

SKRIPSI

**EFEKTIVITAS BIOINSEKTISIDA FERMENTASI
PADAT *Bacillus thuringiensis* MENGGUNAKAN
CAMPURAN HASIL SAMPING AGROINDUSTRI
TERHADAP MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros*
DI RUMAH BAYANG**

***EFFECTIVENESS OF Bacillus thuringiensis SOLID
FERMENTATION WITH AGROINDUSTRY SIDE-
PRODUCT ON Oryctes rhinoceros LARVAE MORTALITY
IN SHADE HOUSE***



**Irfan Mohandis Haraki
05081281924015**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

SUMMARY

IRFAN MOHANDIS HARAKI. Effectiveness of *Bacillus thuringiensis* solid fermentation with agroindustry side-product on *Oryctes rhinoceros* larvae mortality in Shade House (Supervised by **YULIA PUJIASTUTI**)

The attack of the horn beetle (*Oryctes rhinoceros*) on oil palm plantations is one of the main problems affecting crop productivity. This study aims to determine the effectiveness of solid bioinsecticides from agro-industrial by-products on the mortality of *O. rhinoceros* larvae as test insects. The research was carried out in a shadow house with dynamic temperature and humidity conditions. The study was designed using a completely randomized group design (RBD) consisting of four treatments and four replications, water treatment and insecticide treatment as a comparison were given as controls. In each replication, 10 3rd instar larvae of *O. rhinoceros* were used. Tests were carried out on *O. rhinoceros* larvae in the shadow house, each of which was given treatment, namely P1: (cassava pomace + oil palm meal), P2: (cassava pomace + tofu dregs), P3 (cassava pomace + peanut meal), P4 (cassava pomace + corn hominy), P5 (water control), P6 (insecticide control). The mortality of the larvae that were applied to each bioinsecticide showed significantly different results. The highest mortality of *O. rhinoceros* larvae from the application of pure solid bioinsecticide was in treatment P1 (cassava + oil palm cake) of 82.5%. *O. rhinoceros* larvae infected with *B. thuringiensis* showed symptoms such as changes in body color that started from white to brownish to black accompanied by a decreased appetite for the larvae to become inactive. Symptoms of dead larvae show a softened body shape, rotting and secreting fluids and an unpleasant odor. Symptoms of infection and death occurred after 24 hours of application and occurred in several actions. Environmental factors such as temperature and humidity also affect the high and low mortality rates of *O. rhinoceros* larvae.

Keywords: *Bacillus thuringiensis*, bioinsecticide, *Oryctes rhinoceros*, shade house

RINGKASAN

IRFAN MOHANDIS HARAKI. Efektivitas Bioinsektisida Fermentasi Padat *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Campuran Hasil Samping Agroindustri terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Rumah Bayang (Dibimbing oleh **YULIA PUJIASTUTI**)

Serangan hama kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros*) pada perkebunan kelapa sawit merupakan salah satu permasalahan utama yang berdampak terhadap produktivitas hasil tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas bioinsektisida fermentasi padat dari hasil samping agroindustri terhadap mortalitas larva *O. rhinoceros* sebagai serangga uji. Penelitian dilaksanakan di rumah bayang dengan keadaan suhu dan kelembaban udara dinamis. Penelitian dirancang dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang terdiri atas empat perlakuan dan empat ulangan, sebagai pembanding diberikan perlakuan air dan perlakuan insektisida sebagai kontrol. Pada setiap ulangan digunakan 10 ekor larva instar 3 *O. rhinoceros*. Pengujian dilakukan pada larva *O. rhinoceros* di rumah bayang yang masing-masing diberi perlakuan yaitu P1: (onggok + bungkil kelapa sawit), P2: (onggok + ampas tahu), P3 (onggok + bungkil kacang tanah), P4 (onggok + ampok jagung), P5 (kontrol air), P6 (kontrol insektisida). Mortalitas larva yang diaplikasikan masing-masing bioinsektisida menunjukkan hasil berbeda nyata. Mortalitas larva *O. rhinoceros* tertinggi dari aplikasi bioinsektisida fermentasi padat terdapat pada perlakuan P1 (onggok + bungkil kelapa sawit) sebesar 82.5%. Larva *O. rhinoceros* yang terinfeksi bakteri *B. thuringiensis* menunjukkan gejala seperti perubahan warna tubuh yang berawal dari putih menjadi kecoklatan hingga hitam disertai dengan nafsu makan larva menurun hingga tidak aktif bergerak. Larva yang mati bergejala menunjukkan bentuk tubuh yang melunak, membusuk dan mengeluarkan cairan serta bau yang tidak sedap. Gejala infeksi dan kematian telah terjadi setelah 24 jam aplikasi dan terjadi pada beberapa perlakuan. Faktor lingkungan seperti suhu dan kelembaban juga mempengaruhi tinggi rendahnya tingkat mortalitas larva *O. rhinoceros*.

Kata Kunci: *Bacillus thuringiensis*, bioinsektisida, *Oryctes rhinoceros*, rumah bayang

SKRIPSI

EFEKTIVITAS BIOINSEKTISIDA FERMENTASI PADAT *Bacillus thuringiensis* MENGGUNAKAN CAMPURAN HASIL SAMPING AGROINDUSTRI TERHADAP MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* DI RUMAH BAYANG

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



**Irfan Mohandis Haraki
05081281924015**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2022**

LEMBAR PENGESAHAN

EFEKTIVITAS BIOINSEKTISIDA FERMENTASI PADAT *Bacillus thuringiensis* MENGGUNAKAN CAMPURAN HASIL SAMPING AGROINDUSTRI TERHADAP MORTALITAS LARVA *Oryctes rhinoceros* DI RUMAH BAYANG

SKRIPSI

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

Oleh

Irfan Mohandis Haraki
05081281924015

Indralaya, 08 Desember 2022
Pembimbing

ast

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

Mengetahui.

Dekan Fakultas Pertanian
Universitas Sriwijaya



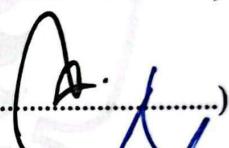
Dr. Ir. A. Muslim, M.Agr.
NIP. 196412291990011001

Skripsi dengan Judul “Efektivitas Bioinsektisida Fermentasi Padat *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Campuran Limbah Agroindustri terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Rumah Bayang” oleh Irfan Mohandis Haraki telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 08 Desember 2022 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

1. Prof. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S.
NIP. 196205181987032002
2. Arsi, S.P, M.Si.
NIP. 198510172015105101
3. Prof. Dr. Ir. Suwandi, M.Agr.
NIP. 196801111993021001

Ketua (.....) 

