
Hama dan Penyakit Tumbuhan

[Signature]
Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.
NIP. 196510201992032001



PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nabila Febriyanti

NIM : 05081182025010

Judul : Uji Bio-Insektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* pada Berbagai Media Limbah Padat Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) pada Suhu 30-35°C.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam laporan skripsi ini merupakan hasil saya sendiri dibawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya. Apabila dikemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam laporan ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik dari Universitas Sriwijaya.

Demikian pernyataan ini saya buat dalam keadaan sadar dan tidak mendapat paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, November 2023

Yang membuat pernyataan,



Nabila Febriyanti
05081182025010

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Kota Palembang pada tanggal 4 Februari 2003. Penulis merupakan anak kedua dari tiga saudara. Orang tua penulis bernama Walhakim Esa Putra dan Susilawati yang beralamat di Kota Palembang. Penulis menyelesaikan Pendidikan Sekolah Dasar di SDN 156 Palembang pada tahun 2014, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 11 Palembang lulus pada tahun 2017, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 13 Palembang lulus pada tahun 2020.

Penulis diterima di Perguruan Tinggi Negeri pada tahun 2020 sebagai mahasiswa Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) pada tahun 2020. Penulis merupakan anggota Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman 2020. Penulis pernah mengikuti program kampus merdeka yaitu APSITA (Asosiasi Program Studi Proteksi Tanaman Indonesia) di Universitas Syiah Kuala dan Universitas Andalas (2022). Penulis diamanahkan menjadi asisten praktikum mata kuliah Nematologi Tumbuhan (2022), Hama Penyakit Tanaman Utama (2023), Hama dan Penyakit Tanaman Tahunan (2023).

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan skripsi dengan lancar yang berjudul “Uji Bio-Insektisida Berbahan Aktif *Bacillus thuringiensis* pada Berbagai Media Limbah Padat Terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera:Scarabaeidae) pada Suhu 30-35°C”. Laporan skripsi ini disusun untuk memenuhi salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pertanian pada Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan di Universitas Sriwijaya.

Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada ibu Prof. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S. selaku dosen pembimbing atas perhatian dan kesabarannya dalam membimbing, memberikan arahan dan wawasan, memberikan motivasi dan memberi fasilitas kepada penulis untuk menyelesaikan laporan skripsi ini. Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada bapak Arsi, S.P., M.Si. yang telah membantu penulis dalam banyak hal dari proses pengolahan data. Selain itu juga berterima kasih kepada keluarga besar, terutama kepada orang tua dan saudara yang telah memberi semangat dan motivasi. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Faisal Arisandi telah selalu membantu selama penelitian. Serta penulis mengucapkan terima kasih juga kepada tim sepembimbing terutama (Yanse, Ryan, dan Nadia). Penulis juga mengucapkan terima kasih kepada proggie girls (Jenia, Bella, Cesey dan Tessia) telah kebersamai dalam membantu menyelesaikan laporan skripsi.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan laporan skripsi ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dalam rangka penyempurnaan karya tulis ini. Semoga laporan skripsi ini bisa memberikan informasi dan juga manfaat bagi pembaca.

Indralaya, Desember 2023

Nabila Febriyanti

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	x
DAFTAR ISI	xi
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR LAMPIRAN	xvi
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian.....	3
1.4 Hipotesis	4
1.5 Manfaat Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Kumbang tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i> L.).....	5
2.1.1 Klasifikasi Kumbang Tanduk.....	5
2.1.2 Bioekologi dan Siklus Hidup Kumbang Tanduk.....	5
2.2 Faktor Suhu yang Mempengaruhi Pertumbuhan <i>Oryctes rhinoceros</i>	9
2.3 Gejala Serangan <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Tanaman Kelapa Sawit ..	10
2.4 Pengendalian <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Tanaman Kelapa Sawit	10
2.5 Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i>	11
2.5.1 Klasifikasi Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i>	12
2.5.2 Siklus Hidup <i>Bacillus thuringiensis</i>	12
2.5.3 Mekanisme <i>Bacillus thuringiensis</i>	13
2.6 Bio-insektisida <i>Bacillus thuringiensis</i>	13
2.7 Limbah Organik Padat Bio-insektisida <i>Bacillus thuringiensis</i>	14
2.7.1 Bekatul.....	14
2.7.2 Bungkil Kelapa Sawit	15
2.7.3 Ampas Tahu.....	15
2.7.4 Bungkil Kacang Tanah	16
2.7.5 Ampok Jagung	16

	Halaman
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN	17
3.1 Tempat dan Waktu.....	17
3.2 Alat dan Bahan	17
3.3 Metode Penelitian	17
3.4 Cara Kerja.....	18
3.4.1 Persiapan Serangga Uji <i>Oryctes rhinoceros</i>	18
3.4.2 Persiapan Isolat <i>Bacillus thuringiensis</i>	19
3.4.3 Persiapan Media Limbah Padat	20
3.4.4 Pembuatan <i>Seed Culture</i>	20
3.4.5 Pembuatan Bio-insektisida Limbah Padat <i>Bacillus thuringiensis</i>	21
3.4.6 Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri	22
3.4.7 Persiapan Inkubator Sebagai Tempat Aplikasi Bio-insektisida .	22
3.4.8 Aplikasi Bio-insektisida <i>Bacillus thuringiensis</i>	23
3.4.9 Pengamatan Serangga Uji.....	24
3.5 Parameter Pengamatan.....	24
3.5.1 Kerapatan Koloni Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i>	24
3.5.2 Perhitungan <i>lethal time</i> 50 (LT ₅₀).....	25
3.5.3 Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	25
3.5.4 Gejala Infeksi Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	25
3.5.5 Panjang Tubuh Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	25
3.5.6 Berat Tubuh Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	26
3.5.7 Suhu dan Kelembaban Ruang Laboratorium.....	26
3.6 Analisis Data.....	26
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN	27
4.1 Hasil.....	27
4.1.1 Perhitungan Kerapatan Koloni <i>Bacillus thuringiensis</i>	27
4.1.2 Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	27
4.1.3 <i>Lethal time</i> 50 (LT ₅₀) Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	28
4.1.4 Panjang Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	29

