

SKRIPSI

**FORMULASI BIOINSEKTISIDA PADAT DAN UJI
EFIKASI PADA UMUR SIMPAN SATU BULAN
TERHADAP LARVA FALL ARMYWORM**

***A MONTH-SHELF-LIFE FORMULATION OF SOLID
BIOINSECTICIDES AND THEIR EFFICACY AGAINST
FALL ARMYWORM LARVAE***



**Nisa Ul Mardiyah
05081182126005**

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

202

SUMMARY

NISA UL MARDIYAH, A Month-Shelf-Life Formulation of Solid Bioinsecticides and their Efficacy against Fall armyworm Larvae (Supervised by **SITI HERLINDA**).

Fall armyworm or *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) was invasive pest of maize originated from the United States. *S. frugiperda* was polyphagous with maize as its main host. Damage caused to maize (*Zea mays* L.) can reach 100%. Control with synthetic insecticides not appropriate cause *S. frugiperda* resistance. Control used biological agents in the form of entomopathogenic fungi was alternative that can be done. Therefore, the aimed of this research was to determine the effect of solid bioinsecticides with a shelf-life of one month on the growth of Fall armyworm larvae.

This research was designed accorded to a Completely Randomized Design (CRD) repeated three times with one kontrol and nine fungi treatments. The fungi used were *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) and *Penicillium citrinum* (Thom). The applications were made topical on 1st instar larvae and used a concentration of 1×10^{10} conidia/mL. The application was done topically on 1st instar larvae. The observed variables were the effect of solid bioinsecticides on mortality, growth, and developmental time of *S. frugiperda* larvae .

The results showed that *S. frugiperda* larvae that had been treated with a solid bioinsecticide suspension with a shelf-life of one month affected growth, mortality, and larvae developmental time. The highest mortality percentage was founded in the *B. bassiana* JgSPK C treatment which reached 76.67%. The symptoms caused was slow movement, the body shrinks, stiff, dry, odorless, and the body was covered with mycelium. The lowest percentage of pupae emergence was in *M. anisopliae* CaTpPga B bioinsecticide and the lowest percentage of adult emergence was in *P. citrinum* JaTpOi(2) B bioinsecticide. In addition, female adult that had been infected with entomopathogenic fungi produce fewer eggs compared to control female adult.

So that, the solid bioinsecticide formulation with a month-shelf-life was effective in to kill *S. frugiperda* larvae with the highest mortality percentage was in *B. bassiana* JgSPK C bioinsecticide.

Keywords: *Beauveria bassiana*, Entomopatogenic fungi, *Metarhizium anisopliae*, *Penicillium citrinum*, *Spodoptera frugiperda*

RINGKASAN

NISA UL MARDIYAH, Formulasi Bioinsektisida Padat dan Uji Efikasi pada Umur Simpan Satu Bulan terhadap Larva Fall armyworm (Dibimbing oleh **SITI HERLINDA**).

Fall Armyworm atau *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Noctuidae: Lepidoptera) adalah hama invasif tanaman jagung yang berasal dari Amerika serikat. *S. frugiperda* bersifat polifag dengan inang utama jagung. Kerusakan yang disebabkan pada jagung dapat mencapai 100%. Pengendalian dengan insektisida sintetik dapat menyebabkan *S. frugiperda* resisten. Pengendalian menggunakan agens hayati berupa jamur entomopatogen merupakan alternatif yang dapat dilakukan. Oleh karena itu, penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh bioinsektisida padat umur simpan satu bulan terhadap pertumbuhan larva Fall armyworm.

Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) yang diulang sebanyak tiga kali dengan satu kontrol dan sembilan perlakuan jamur. Spesies jamur yang digunakan yaitu *Beauveria bassiana* (Balls.) Vuill., *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff), dan *Penicillium citrinum* (Thom) dengan konsentrasi 1×10^{10} konidia/mL. Aplikasi dilakukan secara topikal pada larva instar satu. Peubah yang diamati yaitu pengaruh bioinsektisida padat umur simpan satu bulan terhadap mortalitas, pertumbuhan, dan perkembangan larva *S. frugiperda*.