Sekretaris (.....) 

Anggota (.....) 

Indralaya, 9 Desember 2022



Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si
NIP. 196510201992032001

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Irfan Mohandis Haraki

NIM : 05081281924015

Judul : Efektivitas Bioinsektisida Fermentasi Padat *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Campuran Hasil Samping Agroindustri terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Rumah Bayang.

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam laporan skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervise 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 tanpa paksaan dari pihak manapun.



Indralaya, 08 Desember 2022



Irfan Mohandis Haraki
05081281924015

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan pada tanggal 22 Oktober 2001 di Kota Pangkalpinang, Kep. Bangka Belitung dan merupakan anak pertama dari tiga bersaudara dari ayah yang bernama Bahari dan ibu Seroya. Penulis menyelesaikan pendidikan Sekolah Dasar di Sekolah Dasar Negeri 33 Pangkalpinang, Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Pangkalpinang dan menempuh jenjang Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Pangkalpinang, kemudian melanjutkan studi di Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya

Selama kuliah, penulis aktif di berbagai organisasi. Penulis tercatat aktif sebagai anggota Himpunan Mahasiswa Proteksi Tanaman (HIMAPRO), anggota aktif Badan Otonom Komunitas Riset Mahasiswa (BO KURMA) Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya dan anggota aktif Organisasi Kedaerahan ISBA INDRALAYA sejak tahun 2019. Pada tahun 2021, penulis menjabat sebagai Direktur Utama/Ketua Umum di Organisasi Kemahasiswaan Badan Otonom Komunitas Riset Mahasiswa (BO KURMA) Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya Periode 2021/2022. Pada bidang akademik, penulis aktif dalam berbagai agenda seperti menjadi asisten praktikum DDPT (Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman) dan Entomologi pada tahun 2020/2021 dan Koordinator Asisten Ilmu Hama Tumbuhan tahun 2022.

KATA PENGANTAR

Puji dan syukur saya ucapkan kepada Tuhan YME atas segala karunia-Nya penulis dapat menyelesaikan laporan skripsi dengan judul “Efektivitas Fermentasi Padat Bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Campuran Hasil Samping Agroindustri terhadap Mortalitas Larva *Oryctes rhinoceros* di Rumah Bayang” yang telah dilaksanakan dengan baik dan tepat pada waktunya. Pada kesempatan ini, penulis hendak menyampaikan terimakasih kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan moril maupun materiil pada penelitian kali ini.

Ucapan terimakasih ini penulis tujuhan kepada:

1. Ibu Prof. Dr. Ir. Yulia Pujiastuti, M.S. selaku dosen pembimbing yang telah mendidik, mengarahkan dan memberikan bimbingan selama masa perkuliahan.
2. Seluruh bapak/i dosen tenaga pendidik di lingkungan program studi Proteksi Tanaman Universitas Sriwijaya atas segala ilmu yang telah diberikan.
3. Bapak Bahari dan Ibu Seroya selaku kedua orang tua penulis yang selalu memberikan semangat, doa dan dukungan kepada penulis.
4. Rekan-rekan seperbimbingan skripsi yang telah membantu selama penelitian berlangsung dan teman-teman keluarga besar angkatan 2019 HPT.
5. Sahabat dan sekaligus keluarga Badan Pengurus Harian (BPH) BO KURMA FP 2022/2023 serta Keluarga Besar BO KURMA FP agen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, dan 8. Eksistensi Kurma, Agen Semesta.

Penulis menyadari dalam penulisan laporan skripsi ini masih terdapat banyak kekurangan. Penulis berharap laporan skripsi ini dapat memberi manfaat bagi para pembaca dan pihak-pihak lain yang berkepentingan.

Indralaya, 08 Desember 2022

Penulis

DAFTAR ISI

| | Halaman |
|--|----------------|
| KATA PENGANTAR | ix |
| DAFTAR ISI | x |
| DAFTAR GAMBAR | xiii |
| DAFTAR TABEL | xv |
| DAFTAR LAMPIRAN | xvi |
| | |
| BAB 1. PENDAHULUAN | |
| 1.1. Latar Belakang | 1 |
| 1.2. Rumusan Masalah | 3 |
| 1.3. Tujuan Penelitian | 4 |
| 1.4. Hipotesis | 4 |
| 1.5. Manfaat Penelitian | 4 |
| | |
| BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA | |
| 2.1. Kumbang Tanduk <i>Oryctes rhinoceros</i> | 5 |
| 2.1.1. Klasifikasi <i>Oryctes rhinoceros</i> | 5 |
| 2.1.2. Bioekologi dan Siklus Hidup <i>Oryctes rhinoceros</i> | 6 |
| 2.2. Gejala Serangan <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Kelapa Sawit..... | 10 |
| 2.3. Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 11 |
| 2.3.1. Klasifikasi Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 11 |
| 2.3.2. Deskripsi Bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> | 11 |
| 2.3.3. Siklus Hidup <i>Bacillus thuringiensis</i> | 12 |
| 2.3.4. Patogenesis <i>Bacillus thuringiensis</i> | 13 |
| 2.4. Fermentasi Padat Bioinsektisida <i>Bacillus thuringiensis</i> | 13 |
| 2.5. Hasil Samping Produk Agroindustri | 14 |
| 2.5.1. Onggok | 15 |
| 2.5.2. Bungkil Kelapa Sawit | 15 |
| 2.5.3. Bungkil Kacang Tanah | 16 |
| 2.5.4. Ampas Tahu | 16 |
| 2.5.5. Ampok Jagung | 17 |