	Halaman
4.1.5 Berat Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	30
4.1.6 Suhu dan Kelembaban Ruangan Laboratorium.....	30
4.1.7 Morfologi Larva Sehat <i>Oryctes rhinoceros</i>	31
4.1.8 Gejala Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> Setelah Aplikasi Bio-insektisida.....	31
4.2 Pembahasan	32
BAB 5 KESIMPULAN DAN SARAN	35
5.1 Kesimpulan	35
5.2 Saran	35
DAFTAR PUSTAKA	36
LAMPIRAN	45

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
2.1 Siklus hidup kumbang tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i>)	6
2.2 Larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	7
2.3 Pupa <i>Oryctes rhinoceros</i>	8
2.4 Imago <i>Oryctes rhinoceros</i>	9
2.5 Gejala serangan <i>Oryctes rhinoceros</i> pada tanaman kelapa sawit	10
2.6 Morfologi <i>Bacillus thuringiensis</i>	11
2.7 Siklus hidup <i>Bacillus thuringiensis</i>	13
3.1 Tata Letak Percobaan Penelitian.....	18
3.2 Pencarian serangga uji larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	19
3.3 Isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> kode TPP	19
3.4 Media limbah padat.....	20
3.5 Proses shaker dalam pembuatan <i>seed culture</i>	21
3.6 Media kultivasi campuran media limbah padat	21
3.7 Inkubator pada saat setelah aplikasi.....	23
3.8 Tahapan aplikasi.....	24
4.1 Morfologi larva <i>Oryctes rhinoceros</i> instar ke-3.....	31
4.2 Gejala Infeksi bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada larva <i>Oryctes rhinoceros</i>	32

DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
4.1 Perhitungan Kerapatan Koloni <i>Bacillus thuringiensis</i> pada Masing-Masing Perlakuan.....	27
4.2 Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Masing-Masing Perlakuan	28
4.3 <i>Lethal time</i> 50 (LT ₅₀) Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Masing-Masing Perlakuan	29
4.4 Panjang Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Masing-Masing Perlakuan....	29
4.5 Berat Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Masing-Masing Perlakuan	30
4.6 Suhu dan Kelembaban Ruangan Laboratorium	31

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran	Halaman
1. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan Bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> pada hari ke 4 sampai 24	45
2. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> pada hari ke 4 sampai 24	46
3. Data analisis sidik ragam mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> pada hari ke 4 sampai 24	48
4. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> pada sebelum aplikasi sampai minggu ke-3.....	49
5. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3	50
6. Data analisis sidik ragam Panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3	51
7. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3.....	51
8. Data transformasi akar kuadrat berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3	52
9. Data analisis sidik ragam berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3	53
10. Data pengamatan suhu dan kelembaban ruang laboratorium perlakuan bio-insektisida <i>Bacillus thurigiensis</i> sebelum aplikasi sampai minggu ke-3	54

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) termasuk tanaman tropis yang berasal dari negara Nigeria (Saddang *et al.*, 2021). Pertama kali bibit kelapa sawit di introduksikan ke Indonesia pada tahun 1848 lalu dibudidayakan di Kebun Raya Bogor hingga sekarang kelapa sawit masih hidup dan tumbuh berkembang diseluruh provinsi, diantaranya pulau Sumatera dan Kalimantan (Aprilia, 2020). Pada tahun 1980, kelapa sawit di Indonesia mulai tumbuh semakin pesat. Keberhasilan ini telah mendorong percepatan perkebunan kelapa sawit Indonesia mencapai 14,3 juta/ha pada tahun 2018 dan lebih dari 53%, yaitu perkebunan kelapa sawit rakyat (Artana *et al.*, 2022). Perkebunan kelapa sawit memiliki peran penting dalam industri kelapa sawit Indonesia, membawa Indonesia sebagai negara penghasil utama dengan 55,7% produksi minyak sawit mentah (CPO) pertama didunia (Purba, 2019). Dalam budidaya kelapa sawit tentunya terdapat kendala. Salah satu kendala yaitu adanya serangan hama yang menyebabkan penghambat pertumbuhan hingga mengakibatkan penurunan produktivitas tanaman kelapa sawit (Siallagan *et al.*, 2022).

Hama penting pada perkebunan kelapa sawit seringkali mengakibatkan hilangnya produktivitas, kerusakan permanen pada tanaman hingga menyebabkan kematian pada tanaman kelapa sawit (Arsi *et al.*, 2022). Salah satu hama kelapa sawit yaitu kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) yang menyerang pada pertanaman kelapa sawit pada stadium imago, baik jantan maupun betina (Bintang *et al.*, 2015). *O. rhinoceros* menyerang pucuk kelapa sawit dengan merusak pelepah daun bagian atas yang belum terbuka hingga pelepah menjadi patah yang mengakibatkan pertumbuhan terhambat dan merusak titik tumbuh sehingga dapat mematikan tanaman kelapa sawit (Pradipta *et al.*, 2020). Pada areal peremajaan kelapa sawit saat panen pertama imago *O. rhinoceros* dapat menurunkan produksi tandan buah segar sebesar 60% dan 25% mengalami kematian pada tanaman yang belum menghasilkan (Nasution *et al.*, 2018).