Hasil pada penelitian ini menunjukkan bahwa larva *S. frugiperda* yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan mempengaruhi pertumbuhan, mortalitas, dan waktu perkembangan larva. Persentase kematian tertinggi yaitu pada bioinsektisida *B. bassiana* JgSPK C mencapai 76.67%. Gejala yang ditimbulkan pada larva, yaitu gerakannya lambat, tubuhnya mengecil, kaku, kering, tidak berbau, dan tubuh diselimuti miselium. Persentase kemunculan pupa terendah pada bioinsektisida *M. anisopliae* CaTpPga B dan persentase kemunculan imago terendah pada bioinsektisida *P. citrinum* JaTpOi(2) B. Imago betina yang terinfeksi jamur entomopatogen meletakkan telur lebih sedikit dibandingkan dengan imago betina kontrol.

Kesimpulan dari penelitian ini yaitu bioinsektisida padat dengan umur simpan satu bulan yang paling mematikan terhadap *S. frugiperda* adalah bioinsektisida *B. bassiana* JgSPK C.

Kata Kunci: *Beauveria bassiana*, Jamur entomopatogen, *Metarhizium anisopliae*, *Penicillium citrinum*, *Spodoptera frugiperda*

SKRIPSI

**FORMULASI BIOINSEKTISIDA PADAT DAN UJI EFIKASI
PADA UMUR SIMPAN SATU BULAN TERHADAP LARVA
FALL ARMYWORM**

***A MONTH-SHELF-LIFE FORMULATION OF SOLID
BIOINSECTICIDES AND THEIR EFFICACY AGAINST FALL
ARMYWORM LARVAE***

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



**Nisa Ul Mardiyah
05081182126005**

**PROGRAM STUDI PROTEKSI TANAMAN
JURUSAN HAMA DAN PENYAKIT TUMBUHAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS SRIWIJAYA
2024**

LEMBAR PENGESAHAN

**FORMULASI BIOINSEKTISIDA PADAT DAN UJI EFIKASI
PADA UMUR SIMPAN SATU BULAN TERHADAP LARVA
FALL ARMYWORM**

SKRIPSI

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

Oleh

Nisa Ul Mardiyah
05081182126005

Indralaya, 03 Desember 2024

Pembimbing



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

Mengetahui,
Wakil Dekan Bidang Akademik
Universitas Sriwijaya



Prof. Ir. Fidi Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D.
NIP 196606301992032002

Skripsi dengan judul “Formulasi Bioinsektisida Padat dan Uji Efikasi pada Umur Simpan Satu Bulan terhadap Larva Fall armyworm” oleh Nisa Ul Mardiyah telah dipertahankan dihadapan Komisi Penguji Skripsi Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya pada tanggal 03 Desember 2024 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

Komisi Penguji

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

Ketua Panitia (.....)

2. Titi Tricahyati, S.P., M.Si.
NIP 199802072024062001

Sekretaris Panitia (.....)

3. Prof. Dr. Ir. Suwandi, M.Agr.
NIP 196801111993021001

Ketua Penguji (.....)

4. Erise Angraini, S.P., M.Si., Ph.D.
NIP 198902232012122001

Anggota Penguji (.....)

Indralaya, Desember 2024

Ketua Jurusan
Nama dan Penyakit Tumbuhan

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertanda tangan di bawah ini:

Nama : Nisa Ul Mardiyah

NIM : 05081182126005

Judul : Formulasi Bioinsektisida Padat dan Uji Efikasi pada Umur Simpan
Satu Bulan terhadap Larva Fall armyworm

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri dibawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan jelas sumbernya. Apabila di kemudian 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, 03 Desember 2024

Yang membuat pernyataan



Nisa Ul Mardiyah

RIWAYAT HIDUP

Penulis lahir di Ujungading, Kecamatan Lembah Melintang, Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat pada tanggal 28 Juli 2002. Penulis merupakan anak kedua dari empat bersaudara dari orang tua bernama Dedi Andespa dan Lisnawati, dengan nama kakak Tia Muliani Lubis, adik pertama Rizkia Handayani, dan adik bungsu Rajwa Nazifa.

Penulis memulai pendidikan sekolah dasar di SDN 02 Lembah Melintang dan lulus pada tahun 2015, Sekolah Menengah Pertama di SMPN 1 lembah Melintang lulus pada tahun 2018, dan Sekolah Menengah Atas di SMAN 1 Lembah Melintang lulus pada tahun 2021. Penulis diterima di perguruan tinggi pada tahun 2021 dengan jalur masuk SNMPTN (Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri) sebagai mahasiswa Program Studi Proteksi Tanaman, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Sriwijaya.