| | |
|--|----|
| BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN | |
| 3.1. Tempat dan Waktu | 18 |
| 3.2. Alat dan Bahan | 18 |
| 3.3. Metode Penelitian..... | 18 |
| 3.4. Cara Kerja | 19 |
| 3.4.1. Persiapan Serangga Uji <i>Oryctes rhinoceros</i> | 19 |
| 3.4.2. Persiapan Isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> | 20 |
| 3.4.3 Persiapan Media Limbah Padat | 21 |
| 3.4.4. Persiapan <i>Seed Culture</i> | 21 |
| 3.4.5. Pembuatan Bioinsektisida Padat <i>Bacillus thuringiensis</i> | 22 |
| 3.4.6. Perhitungan Jumlah Koloni Bakteri..... | 24 |
| 3.4.7. Aplikasi Bioinsektisida <i>Bacillus thuringiensis</i> | 24 |
| 3.4.8. Pengamatan Serangga Uji | 25 |
| 3.5. Peubah yang Diamati | 26 |
| 3.5.1. Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> dan <i>Lethal Time 50</i> (LT ₅₀) .. | 26 |
| 3.5.2. Panjang Tubuh Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 26 |
| 3.5.3. Berat Tubuh Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 26 |
| 3.5.4. Perubahan Sifat Morfologi <i>Oryctes rhinoceros</i> | 27 |
| 3.5.5. Gejala Infeksi dan Kematian <i>Oryctes rhinoceros</i> | 27 |
| 3.5.6. Suhu dan Kelembaban Udara Rumah Bayang | 27 |
| 3.5.7. Suhu Tanah di Rumah Bayang | 27 |
| 3.6 Analisis Data | 27 |
| BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN | |
| 4.1. Hasil | 28 |
| 4.1.1. Perhitungan Koloni <i>Bacillus thuringiensis</i> | 28 |
| 4.1.2. Mortalitas Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 28 |
| 4.1.3. <i>Lethal Time 50</i> (LT ₅₀) Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 29 |
| 4.1.4. Panjang Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 29 |
| 4.1.5. Berat Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 30 |
| 4.1.6. Suhu Tanah Inkubasi..... | 31 |
| 4.1.7. Suhu dan Kelembaban Udara Rumah Bayang | 31 |
| 4.1.8. Morfologi Larva Sehat <i>Oryctes rhinoceros</i> | 31 |

| | |
|--|----|
| 4.1.9. Gejala Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> Terinfeksi <i>Bacillus thuringiensis</i> . | 32 |
| 4.2. Pembahasan..... | 33 |
| BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN | |
| 5.1. Kesimpulan | 36 |
| 5.2. Saran..... | 36 |
| DAFTAR PUSTAKA | 37 |

DAFTAR GAMBAR

| | Halaman |
|---|----------------|
| Gambar 2.1 Kumbang Tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i>), a) imago jantan, b) imago betina, c) batang kelapa sawit lapuk sebagai tempat berkembang biak (Pradipta <i>et al.</i> 2020) | 5 |
| Gambar 2.2 Siklus Hidup Kumbang Tanduk (<i>Oryctes rhinoceros</i>) (University of Guam) (Jackson <i>et al.</i> 2020) | 7 |
| Gambar 2.3 Telur <i>Oryctes rhinoceros</i> (Pille dan Ceniza, 2018) | 7 |
| Gambar 2.4 Larva <i>Oryctes rhinoceros</i> (Susanto <i>et al.</i> 2012) | 9 |
| Gambar 2.5 Pupa <i>Oryctes rhinoceros</i> (Pille dan Ceniza, 2018) | 9 |
| Gambar 2.6 Imago <i>Oryctes rhinoceros</i> , a) imago betina (tampak lateral), b) imago betina (tampak dorsal), c) imago jantan (tampak lateral), d) imago jantan (tampak dorsal) (Royals <i>et al.</i> 2019) | 9 |
| Gambar 2.7 Gejala Serangan <i>O. rhinoceros</i> pada Kelapa Sawit, a) kelapa sawit muda bergejala, b) gejala serangan pada daun pangkal, c) gejala serangan pada kelapa sawit muda (Ramle Moslim) (Bedford, 2014) | 10 |
| Gambar 2.8 Morfologi <i>Bacillus thuringiensis</i> , a) tampak melalui mikroskop, b) koloni <i>B. thuringiensis</i> pada media <i>nutrient agar</i> (Bahri <i>et al.</i> 2022) | 12 |
| Gambar 3.1 Tata letak percobaan penelitian | 19 |
| Gambar 3.2 Pencarian serangga uji larva <i>O. rhinoceros</i> , a) batang kelapa sawit lapuk sebagai habitat larva <i>O. rhinoceros</i> , b) larva <i>O. rhinoceros</i> yang ditemukan di lapangan | 20 |
| Gambar 3.3 Isolat <i>Bacillus thuringiensis</i> kode BK..... | 20 |
| Gambar 3.4 Bahan hasil samping agroindustri, a) onggok, b) bungkil kelapa sawit, c) ampas tahu, d) bungkil kacang tanah, e) ampok jagung . | 21 |
| Gambar 3.5 Pembuatan <i>seed culture</i> <i>B. thuringiensis</i> , a) media <i>nutrient broth</i> (NB), b) <i>seed culture</i> untuk bioinsektisida/kultivasi media | 22 |

| | |
|---|----|
| Gambar 3.6 Media kultivasi campuran hasil samping agroindustri padat, a) P1= (onggok + bungkil kelapa sawit), b) P2= (onggok + ampas tahu), c) P3= (onggok + bungkil kacang tanah), d) P4= (onggok + ampok jagung) | 23 |
| Gambar 3.7 Tahapan aplikasi bioinsektisida fermentasi padat, a) tanah ditimbang sebanyak 2 kg, b) penambahan pakan berupa bunga jantan kelapa sawit sebanyak 30 g, c) penambahan bioinsektisida yang sudah dilarutkan dalam air, d) larva <i>O. rhinoceros</i> diletakan pada wadah kotak pengamatan (masing-masing perlakuan terdapat 10 ekor), e) kondisi rumah bayang sebelum aplikasi, f) kondisi rumah bayang setelah aplikasi dengan papan kode perlakuan | 25 |
| Gambar 4.1 Morfologi larva sehat <i>Oryctes rhinoceros</i> instar ke-3 | 32 |
| Gambar 4.2 Gejala infeksi bakteri <i>B. thuringiensis</i> pada larva <i>Oryctes rhinoceros</i> , a) larva <i>O. rhinoceros</i> sehat hari pertama, b) gejala infeksi pada larva hari keempat, c) gejala infeksi pada larva hari keenam, d) gejala infeksi larva pada hari ke-10 | 32 |

DAFTAR TABEL

| | Halaman |
|--|----------------|
| Tabel 2.1 Kadar proksimat kandungan onggok | 15 |
| Tabel 2.2 Kandungan gizi bungkil kelapa sawit | 15 |
| Tabel 2.3 Analisis proksimat bungkil kacang tanah | 16 |
| Tabel 2.4 Analisis proksimat ampas tahu | 17 |
| Tabel 2.5 Kandungan gizi ampok jagung | 17 |
| Tabel 3.1 Komponen kimia dan sifat fisik hasil samping agroindustri | 22 |
| Tabel 4.1 Perhitungan koloni <i>Bacillus thuringiensis</i> | 28 |
| Tabel 4.2 Mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 29 |
| Tabel 4.3 <i>Lethal time</i> (LT ₅₀) larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 29 |
| Tabel 4.4 Panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 30 |
| Tabel 4.5 Berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 30 |
| Tabel 4.6 Suhu tanah inkubasi larva <i>Oryctes rhinoceros</i> | 31 |
| Tabel 4.7 Suhu dan kelembaban udara rumah bayang..... | 31 |