Pada populasi serangan *O. rhinoceros* akan terus meningkat karena ketersediaan inang dan banyak ditemukan pada tumpukan bahan organik di area perkebunan tanaman kelapa sawit sebagai tempat perkembangbiakan dan makanan dari larva *O. rhinoceros* (Prok *et al.*, 2020). Dalam hal tersebut serangan *O. rhinoceros* perlu dilakukan upaya pengendalian dalam menekan populasi dengan mengatasi dan mencegah serta meminimalisir kerugian yang lebih besar dan kematian tanaman kelapa sawit akibat serangan *O. rhinoceros*, maka dilakukan pengendalian (Neoman *et al.*, 2018). Umumnya, penggunaan insektisida sintetik dalam mengendalikan hama *O. rhinoceros* adalah cara yang efisien dari aspek periode serta mudah aplikasikan pada areal yang luas (Riono *et al.*, 2021). Namun, pengendalian dengan menggunakan insektisida mengakibatkan resistensi, resurgensi, terbunuhnya musuh alami, dan pencemaran lingkungan (Irawan *et al.*, 2018). Dengan demikian pengurangan penggunaan insektisida sintetik pada perkebunan tanaman kelapa sawit memerlukan tersedianya cara pengendalian lain yang aman dan ramah lingkungan, diantaranya menggunakan bio-insektisida sebagai salah satu alternatif pada saat dalam penggunaan insektisida sintetik belum mampu menekan populasi hama (Pujiastuti *et al.*, 2020).

Pengendalian bio-insektisida berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* adalah alternatif yang telah digunakan untuk mengendalikan berbagai spesies hama. *B. thuringiensis* ialah bakteri entomopatogen pembentuk spora gram positif yang dikenal karena kemampuannya menghasilkan kristal protein selama masa sporulasinya bersifat beracun yang menyebabkan kematian pada serangga sasaran (Kumar *et al.*, 2021). Menurut Pujiastuti *et al.* (2021) mengemukakan bahwa penggunaan *B. thuringiensis* sebagai bio-insektisida memiliki potensi dalam mengendalikan serangga hama, salah satunya *O. rhinoceros* dikarnakan kemampuan *B. thuringiensis* berkerja sebagai racun perut dan termasuk dalam kategori mikroba termofilik yang dapat tumbuh pada suhu tinggi dengan rentang suhu 40-75°C dan suhu lingkungan 55-60°C untuk *B. thuringiensis* dapat hidup (Bahri *et al.*, 2021). Sedangkan suhu optimum untuk *O. rhinoceros* berkembang sempurna berkisar 27-29°C (Pamungkas & Ziqri, 2020).

Penelitian tentang penggunaan bio-insektisida dengan perbanyakan *B. thuringiensis* pada beberapa bahan baku seperti produk sampingan industri dan pertanian telah diuji sebagai media alternatif untuk produksi spora (Stanislas *et al.*, 2020). Sehingga jika diuji untuk menargetkan serangga dapat mengakibatkan kematian serangga yang tinggi (Pujiastuti *et al.*, 2022). Oleh karena itu, pemilihan media pertumbuhan atau limbah pertanian sangat penting untuk produksi bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis*. Media pertumbuhan pada umumnya menggunakan media cair dan padat, tetapi untuk menggunakan media cair sebagai media pertumbuhan akan memerlukan modal yang besar, sedangkan media padat relatif murah untuk dikembangkan, menggunakan bahan baku pertanian sebagai sumber karbon, nitrogen, dan mineral yang mendukung pertumbuhan dan pembentukan spora (Gounina *et al.*, 2022). Sehingga dalam pembuatan bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* maka dilakukan penggunaan media limbah padat yang menjadi alternatif dikarenakan penggunaannya tidak banyak mengeluarkan biaya besar.

1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini berdasarkan latar belakang adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana keefektifan penggunaan berbagai campuran media limbah padat dalam mempengaruhi perkembangan *B. thuringiensis*?
2. Bagaimana tingkat toksisitas *B. thuringiensis* dalam berbagai campuran media limbah padat terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada suhu statis yaitu 30-35°C?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini didasarkan pada rumusan masalah, maka tujuan penelitian adalah sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui keefektifan penggunaan campuran media limbah padat dalam mempengaruhi perkembangan *B. thuringiensis*.

2. Untuk mengetahui tingkat toksisitas *B. thuringiensis* dalam berbagai campuran media limbah padat terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* pada suhu statis yaitu 30-35°C.

1.4 Hipotesis

Hipotesis pada pelaksanaan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diduga penggunaan media limbah padat bungkil kelapa sawit merupakan media pertumbuhan terbaik sebagai sumber nitrogen dalam mempengaruhi perkembangan *B. thuringiensis*
2. Diduga toksisitas *B. thuringiensis* pada perlakuan media limbah bungkil kelapa sawit sangat mempengaruhi mortalitas larva *O. rhinoceros* pada suhu statis yaitu 30-35°C.

1.5 Manfaat Penelitian

Manfaat pada penelitian ini untuk memberi informasi dan pengetahuan tentang bio-insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* dalam mengendalikan hama pada tanaman kelapa sawit. Serta untuk memberi informasi dan pengetahuan bahwa penggunaan media limbah padat dapat dimanfaatkan sebagai perbanyak bio-insektisida.

DAFTAR PUSTAKA

- Adli, D. N., & Sjojfan, O. 2020. Estimation and validation of feed energy content of rice bran for poultry feedstuff based on their chemical composition. *Jurnal Nutrisi Ternak Tropis*, 3(2), 90–96. <https://doi.org/10.21776/ub.jnt.2020.003.02.6>
- Aidoo, O. F., Ding, F., Ma, T., Jiang, D., Wang, D., Hao, M., Tettey, E., Andoh-Mensah, S., Ninsin, K. D., & Borgemeister, C. 2022. Determining the potential distribution of *Oryctes monoceros* and *Oryctes rhinoceros* by combining machine-learning with high-dimensional multidisciplinary environmental variables. *Scientific Reports*, 12(1), 1–13. <https://doi.org/10.1038/s41598-022-21367-1>
- Amatullah, D. A., Ilyas, G., Awaliya, E. N., Atila, N., Hernaman, I., Ayuningsih, B., & Tanuwiria, U. H. 2022. Fermentabilitas dan pencernaan pakan yang mengandung bungkil kacang tanah (in vitro) fermentability and digestibility of ration containing peanut meal cake (in vitro). *Jurnal Ilmu Ternak*, 22(2), 118–124. <https://doi.org/10.24198/jit.v22i2.39773>
- Anggraeni, I., Lelana, N. E., & Ismanto, A. 2019. Serangga hama terkini yang menyerang tanaman sengon (*Falcataria Moluccana* (Miq.) Berneby & J.W Grimes) dan jabon (*Neolamarckia cadamba* (Roxb.) Bosser). *Jurnal Sains Natural*, 9(2), 47. <https://doi.org/10.31938/jsn.v9i2.223>
- Aprilia, E. 2020. Pemupukan pada tanaman kelapa sawit (*Elaies guinessis* Jacq) di PT. bumi palma lestari, bagan jaya kecamatan enok kabupaten indragiri hilir riau. *Jurnal Agro Indragiri*, 6(2), 48–51.
- Arsi, A., Dwi Tama, A., Umayah, A., & Gunawan, B. 2022. Populasi dan intensitas serangan hama pada kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di desa gunung cahya kematatan buay rawan kabupaten oku selatan. *Jurnal Planta Simbiosis*, 4(2), 41–53. <https://doi.org/10.25181/jplantasimbiosa.v4i2.2675>
- Arsi, A., Pujiastuti, Y., Herlinda, S., SHK, S., & Gunawan, B. 2019. Efikasi bakteri entomopatogen *Bacillus thuringiensis* Berliner sebagai agens hayati *Spodoptera litura* Fabricus lahan pasang surut dan rawa lebak. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 1(2), 978–979. <http://www.conference.unsri.ac.id/index.php/lahansuboptimal/article/view/1540>
- Artana, I. K. P. B., Trisna, A. A. I., & Arisena, G. M. K. 2022. Kajian perbandingan analisis finansial perkebunan kelapa sawit rakyat dan swasta. *Jurnal Benchmark*, 3(1), 1–10. <https://doi.org/10.46821/benchmark.v3i1.268>
- Astuti, D. T., Damiri, N., Pujiastuti, Y., & Afriani, S. R. 2019. Pemanfaatan limbah organik dalam pembuatan bioinsektisida berbasis *Bacillus thuringiensis* sebagai agens pengendalian hama tanaman *Caisim brassica* Juncea. *Jurnal Lahan Suboptimal*, 7(2), 136–143. <https://doi.org/10.33230/jlso.7.2.2018.350>

- Azizi, M. N., Loh, T. C., Foo, H. L., & Chung, E. L. T. 2021. Is palm kernel cake a suitable alternative feed ingredient for poultry? *Journal Animals*, 11(338), 1–15. <https://doi.org/10.3390/ani11020338>
- Bahri, S., Zulkifli, L., Citra Rasmi, D. A., & Sedijani, P. 2021. Isolation, purification, and toxicity test of *Bacillus thuringiensis* from cows cage soil against *Drosophila melanogaster*. *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), 1106–1114. <https://doi.org/10.29303/jbt.v21i3.3221>
- Bandu, M. L., Tarore, D., & Tairas, R. W. 2018. Serangan hama kumbang (*Oryctes rhinoceros* L.) pada tanaman kelapa (*Cocos nucifera* L.) di Desa Mapanget Kecamatan Talawaan Kabupaten Minahasa Utara. *Jurnal Cocos*, 10(2), 2–7.
- Bintang, A. S., Wibowo, A., & Harjaka, T. 2015. Keragaman genetik *Metarhizium anisopliae* dan virulensinya pada larva kumbang badak (*Oryctes rhinoceros*) (genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* and virulence toward larvae of rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*)). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(1), 12–18. <https://doi.org/10.22146/jpti.16015>
- Bravo, A., Gill, S.S., and Soberón, M. 2007. Mode of action of *Bacillus thuringiensis* cry and cyt toxins and their potential for insect control. *Toxicon Journal*, 49(4): 423-435. doi: 10.1016/j.toxicon.2006.11.022
- Celiandra, I. K., Akhmad Rizali, M., & Nugraha, I. 2022. Uji toksisitas *Bacillus thuringiensis* terhadap ulat kubis (*Plutella xylostella*) pada tanaman sawi (*Brassica juncea* L.). *Jurnal Agrotek View*, 5(1), 7–15.
- Chilakamarry, C. R., Sakinah, A. M., Zularisam, A. W., Sirohi, R., Khilji, I. A., Ahmad, N., & Pandey, A. 2022. Advances in solid-state fermentation for bioconversion of agricultural wastes to value-added products: opportunities and challenges. *Bioresource technology*, 343(12).
- Efendi, S. 2021. Aplikasi pengelolaan hama terpadu kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) pada kelapa sawit di nagari giri maju kabupaten pasaman barat. *Jurnal Hilirisasi Ipteks*, 4(3), 149–159.
- [GBIF] Global Biodiversity Information Facility. 2022. Global register of introduced and invasive species, world scarabaeidae database (version 2022). <https://www.gbif.org/species/4995642> [25 November 2023].
- Fauzana, H., & Fadilla, M. 2022. Uji peningkatan konsentrasi *Metarhizium anisopliae* (Metsch.) pada media kompos dalam mengendalikan larva *Oryctes rhinoceros* L. *Jurnal Agroteknologi*, 12(2), 65. <https://doi.org/10.24014/ja.v12i2.15394>
- Fauzana, H., Sutikno, A., & Salbiah, D. 2018. Fluktuasi populasi *Oryctes rhinoceros* L. pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) yang