DAFTAR LAMPIRAN

| | Halaman |
|--|----------------|
| 1a. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 24 jam)..... | 45 |
| 1b. Data transformasi log jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 24 jam) | 45 |
| 1c. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat yang dianalisis sidik ragam (pengamatan 24 jam) | 45 |
| 2a. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 48 jam)..... | 45 |
| 2b. Data transformasi log jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 48 jam) | 45 |
| 2c. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat yang dianalisis sidik ragam (pengamatan 48 jam) | 46 |
| 3a. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 72 jam)..... | 46 |
| 3b. Data transformasi log jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat (pengamatan 72 jam) | 46 |
| 3c. Data jumlah koloni bakteri <i>Bacillus thuringiensis</i> pada media limbah padat yang dianalisis sidik ragam (pengamatan 72 jam) | 46 |
| 4a. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-4..... | 47 |
| 4b. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> hari ke -4..... | 47 |
| 4c. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-4 yang dianalisis sidik ragam | 47 |
| 5a. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada Hari Ke-8 | 47 |
| 5b. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> hari ke-8..... | 48 |
| 5b. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-8 yang dianalisis sidik ragam | 48 |
| 6a. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-12..... | 48 |
| 6b. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> hari ke-12 ... | 48 |

| | |
|---|----|
| 6c. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-12 yang dianalisis sidik ragam | 49 |
| 7a. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-16..... | 49 |
| 7b. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> hari ke-16 ... | 49 |
| 7c. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-16 yang dianalisis sidik ragam | 49 |
| 8a. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-20..... | 50 |
| 8b. Data transformasi arcsin mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> hari ke-20 ... | 50 |
| 8c. Data mortalitas larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-20 yang dianalisis sidik ragam | 50 |
| 9a. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-1 | 50 |
| 9b. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-1 yang dianalisis sidik ragam | 51 |
| 10a. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2 | 51 |
| 10b. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2..... | 51 |
| 10c. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2 yang dianalisis sidik ragam | 51 |
| 11a. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 | 52 |
| 11b. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 | 52 |
| 11c. Data panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 yang dianalisis sidik ragam | 52 |
| 12a. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-1 | 52 |
| 12b. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-1 yang dianalisis sidik ragam | 53 |
| 12c. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-1 | 53 |
| 13a. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2..... | 53 |

| | |
|---|----|
| 13b. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2 yang dianalisis sidik ragam..... | 53 |
| 13c. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-2..... | 54 |
| 14a. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 | 54 |
| 14b. Data berat larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 yang dianalisis sidik ragam..... | 54 |
| 14c. Data transformasi akar kuadrat panjang larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada minggu ke-3 | 54 |
| 15a. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-4..... | 55 |
| 15b. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-4 yang dianalisis sidik ragam..... | 55 |
| 16a. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-8..... | 55 |
| 16b. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-8 yang dianalisis sidik ragam..... | 55 |
| 17a. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-12..... | 56 |
| 17b. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-12 yang dianalisis sidik ragam..... | 56 |
| 18a. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-16..... | 56 |
| 18b. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-16 yang dianalisis sidik ragam..... | 56 |
| 19a. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-20..... | 57 |
| 19b. Data suhu tanah kotak larva <i>Oryctes rhinoceros</i> pada hari ke-20 yang dianalisis sidik ragam..... | 57 |
| 20. Data suhu dan kelembaban udara di rumah bayang hari ke-4 | 57 |
| 21. Data suhu dan kelembaban udara di rumah bayang hari ke-8 | 57 |
| 22. Data suhu dan kelembaban udara di rumah bayang hari ke-12 | 57 |
| 23. Data suhu dan kelembaban udara di rumah bayang hari ke-16 | 57 |
| 24. Data suhu dan kelembaban udara di rumah bayang hari ke-20 | 57 |

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Perkebunan merupakan subsektor bidang pertanian yang berperan sebagai penggerak utama roda perekonomian masyarakat Indonesia. Tanaman kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) ialah termasuk salah satu komoditas perkebunan yang mempunyai peranan penting dalam sektor agroindustri (Nurhasnita *et al.* 2020). Dewasa ini, prospek industri kelapa sawit terlihat semakin cerah, baik di pasar dalam negeri maupun di pasar dunia sejalan dengan tren penggunaan komoditi berbasis minyak kelapa sawit (Kemenperin, 2021). Berdasarkan data buku statistik Kelapa Sawit Indonesia 2020, produksi minyak sawit mentah (CPO) Indonesia tahun 2020 tercatat sebesar 44,76 juta ton. Produksi ini diperkirakan sebesar 26,97 juta ton CPO (60,22 persen) oleh perkebunan swasta, diikuti perkebunan rakyat dengan total produksi 15,50 juta ton (34,62 persen) dan sisanya sebesar 2,31 juta ton (5,16 persen) diproduksi oleh perkebunan besar negara luas areal perkebunan kelapa sawit sebesar 14,59 juta hektar yang tersebar di 26 provinsi di seluruh Indonesia (BPS, 2020). Dalam usaha budidaya tanaman kelapa sawit, tentunya tidak terlepas dari faktor-faktor yang menghambat perkembangan, pertumbuhan dan masa produksi tanaman. Salah satu faktor penghalang dalam budidaya kelapa sawit adalah serangan hama yang berakibat pada produktivitas tanaman.