- diberi mulsa tandan kosong kelapa sawit. *Journal of Plant Protection*, 1(1), 42–47. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v1i1.16998>
- Fauzana, H., & Ustadi. 2020. Pertumbuhan larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) pada berbagai media tumbuh tanaman Famili Arecaceae. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(2), 89. <https://doi.org/10.5994/jei.17.2.89>
- Fauzana, H., Wardati, W., & Amri, A. I. 2019. Ketebalan mulsa tandan kosong kelapa sawit pengaruhnya terhadap *Oryctes rhinoceros* dan peningkatan hara tanah pada ekosistem kelapa sawit. *Unri Conference Series: Agriculture and Food Security*, 1, 78–83. <https://doi.org/10.31258/unricsagr.1a10>
- Fujiana, F., Setyowati, D. N., & Setyono, B. D. H. 2020. Budidaya ikan patin (*Pangasius hypopthalmus*) berbasis bioflok dengan penambahan molase pada ratio C:N berbeda. *Jurnal Perikanan Unram*, 10(2), 148–157. <https://doi.org/10.29303/jp.v10i2.203>
- Gounina, A. R., Acheuk, F., & Sahir-Halouane, F. 2022. Efficient and cost-effective production of *Bacillus thuringiensis* subsp. aizawai spores and delta-endotoxins using agricultural raw materials and agro-industrial wastes under submerged fermentation. *Bioresource Technology Reports*, 18, 101001.
- Gupta, M., Kumar, H., & Kaur, S. 2021. Vegetative insecticidal protein (vip): a potential contender from *Bacillus thuringiensis* for efficient management of various detrimental agricultural pests. *Frontiers in Microbiology*, 12(5), 1–28. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.659736>
- Hao, M., Aidoo, O. F., Qian, Y., Wang, D., Ding, F., Ma, T., Tettey, E., Ninsin, K. D., Osabutey, A. F., & Borgemeister, C. 2022. Global potential distribution of *Oryctes rhinoceros*, as predicted by boosted regression tree model. *Global Ecology and Conservation*, 37(5), 1–11. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2022.e02175>
- Hawkeswood, T. J., & Sommung, B. 2016. The coconut rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* (L., 1758) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) in lat krabang park, bangkok, thailand with notes on its biology and a new larval host plant. *Jurnal Calodema*, 422(1), 1–5.
- Hayata, H., Nasamsir, N., & Afriansyah, B. 2021. Populasi kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) pada kebun kelapa sawit peremajaan sistem sisipan dan tumbang serempak di Kecamatan Bahar Utara Kabupaten Muaro Jambi. *Jurnal Media Pertanian*, 6(1), 52. <https://doi.org/10.33087/jagro.v6i1.115>
- Indriyanti, D. R., Anggraeni, S. D., & Slamet, M. 2017. Density and composition of *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae) stadia in field. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 12(22), 6364–6371.