Hama *Oryctes rhinoceros* atau yang lebih dikenal sebagai kumbang tanduk atau kumbang badak saat ini menjelma sebagai hama utama di perkebunan kelapa sawit di Indonesia. Kumbang *O. rhinoceros* termasuk kedalam serangga nokturnal dan tertarik pada cahaya (Suswanto *et al.* 2020). Imago *O. rhinoceros* merusak pelepah daun bagian atas yang belum terbuka dan dapat menyebabkan pelepah patah (Pradipta *et al.* 2020). Gejala khas serangan kerusakan yang ditimbulkan oleh kumbang *Oryctes* berupa bekas gigitan pada daun yang membentuk pola guntingan segitiga seperti huruf V (Witjaksono *et al.* 2017). Serangan *O.rhinoceros* dapat menurunkan produksi tandan buah segar hingga 60% pada panen pertama serta menimbulkan kematian pada tanaman kelapa sawit muda hingga 25% (Fauzana *et al.* 2018). Pertumbuhan pelepah daun yang terhambat akibat serangan yang

merusak pada bagian titik tumbuh tanaman menyebabkan tanaman kelapa sawit menjadi mati pada kasus serangan yang berat. Kerusakan serangan *O. rhinoceros* diperparah dengan adanya sisa tumbuhan kayu atau tandan kosong kelapa sawit yang sudah membusuk di lapangan sebagai tempat berkembang biak stadia larva *O. rhinoceros*.

Populasi *O. rhinoceros* akan terus meningkat seiring dengan tersedianya bahan organik pada kebun kelapa sawit disekitarnya. Hal ini mendorong perlunya upaya pengendalian dalam menekan populasi kumbang. Pengendalian kimia ini masih menjadi andalan dalam menekan populasi *O. rhinoceros* melalui pemanfaatan insektisida sintetis (Sahetapy *et al.* 2018). Anggapan ini didasarkan pada penggunaan insektisida yang dinilai cepat mengendalikan dan praktis dalam aplikasi (Akbar dan Rustam, 2019). Umumnya, petani menggunakan insektisida dengan dosis dengan frekuensi yang tinggi yang berdampak pada timbulnya efek samping yang berbahaya, seperti resistensi, resurjensi hama, terbunuhnya musuh alami, peningkatan residu pada hasil dan pencemaran lingkungan (Bintang *et al.* 2016). Pengendalian *O. rhinoceros* menggunakan entomopatogen dalam bentuk bioinsektisida merupakan salah satu alternatif ketika penggunaan insektisida kimia sintetis yang belum mampu mengatasi permasalahan hama (Pujiastuti *et al.* 2020).

Bacillus thuringensis merupakan bioinsektisida mikrobial yang cukup banyak digunakan dibandingkan dengan mikroba yang lain. Dikenal sebagai agensia hidup baku pembuatan bioinsektisida yang ramah lingkungan, aman terhadap kesehatan konsumen dan bersifat tidak beracun. Bakteri *B. thuringensis* memiliki kemampuan yang unik yaitu bekerja secara spesifik terhadap inang (Pujiastuti *et al.* 2013). Bekerja layaknya racun perut, *B. thuringensis* dapat membentuk kristal protein selama masa sporulasinya yang bersifat beracun jika dimakan oleh serangga (Mafazah dan Zulaika, 2017). Menurut Pujiastuti *et al.* (2021), *Bacillus thuringensis* memiliki potensi dalam mengendalikan larva *O. rhinoceros* yang ditandai dengan kehilangan nafsu makan pada larva dan akhirnya mati serta membusuk. Hal ini menunjukkan bahwa *B. thuringensis* memiliki potensi yang tinggi dalam pengendalian *O. rhinoceros*.

Bakteri *B. thuringiensis* pada produksinya merupakan obyek penelitian yang masih sangat terbuka. Hal ini ditambah dengan kendala dalam produksi

bioinsektisida di Indonesia pada bahan baku yang masih impor. Oleh sebab itu, perlu dilakukan upaya untuk memproduksi sendiri bioinsektisida didalam negeri pada skala industri dengan mudah sehingga menghindari ketergantungan akan bahan-bahan impor (Purnawati *et al.* 2015). Menurut Pujiastuti *et al.* (2017), penggunaan bahan limbah hasil samping produk pertanian banyak dimanfaatkan untuk memproduksi spora dan kristal protein. Limbah agroindustri mengandung komponen karbon dan nitrogen yang diperlukan untuk pertumbuhan mikroorganisme (Sasmataloka, 2014).

Penelitian tentang penggunaan produk samping industri pertanian sebagai sumber karbon untuk memproduksi bioinsektisida *B. thuringiensis* telah banyak dilakukan di Indonesia, tetapi pada umumnya menggunakan media cair atau semi padat (Nelly 2012). Untuk penerapan di industri apabila akan dilakukan produksi bioinsektisida melalui media kultivasi cair akan membutuhkan modal yang cukup besar dan teknologi yang tidak sederhana. Kultivasi menggunakan media padat memiliki beberapa keunggulan diantara adalah menghemat ruang, tidak menghasilkan limbah cair yang banyak, alat-alat yang digunakan lebih sederhana sehingga mengurangi biaya proses yang membuat produk menjadi lebih murah (Bhargav *et al.* 2008, Kumar *et al.* 2019). Beberapa penelitian menunjukkan *B. thuringiensis* dapat tumbuh pada kultivasi media padat menggunakan berbagai media, baik pada media produk pertanian maupun bila menggunakan limbah pertanian, limbah industri maupun limbah rumah tangga (Zhang *et al.* 2013, Thao *et al.* 2021).

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang diatas, maka rumusan masalah pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana efektifitas limbah agroindustri sebagai media kultivasi padat dalam produksi bioinsektisida *B. thuringiensis*?
2. Bagaimana tingkat mortalitas hama *O. rhinoceros* setelah diaplikasikan bioinsektisida *B. thuringiensis*?

1.3 Tujuan penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, penelitian ini dilaksanakan dengan tujuan sebagai berikut:

1. Untuk mengetahui keefektifan limbah agroindustri sebagai media kultivasi padat dalam produksi bioinsektisida *B. thuringiensis*.
2. Untuk mengetahui tingkat mortalitas hama *O. rhinoceros* setelah diaplikasikan *B. thuringiensis*.

1.4 Hipotesis

Adapun hipotesis pada penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Diduga kombinasi onggok dan bungkil inti sawit merupakan kombinasi terbaik dalam produksi bioinsektisida kultivitasi padat *Bacillus thuringiensis*.
2. Diduga mortalitas *O. rhinoceros* tertinggi terdapat pada perlakuan onggok dan bungkil inti sawit.

1.5 Manfaat penelitian

Hasil penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat berupa informasi sekaligus pengetahuan mengenai bioinsektisida yang berbahan aktif *Bacillus thuringiensis* dengan memanfaatkan limbah padat agroindustri sehingga dapat mengendalikan hama larva *Oryctes rhinoceros* pada kelapa sawit.

DAFTAR PUSTAKA

- Agustono, B., Lamid, M., Ma'aruf, A., Purnama, M.T.E. 2018 'Identifikasi limbah pertanian dan perkebunan sebagai bahan pakan inkonvensional di banyuwangi, *Jurnal Medik Veteriner*, 1(1), p. 12.
- Akbar, M. J. dan Rustam, R. 2019 'Uji beberapa konsentrasi ekstrak akar tuba (*Derris elliptica* Benth) untuk mengendalikan larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* Linnaeus) pada tanaman kelapa sawit', *Jpt : Jurnal Proteksi Tanaman (Journal of Plant Protection)*, 3(2), p. 65.
- Azizah, A. dan Soesetyaningsih, E. 2020 'Akurasi Perhitungan Bakteri pada Daging Sapi Menggunakan Metode Hitung Cawan', *Berkala Sainstek*, 8(3), p. 75.
- Bahri, S., Zulkifli, L., Rasni, D.A.C., Sedjani. 2022 'Isolation, purification, and toxicity test of *Bacillus thuringiensis* from cows cage soil againts *Drosophila melanogaster*', *Jurnal Biologi Tropis*, 21(3), pp. 1106–1114.
- Bakhtiar, A. Y., Sutrisno, S. dan Sunarso, S. 2013 'Pengaruh proteksi protein bungkil kelapa sawit dengan tanin terhadap fermentabilitasnya secara in vitro', *Animal Agriculture*, 2(1), pp. 232–239.
- 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.
- Bedford, G. O. 2013 'Long-term reduction in damage by rhinoceros beetle *Oryctes rhinoceros* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae: Dynastinae) to coconut palms at *Oryctes Nudivirus* release sites on Viti Levu, Fiji', *African Joural Of Agricultural Research*, 97(3), pp. 6422–6425.
- Bedford, G. O. 2014 'Advances in the control of rhinoceros beetle, *Oryctes rhinoceros* in oil palm', *Journal of Oil Palm Research*, 26(3), pp. 183–194.
- Bhargav S, Panda BP, Ali M, Javed S. 2008 'Solid-state Fermentation: An Overview'. *Chem Biochem Eng*. 22(1):49-70.
- Bintang, A. S., Wibowo, A. dan Harjaka, T. 2016 'Genetic diversity of *Metarhizium anisopliae* and virulence toward larvae of rhinoceros bettle (*Oryctes rhinoceros*)', *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(1).

- BPS. 2020 ‘*Statistik kelapa sawit Indonesia 2020*’. Katalog 5504003. Badan Pusat Statistik Indonesia
- Capalbo, D. M. et al. 2001 ‘Solid-state fermentation of *Bacillus thuringiensis* tolworthi to control fall armyworm in maize’, *Electronic Journal of Biotechnology*, 4(2), pp. 112–115.
- Dashora K, S Roy, A Nagpal, SM Roy, J Flood, AK Prasad, R Khetarpal, S Neave & N Muraleedharan 2017 ‘Pest management through *Bacillus thuringiensis* (Bt) in a teasilkworm ecosystem: status and potential prospects’, *Applied Microbiology Biotechnology* 101(5), 1795-1803
- Deliana, D., Susilo, B., & and Yulianingsih, R. 2014 ‘Analisa karakteristik fisik dan sensorik permen cokelat dari komposisi bubuk bungkil kacang tanah dan variasi konsentrasi tepung porang (*Amorphophallus oncophyllus*)’, 2(1), pp. 62–71.
- Devy, L., Roswanjaya, Y.P., Saryanah, N.A., Suhendra, A., Putri, A.L. 2020 ‘Formulasi biopestisida *Trichoderma asperellum* Samuels, Liecflk & Nirenberg’, *Agroscript Journal of Applied Agricultural Sciences*, 2(2), pp. 91–104.
- Farrera RR, Perez-Guevara F, de la Torre M. 1998. Carbon: Nitrogen Ratio Interacts with Initial Concentration of Total Solids on Insecticid Crystal Protein and Spore Production in *Bacillus thuringiensis* HD-73. *Appl. Microbiol Biotechnol.* 49: 758 – 765.
- Fauzana, H., Sutikno, A. dan Salbiah, D. 2019 ‘Population fluctuations *Oryctes rhinoceros* L. beetle in plant oil palm (*Elaeis guineensis* Jacq.) given mulching oil palm empty bunch’, *Cropsaver - Journal of Plant Protection*, 1(1), p. 42.
- Fauzana, H. dan Ustadi, U. 2020 ‘Pertumbuhan larva kumbang tanduk (*Oryctes rhinoceros* L.) pada berbagai media tumbuh tanaman Famili Arecaceae’, *Jurnal Entomologi Indonesia*, 17(2), p. 89.
- Fauzana, H., Wardati, W. dan 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, pp. 78–83.
- Gazali, A., Ilhamiyah dan Jaelani, A. 2017 ‘*Bacillus thuringiensis*: biologi, isolasi, perbanyak dan cara aplikasinya’, p. 65.

- Hawkeswood, T. J. dan 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’, *Calodema*, 422(0), pp. 1–5.
- Ikhsanudin Hanif, K. Herlinda, S., Suwandi, dan Kareina, T. 2017 ‘Efikasi bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* Barliner terhadap *Gryllus bimaculatus* De Geer (Orthoptera: Gryllidae) pada tanaman padi utama. www.jlsuboptimal.unsri.ac.id), 6(1), pp. 95– 105.
- Irwanto, Fauzanah, H. dan Salbiah, D. 2020 ‘Uji beberapa konsentrasi ekstrak tepung daun sirsak (*Annona muricata* L.) mengendalikan larva *Oryctes rhinoceros* L.’, *Jom Faperta*, 7, pp. 1–10.
- [ITIS] Integrated Taxonomic Information System. 2012. *Taxonomic hierarchy: Bacillus thuringiensis*, Database (Version 2012). <https://www.itis.gov> [25 November 2022].
- Jackson, T., Marshall, S., Mansfield, S., dan Atumurirava, F. 2020 *Coconut rhinoceros beetle (Oryctes rhinoceros): A manual for control and management of pest in Pacific Island countries and territories, Featured Creatures*. Suva.
- Jati, W.B., Felicia Z., dan Indah M. 2014. ‘Uji kemampuan isolat P75 *Bacillus thuringiensis* Berliner terhadap daya bunuh larva nyamuk *Aedes aegypti*’. *Makalah Seminar Naional Mikrobiologi*. 105-116.
- Kemenperin. 2021. *Tantangan dan Prospek Hilirisasi Sawit Nasional* (6th ed). Kementerian Perindustrian Republik Indonesia.
- Kumar, L. R., Ndao, A., Valero, J., dan Tyagi, R. D. 2019 ‘Production of *Bacillus thuringiensis* based biopesticide formulation using starch industry wastewater (SIW) as substrate: A techno-economic evaluation’, *Bioresource Technology*, 294 (September), p. 122144.
- Kurnia, Y., Sri, R. dan Sukarno, A. S. 2022 ‘Aktivitas antibakteri bakteri asam laktat (BAL) yang diisolasi dari saluran pencernaan itik Lokal Asal Aceh terhadap *Salmonella pullorum* dan *Escherichia coli*’, *Agripet*, 22(2), pp. 169–174.
- Mafazah, A. dan Zulaika, E. 2017 ‘Potensi *Bacillus thuringiensis* dari tanah perkebunan Batu Malang sebagai bioinsektisida terhadap larva *Spodoptera litura* F.’, *Jurnal Sains dan Seni ITS*, 6(2), pp. 4–8.