- Indriyanti, D. R., Anggraini, D. S., & Setiati, N. 2017. Kepadatan dan komposisi stadia *Oryctes rhinoceros* di Desa Jerukwangi Kecamatan Bangsri Kabupaten Jepara. *Jurnal Life Science*, 6(2), 55–61.
- Irawan, J., Rustam, R., & Fauzana, H. 2018. Uji pestisida nabati sirih hutan (*Piper aduncum* L.) terhadap larva kumbang tanduk *Oryctes rhinoceros* L. pada tanaman kelapa sawit. *Jurnal Agroteknologi*, 9(1), 41–50.
- [ITIS] Integrated Taxonomis Information System. 2012. *Taxonomic hierarchy Bacillus thuringiensis*, database (Version 2012). <https://www.itis.gov> [25 November 2023].
- Izzah, N., Suminto, & Herawati, V. E. 2014. Pengaruh bahan organik kotoran ayam, bekatul, dan bungkil kelapa melalui proses fermentasi bakteri probiotik terhadap pola pertumbuhan dan produksi biomassa *Daphnia* Sp. *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 3(2), 44–52. <https://ejournal3.undip.ac.id/index.php/jamt/article/view/5024>
- John, D. V, & Kenneth, A. 2020. A report on the coconut rhinoceros beetle and its menacing life. *Journal Of Zoology*, 41(17), 13–21.
- Karya, & Supriyadi, W. G. 2021. Efikasi konsentrasi insektisida berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* dan emamektin benzoat terhadap ulat bawang (*Spodoptera exigua*) pada tanaman bawang daun (*Allium fistulosum* l.). *Jurnal Ilmiah Pertanian*, 3(1), 23–28. <https://doi.org/10.55222/agrotatanen.v3i1.356>
- Kumar, P., Kamle, M., Borah, R., Mahato, D. K., & Sharma, B. 2021. *Bacillus thuringiensis* as microbial biopesticide: uses and application for sustainable agriculture. *Journal of Biological Pest Control*, 31(1), 1–7. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00440-3>
- Lin, P., Yuan, H., Du, J., Liu, K., Liu, H., & Wang, T. 2020. Progress in research and application development of surface display technology using bacillus spores. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 104(6), 2319–2331. <https://doi.org/10.1007/s00253-020-10348-x>
- Luhukay, R., Sahetapy, B., & Umasangadji, A. 2017. Uji efektivitas beberapa jenis perangkap terhadap kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian*, 13(1), 30. <https://doi.org/10.30598/jbdp.2017.13.1.30>
- Manyu, H., Gazali, A., & Jumar, J. 2018. Pengaruh aplikasi *Bacillus thuringiensis* terhadap populasi predator dan parasitoid pada sawi. *Jurnal Agroekoteknologi*, 1(1), 7–12. <https://ppjp.ulm.ac.id/journals/index.php/agv/article/view/655/644>
- Marhamah, S. U., Akbarillah, T., & Hidayat, H. 2019. Kualitas nutrisi pakan konsentrat fermentasi berbasis bahan limbah ampas tahu dan ampas kelapa dengan komposisi yang berbeda serta tingkat akseptabilitas pada ternak kambing. *Jurnal Sain Peternakan Indonesia*, 14(2), 145–153.

<https://doi.org/10.31186/jspi.id.14.2.145-153>

- Masyitah, N., Chamzurni, T., & Oktarina, H. 2023. Uji kompatibilitas kombinasi *Bacillus thuringiensis* dan *Pseudomonas aeruginosa* untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* Pada Pembibitan Melon (*Cucumis melon* L.). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1), 466–482.
- Melanie, M., Rustama, M. M., Sihotang, I. S., & Kasmara, H. 2018. Effectiveness of storage time formulation of *Bacillus thuringiensis* against *Aedes aegypti* larvae (Linnaeus, 1757). *Jurnal Cropsaver*, 1(1), 48–52. <https://doi.org/10.24198/cs.v1i1.16999>
- Maurício, G. C. E., Córdova, L. R. M., Porchas, M. M and Baeza, M. C. 2017. Biofloc technology (BFT): a tool for water quality management in aquaculture. DOI: 10.5772/66416
- Muhazalin, N., Hidayati, L., & Soekopitojo, S. 2015. Evaluasi mutu dan kandungan serat nuggets berbahan dasar ampok jagung. *Jurnal teknologi, Kejuruan dan Pengajarannya*, 38(2).
- Naim, N., Arifuddin, M., Hurustiaty, H., & Hasan, Z. A. 2020. Efektifitas berbagai variasi konsentrasi bekatul terhadap pertumbuhan *Candida albicans*. *Jurnal Media Analisis Kesehatan*, 11(1), 47. <https://doi.org/10.32382/mak.v11i1.1514>
- Nasution, L., Corah, R., Nuraida, & Siregar, A. Z. 2018. Effectiveness *Trichoderma* and *Beauveria bassiana* on larvae of *Oryctes rhinoceros* on palm oil plant (*Elaeis guineensis* Jacq .) in vitro. *International Journal of Environment, Agriculture and Biotechnology*, 3(1), 158–169.
- Nasyukha, A. A., Suwarso, & Bastian, Y. 2021. Proses pemuatan dalam pengangkutan bungkil kelapa sawit pada tongkang oleh pt andromeda sentral pasifik. *Jurnal Kemaritiman Dan Transportasi*, 3(1), 8–13.
- Neoman, D., Santi, I. S., & Kristalisasi, E. N. 2018. Penggunaan kapur barus dan pestisida polydor untuk mengendalikan hama kumbang tanduk pada tanaman kelapa sawit belum menghasilkan. *Jurnal Agromast*, 3(1), 1–8. <http://www.tjyybjb.ac.cn/CN/article/downloadArticleFile.do?attachType=PDF&id=9987>
- Novianti, R., Fauzana, H., & Rustam, R. 2021. Patogenitas *Beauveria bassiana* Vuill pada media kompos untuk pengendalian hama kelapa sawit *Oryctes rhinoceros* L. *Journal of Plant Protection*, 4(1), 1–9. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v4i1.31039>
- Osman, G. E. H., Already, R., Assaedi, A. S. A., Organji, S. R., El-Ghareeb, D., Abulreesh, H. H., & Althubiani, A. S. 2015. Bioinsecticide *Bacillus thuringiensis* a comprehensive review. *Egyptian Journal of Biological Pest Control*, 25(1), 271–288.

- Pamungkas, M. R., & Ziqri, I. M. 2020. Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap struktur populasi kumbang badak untuk meningkatkan produksi gula merah di kabupaten cilacap. *Jurnal Mekanika*, 2(1), 1–3.
- Perdana, D. A., Ebrianto, A. L., & Sari, T. I. 2013. Penggunaan starter envirosolve dan biodekstran untuk memproduksi biogas dari bahan baku ampas tahu. *Jurnal Teknik Kimia*, 19(1), 16–20.
- Pradipta, A. P., Wagiman, F. X., & Witjaksono. 2020. The potency of collecting larvae of *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) in the oil palm plantation. *Journal Agrivita*, 42(1), 153–159. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v42i1.2489>
- Prok, T. P., Tairas, R. W., Kaligis, J. B., & Lengkong, E. F. 2020. Monitoring hama kumbang badak (*Oryctes rhinoceros* L.) pada tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) menggunakan feromon di Kecamatan Mapanget Kota Manado. *Jurnal Agrica*, 3(3), 1–8.
- Puastuti, W., Yulistiani, D., & Susana, I. 2014. Evaluasi nilai nutrisi bungkil inti sawit yang difermentasi dengan kapang sebagai sumber protein ruminansia. *Jurnal Ilmu Ternak dan Veteriner*, 19(2), 143–151. <https://doi.org/10.14334/jitv.v19i2.1043>
- Pujiastuti, Y., Arsi, A., & Sandi, S. 2020. Characteristics of *Bacillus thuringiensis* isolates indigenous soil of south sumatra (Indonesia) and their pathogenicity against oil palm pests *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *Journal Biodiversitas*, 21(4), 1287–1294. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210403>
- Pujiastuti, Y., Ridwan, M., Saputra, H., Agusrafil, M., Nurnabila, A., & Hendarjanti, H. 2022. Study of effectivity *Bacillus thuringiensis* based bio-insecticide against *Oryctes rhinoceros* larvae at shade house. *Biological Research Journal*, 8(2), 145–150. <https://doi.org/10.24233/biov.8.2.2022.312>
- Pujiastuti, Y., Rohwati, R., Suwandi, S., Probowati, D., Suparman, S., & Arsy, A. 2018. Toxicity of *Bacillus thuringiensis*-based bio-insecticide on *Coptotermes curvinagthus* (Isoptera: Rhinotermitidae) in laboratory. *Journal of Advanced Agricultural Technologies*, 5(1), 41–45. <https://doi.org/10.18178/joaat.5.1.41-45>
- Pujiastuti, Y., Sandi, S., Arsi, A., & Sulistyani, D. P. 2021. Insecticidal activity of supernatant and crude extract of *Bacillus thuringiensis*-based bio-insecticide towards oil palm pests *Oryctes rhinoceros* (Coleoptera: Scarabaeidae). *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 709(1), 1–5. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/709/1/012070>
- Pujiastuti, Y., Triyansyah, T., Hamidson, H., Effendy, & Suparman, S. 2017.

- Produksi spora *Bacillus thuringiensis* ada media limbah dengan penambahan tepung cangkang keong mas dan toksisitasnya terhadap *Spodoptera litura* Fabr. (Lepidoptera :Noctuidae). *Jurnal Lahan Suboptimal*, 6(2), 150–157.
- Purba, J. H. V. 2019. Replanting policy of Indonesian palm oil plantation in strengthening the implementation of sustainable development goals. *Earth and Environmental Science*, 336(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/336/1/012012>
- Purwiningsih, D. W. 2022. Perbandingan kualitas kompos ampas tahu dengan serbuk kayu menggunakan media takakura. *Jurnal Kesehatan*, 15(2), 146–151.
- Rao, C. N. B. V., Snehalatharani, A., Nischala, A., Ramanandam, G., & Maheswarappa, H. P. 2018. Management of rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* L.) by biological suppression with oryctes baculovirus in andhra pradesh. *Journal of Plantation Crops*, 46(2), 124–127. <https://doi.org/10.25081/jpc.2018.v46.i2.3725>
- Riono, Y., Apriyanto, M., Sari, I., & Yenny Yusuf, E. 2021. Pengenalan hama dominan pada kelapa sawit pada kebun masyarakat di kecamatan kuantan hilir seberang kabupaten kuantan singingi. *Jurnal Agro Dedikasi Masyarakat*, 2(2), 19–24. <http://journal.ummat.ac.id/index.php/jadm>
- Ruiu, L. 2018. Microbial biopesticides in agroecosystems. *Jurnal Agronomy*, 8(11), 1–12. <https://doi.org/10.3390/agronomy8110235>
- Saddang, Toana, M. H., & Wahid, A. 2021. Keanekaragaman arthropoda pada pertanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di Kecamatan Pasangkayu Kabupaten Pasangkayu. *Jurnal Agrotekbis*, 9(4), 917–926. <http://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/view/1038%0Ahttp://jurnal.faperta.untad.ac.id/index.php/agrotekbis/article/download/1038/1052>
- Salaki, C. L. 2014. Eksplorasi bakteri entomopatogenik pengendali hama *Plutella xylostella* dan *Spodoptera* sp. tanaman kubis bunga dan brokoli. *Jurnal Eugenia*, 17(3), 209–219. <https://doi.org/10.35791/eug.17.3.2011.3545>
- Saputra, W. D., Ratnaningtyas, N. I., & Mumpuni, A. 2020. Pengaruh jenis dan konsentrasi bahan tambahan terhadap pertumbuhan miselium jamur paha ayam (*Coprinus comatus*). *Jurnal Ilmiah Biologi Unsoed*, 2(2), 210–214. <https://doi.org/10.20884/1.bioe.2020.2.2.3091>
- Saraswati, H., Seprianto, & Dwi, W. F. 2019. Desain primer secara in silico untuk amplifikasi gen cryiii dari *Bacillus thuringiensis* isolat lokal. *Indonesian Journal of Biotechnology and Biodiversity*, 3(1), 33–38. <http://unafold.rna.albany.edu/?q=DINAMelt>