- Muhazilin, N., Hidayati, L. dan Soekopitojo, S. 2015 ‘Evaluasi Mutu dan kandungan serat nuggets berbahan dasar ampok jagung’, *Teknologi dan Kehuruan*, 38(2), pp. 157–166.
- Musita, N. 2018 ‘Kajian sifat fisikokimia tepung onggok industri besar dan industri kecil’, *Majalah TEGI*, 10(1), pp. 19–24.
- Nelly A. 2012. Penentuan rasio c/n dan pengembangan produksi bioinsektisida oleh *Bacillus thuringiensis* menggunakan media kultivasi limbah industri tahu [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Nikhlani, A. Pagoray, H., dan Sulistyawati. 2022 ‘Bungkil kelapa sawit sebagai bahan baku alternatif pakan buatan untuk pertumbuhan ikan lele sangkuriang (*Clarias gariepinus*)’, *Journal of Fisheries and Marine Research*, 6(2), pp. 26–33.
- Nurfitriani, R. A. dan Muhamad, N. 2022 *Pengetahuan bahan makanan ternak*. 1st edn, *Pengetahuan Bahan Makanan Ternak*. 1st edn. Edited by U. Suryadi.
- Nurhasnita, Yaherwandi dan Efendi, S. 2020 ‘Survei hama pada perkebunan kelapa sawit rakyat di Kecamatan Sembilan Koto Kabupaten Dharmasraya’, *Agriprima : Journal of Applied Agricultural Sciences*, 4(1), pp. 6–17.
- Nuriyanti, D. D., Widhiono, I. dan Suyanto, A. 2017 ‘Faktor-faktor ekologis yang berpengaruh terhadap struktur populasi kumbang badak (*Oryctes rhinoceros L.*)’, *Biosfera*, 33(1), p. 13.
- Pages, L., Thomas, G. V dan Krishnakumar, V. 2010 ‘Improving productivity and profitability in coconut farming Edited by International Conference on Coconut Biodiversity for Prosperity’, (October), pp. 298–304.
- Pamungkas, M. R. dan Ziqri, I. M. 2020 ‘Faktor-faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap struktur populasi kumbang badak untuk meningkatkan produksi gula merah’, *Mekanika*, 2(1), pp. 1–3.
- Pasaribu, T. 2018 ‘Efforts to Improve the quality of palm kernel cake through fermentation technology and enzyme addition for poultry’, *Indonesian Bulletin of Animal and Veterinary Sciences*, 28(3), p. 119.

- Pille, R. dan Ceniza, M. J. 2018 ‘Potential of organic waste substrates as attractants in log traps for coconut rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros L.*)’, *Journal of Science, Engineering and Technology*, 200, pp. 194–200.
- Pradipta, A. P., Wagiman, F. X. dan Witjaksono. 2020 ‘The potency of collecting larvae of *Oryctes rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) in the oil palm plantation’, *Agrivita*, 42(1), pp. 153–159.
- Pradipta, A. P., Wagiman, F. X. dan Witjaksono, W. 2020 ‘The Coexistence of *Oryctes rhinoceros* L. and *Xylotrupes gideon* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) on Immature Plant in Oil Palm Plantation’, *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 24(1), p. 82.
- 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’, *biovalentia: Biological Research Journal*, 8(2), pp. 145–150.
- Pujiastuti, Y. A Muslim., Bando, H., dan Asano, S. 2013 ‘Study on *Bacillus thuringiensis* indigenous highland of South Sumatera-based bioinsecticide towards lepidopteran insect pests’, *International Jurnal on Advanced Science Engineering Information Technology*, 3(1), pp. 46–49.
- Pujiastuti, Y. Triansyah, Hamidson, H., Effendy, dan Suparman. 2017 ‘Produksi Spora *Bacillus thuringiensis* pada media limbah dengan penambahan tepung cangkang keong mas dan toksisitasnya terhadap *Spodoptera Litura* Fabr. (Lepidoptera : Noctuidae)’, *Jurnal Lahan Suboptimal*, 6(2), pp. 150–157.
- Pujiastuti, Y. Sofia, S., Arsi, dan Effendy. 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).
- Pujiastuti, Y., Arsi, A. dan 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)’, *Biodiversitas*, 21(4), pp. 1287–1294.
- Pujiastuti, Y., G Setiawan, J. dan Arinafril 2010 ‘Pendugaan perkembangan populasi *Oryctes Rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) di perkebunan kelapa sawit (*Elaeis Guineensis* Jacq.)’, *Jurnal Rekayasa Lingkungan*, 6(2), pp. 199–205.

Purnawati, R. Sunarti, T. C., Syamsu, K., dan Rahayuningsih, M. 2015 ‘Produksi bioinsektisida oleh *Bacillus thuringiensis* menggunakan kultivasi media padat’, *Teknologi Industri Pertanian*, 25(3), pp. 205–214.

Rini Andriani, Syahruddin, Muhammad Sayuti, dan S. I. G. 2022 Kandungan protein kasar, serat kasar dan energi formulasi ransum burung puyuh petelur yang ditambah tepung daun kelor (*Moringa oleifera* Lam.)’, *Gorontalo Journal of Equatorial Animals*, 1(2), pp. 93–98.

Rusmiyati, Suminto dan Pinandoyo. 2017 ‘Pengaruh penggunaan tepung bungkil kelapa sawit dalam pakan buatan terhadap efisiensi pemanfaatan pakan dan pertumbuhan ikan nila (*Oreochromis niloticus*)’, *Journal of Aquaculture Management and Technology*, 6(4), pp. 182–191.