- Sari, G. M., Bobby, F. E., & Pratama, A. 2022. Pengaruh ketinggian fruit-trap pada pengendalian hama kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) di tanaman belum menghasilkan (TBM) kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) effect of fruit-trap height on pest control of the rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros*). *Jurnal Ilmu Pertanian*, 10(1), 64–67. <https://jurnal.uisu.ac.id/index.php/agriland>
- Sari, V. I., Mudasir, & Sylvia Madusari. 2022. Pengendalian hama belalang (*Valanga nigricornis*) dengan bioinsektisida batang brotowali (*Tinospora crispa*). *Jurnal Pengelolaan Perkebunan (JPP)*, 3(2), 46–53. <https://doi.org/10.54387/jpp.v3i2.16>
- Setiadi, D., Tarmadja, S., & Wilisiani, F. 2021. Efektivitas *Bacillus thuringiensis* Berliner dan sipermetrin serta campuran keduanya dalam mengendalikan tirathaba di perkebunan kelapa sawit. *Journal Agrotechnology*, 5(1), 18–28.
- Siallagan, R., Lestari, W., & Adam, D. H. 2022. Attack rate of pocket caterpillar (*Metisa plana*) and how to control it on oil palm (*Elaeis Guineensis* Jacq) plantation at pt umada pertanian “a”, north of labuhanbatu regency. *Jurnal Pembelajaran Dan Biologi Nukleus*, 8(2), 493–503. <https://doi.org/10.36987/jpbn.v8i2.2686>
- Siahaya, V. G. 2014. Tingkat kerusakan tanaman kelapa oleh serangan *Sexava nubila* dan *Oryctes rhinoceros* di kecamatan kairatu, kabupaten seram bagian barat. *Jurnal Budidaya Pertanian*, 10(2), 93–99.
- Soesetyaningsih, E., & Azizah, A. 2020. Akurasi perhitungan bakteri pada daging sapi menggunakan metode hitung cawan. *Berkala Sainstek*, 8(3), 75–79. <https://doi.org/10.19184/bst.v8i3.16828>
- Stanislas, M. A., Alain, A., Théodore, D., Gabaze, A. A., Julien, K., Robert, J., Bernard, O., & Rajeshwar, D. 2020. Valorization of the mucilage juice of cocoa beans for the production of a biopesticide based on *Bacillus thuringiensis* var. kurstaki hd-1. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(11), 3600–3610. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2020.911.431>
- Suryadi, B. F., Hidayat, H. A., & Tresnani, G. 2019. Fish flour and palm sugar medium to grow mataram indigenous isolate of entomopathogenic *Bacillus thuringiensis* for controlling *Aedes aegypti* larvae. *Journal of Tropical Life Science*, 9(2), 155–161. <https://doi.org/10.11594/jtls.09.02.04>
- Susanti, R., Yusuf, M., & Kabeakan, N. T. M. 2020. Pengendalian hama penggerek batang sawit *Oryctes rhinoceros* dengan menggunakan buah nanas yang ekonomis dan ramah lingkungan di Desa Stabat Lama Barat Kecamatan Wampu. *Jurnal Pengabdian Masyarakat*, 2(2), 262–269.
- Tabashnik, B. E., Zhang, M., Fabrick, J. A., Wu, Y., Gao, M., Huang, F., Wei, J.,

- Zhang, J., Yelich, A., Unnithan, G. C., Bravo, A., Soberón, M., Carrière, Y., & Li, X. 2015. Dual mode of action of bt proteins: protoxin efficacy against resistant insects. *Scientific Reports*, 5(1), 1–10. <https://doi.org/10.1038/srep15107>
- Tetty, E., Billah, M. K., Aidoo, O. F., Baleba, S. B. S., Ablormeti, F. K., Afram, Y., Dampare, F., Arhin, L., & Yankey, N. 2022. Morphometric characterization and comparison of the african rhinoceros beetle (AfRB) *Oryctes monoceros* Olivier (Coleoptera: Dynastidae) populations from different agro-ecological zones in Ghana. *International Journal of Tropical Insect Science*, 43(1), 203–215. <https://doi.org/10.1007/s42690-022-00915-2>
- Trianti, I., Setiawan, Y., Supriyanto, T. A., & Rachmawati, S. W. 2023. Eksplorasi khamir simbiosis pada saluran pencernaan larva *Oryctes rhinoceros* L. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan*, 11(2), 93–98. <https://doi.org/10.21776/ub.jurnalhpt.2023.011.2.5>
- Wahyuono, D. 2015. Kajian formulasi *Bacillus thuringiensis* dengan carrier limbah cair pabrik kelapa sawit untuk pengendalian ulat api (*Setora Nitens*). *Journal of Agro Science*, 3(1), 24–30. <https://doi.org/10.18196/pt.2015.036.24-30>
- Widiastuti, H., Panji, T., Yusup, C. A., Rusmana, I., & Wahyono, T. E. 2019. Formulasi bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* isolat indigenos untuk pengendalian *Hyposidra talaca* pada tanaman teh. *Journal Menara Perkebunan*, 87(1), 60–67. <https://doi.org/10.22302/iribb.jur.mp.v87i1.329>