Safirah, R., Widodo, N. dan Budiyanto, M. A. K. 2016 ‘Uji efektivitas insektisida nabati buah *Crecentia cujate* dan bunga *Syzygium aromaticum* terhadap mortalitas *Spodoptera litura*’, *Jurnal Pendidikan Biologi Indonesia*, 3(2), pp. 265–276.

Sahetapy, B., Masauna, E. D. dan Luhukay, R. (2018) ‘Uji efektivitas perangkap feromon terhadap hama *Oryctes rhinoceros* L. dan intensitas kerusakan pada tanaman kelapa di Desa Latuhalat, Kecamatan Nusaniwe, Pulau Ambon’, *Agrikultura*, 29(1), p. 19.

Sasmataloka, K. S., 2014. Produksi Bioinsektisida oleh *Bacillus thuringiensis* Menggunakan Hasil Samping Agroindustri pada Kultivasi Media Padat [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.

Sansisenenea, E. 2012. *Bacillus thuringiensis Biotechnology*. Spinger Dorcrecht Heidelberg, New York.

Senewe, R. E., Wagiman, F. X. dan Wiryadiputra, S. 2013 ‘Tingkat keefektifan formulasi bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* terhadap hama penggerek buah kakao pada kondisi di lapangan. *Pelita Perkebunan*, 29(2), pp. 108–119.

Shiddiqi, M. H., Hermanto, S. dan Jusuf, E. 2013 ‘Eksplorasi protein toksin *Bacillus thuringiensis* dari Tanah di Kabupaten Tangerang’, *Jurnal Kimia Valensi*, 3(1).

Shishir, A. Akter, A., Hassan, H. Md., Kibria, G., Illias, M., Khan, N. S., Hoq, Mozammel. Md. 2012 ‘Characterization of locally isolated *Bacillus thuringiensis* for the Development of Eco-friendly Biopesticides in Bangladesh’, *Journal of Biopesticides*, 5(SUPPL.), pp. 216–222.

- 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), pp. 93–99.
- Sihombing, R., Oemry, S. dan Lubis, L. 2014 ‘Uji efektifitas beberapa entomopatogen pada larva *Oryctes Rhinoceros* L. (Coleoptera: Scarabaeidae) Di Laboratorium’, *Jurnal Agroekoteknologi Universitas Sumatera Utara*, 2(4), p. 100698.
- Susanto, A. Prasetyo, A. E., Sudharto, Priwiratama, H. dan Roziansha, T. A. P. 2012. *Pengendalian terpadu orytes rhinoceros di perkebunan kelapa sawit, Pusat Penelitian Kelapa Sawit.*
- Suswanto, I., Sarbino dan Maherawati 2020 ‘Pengendalian hama kumbang badak pada kebun kelapa masyarakat’, *JMM (Jurnal Masyarakat Mandiri)*, 4(5), pp. 752–763.
- Suwarno, S., Maridi, M. dan Sari, D. P. 2015 ‘Uji toksisitas isolat kristal protein *Bacillus thuringensis* (Bt) sebagai agen pengendali hama terpadu wereng hijau (*Nepotettix virescens*) vektor penyakit tungro sebagai upaya peningkatan ketahanan pangan nasional’, *Bioedukasi: Jurnal Pendidikan Biologi*, 8(1), p. 16.
- Thao, N. K. N., Linh, D. T., Mai, D. T. N., Hai, P. T., Minh, N. H. 2021 ‘Solid Fermentation of *Bacillus thuringiensis*: Method Development’, *VNU Journal of Science: Natural Sciences and Technology*, 37(4), pp. 75–81.
- Valicente, F. H. dan da Silva, R. B. 2017. *Characterization of bacillus thuringiensis using plasmid patterns, AFLP and Rep-PCR, Bacillus thuringiensis and Lysinibacillus Sphaericus: Characterization and use in the Field of Biocontrol.*
- Widiastuti, H. Panji, T., Yusup, C. A., Rusmana, I.m dan Wahyono, T. E. 2019 ‘Formulasi bioinsektisida *Bacillus thuringiensis* isolat indigenos untuk pengendalian *Hyposidra talaca* pada tanaman teh’, *E-Journal Menara Perkebunan*, 87(1), pp. 60–67.
- Witjaksono., Arman, W., Tri, H., Irma, H., dan Wahyu, S. 2017 ‘Tekanan *Metarhizium anisopliae* dan feromon terhadap populasi dan tingkat kerusakan oleh *Oryctes rhinoceros*’, *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 19(2), pp. 73–79.
- Wong, A. J. Hamid, H., Ikhsan, Z., dan Oktavia, A. 2022 ‘Population and attack level of rhinoceros beetle (*Oryctes rhinoceros* 1.) on palm oil plantation in pt . cakra alam sejati, riau province’, 3(1), pp. 1–11.

- Wulandari, H. R. dan Pujiyanto, S. 2020 ‘Pengaruh penambahan sumber karbon terhadap produksi antibakteri isolat endofit A 1 tanaman ciplukan (*Physalis angulata* L .) terhadap *Escherichia coli* dan *Staphylococcus aureus*’, *NICHE Journal of Tropical Biology*, 3(September), pp. 80–88.
- Yohanista, M., Sofjan, O. dan Widodo, E. 2014 ‘Evaluasi nutrisi campuran onggok dan ampas tahu terfermentasi *Aspergillus niger*, *Rizhopus oligosporus* dan kombinasi sebagai bahan pakan pengganti tepung pakan pengganti tepung jagung’, *Jurnal Ilmu-Ilmu Peternakan*, 24(2), pp. 72–83.
- Yustina, Y. F. dan Rika, S. 2012 ‘Struktur Populasi Kumbang Tanduk (*Oryctes rhinoceros*) di Area Perkebunan Kelapa Sawit Masyarakat Desa Kenantan Kabupaten Kampar-Riau’, *Jurnal Biogenesis*, 8(2), pp. 54–63.
- Zhang, W. Qiu, L., Gong, A., Cao, Y., dan Wang, B. 2013 ‘Solid-state Fermentation of Kitchen Waste for Production of *Bacillus thuringiensis*-based Biopesticide’, *BioResources*, 8(1), pp. 1124–1135.
- Zhuang, L., Zhou, S., Wang, Y., Liu, Z., dan Xu, R. 2011 ‘Cost-effective production of *Bacillus thuringiensis* biopesticides by solid-state fermentation using wastewater sludge: Effects of heavy metals’, *Bioresource Technology*, 102(7), pp. 4820–4826.