Selain sebagai mahasiswa, dalam keorganisasian penulis menjadi anggota Himpunan mahasiswa proteksi tanaman tahun 2021/2022 dan menjadi ketua publikasi di Departemen Media dan Informasi (MEDINFO) pada tahun 2022/2023. Selain tergabung menjadi anggota organisasi, penulis juga aktif menjadi asisten praktikum mata kuliah Mikologi dan Dasar-Dasar Perlindungan Tanaman pada tahun 2022-2024.

KATA PENGANTAR

Segala puji dan syukur penulis ucapkan atas kehadiran Allah SWT berkat rahmat dan taufik-Nya akhirnya penulis dapat menyelesaikan penyusunan proposal penelitian berjudul “Formulasi Bioinsektisida Padat dan Uji Efikasi pada Umur Simpan Satu Bulan terhadap Larva Fall armyworm”. Sholawat beserta salam semoga tetap tercurah kepada Nabi Muhammad SAW.

Penelitian ini didanai oleh anggaran DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya, Tahun Anggaran 2024, No. SP DIPA-023.17.2.677515/2024, tanggal 24 Juni 2024 yang diketuai oleh Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M. Si. Oleh karena itu, tidak diperkenankan menyebarkan dan/atau mempublikasikan data yang ada skripsi ini tanpa izin tertulis dari Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M. Si. Penulis mengucapkan terima kasih kepada Umak, Ayah, kak Tia, Yani dan Zifa yang senantiasa mendukung dan memberikan semangat kepada penulis dalam menggapai impian. Terimakasih kepada pembimbing skripsi Ibu Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M. Si yang senantiasa memotivasi dan membimbing penulis dalam menyelesaikan karya tulis ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada rekan-rekan seperjuangan Lab Entomologi, yaitu Tim padat Mona dan Meirin, Barokah, Zucey, Yuli, Ikhfa, Siti, Anggita, Liza, Bayu, Tisna, dan Yaskur.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan karya tulis ini masih jauh dari sempurna. Untuk itu, penulis sangat mengharapkan kritik dan saran dari semua pihak dalam rangka penyempurnaan karya tulis ini. Akhir kata semoga karya tulis ini dapat bermanfaat bagi penulis khususnya dan bagi pembaca semuanya.

Indralaya, 03 Desember 2024

Penulis

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR	ix
DAFTAR ISI	x
DAFTAR TABEL	xiii
DAFTAR GAMBAR.....	xiv
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1. Latar Belakang	1
1.2. Rumusan Masalah	2
1.3. Tujuan Penelitian.....	2
1.4. Hipotesis Penelitian	2
1.5. Manfaat Penelitian.....	2
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	3
2.1. Taksonomi dan Morfologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	3
2.1.1. Taksonomi <i>Spodoptera frugiperda</i>	3
2.1.2. Morfologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	3
2.1.2.1. Telur.....	3
2.1.2.2. Larva	4
2.1.2.3. Pupa	5
2.1.2.4. Imago	5
2.2. Biologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
2.3. Perilaku <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.4. Tumbuhan Inang dan Gejala Serangan <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.4.1. Tumbuhan Inang.....	7
2.4.2. Gejala Serangan <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
2.5. Taksonomi dan Budidaya Jagung.....	8
2.5.1. Taksonomi Jagung	8
2.5.2. Teknik Budidaya Tanaman Jagung	9

2.6.	Spesies-Spesies Jamur Entomopatogen.....	10
2.6.1.	<i>Metarhizium anisopliae</i> (Metschn.)	10
2.6.2.	<i>Beauveria bassiana</i> (Bals.) Vuill	11
2.6.3.	<i>Penicillium citrinum</i> (Thom).....	12
2.7.	Siklus Hidup Jamur Entomopatogen.....	13
2.8.	Mekanisme Jamur Entomopatogen Membunuh Serangga Inangnya	13
2.9.	Formulasi Bioinsektisida Padat	14
BAB 3. PELAKSANAAN PENELITIAN		16
3.1.	Tempat dan Waktu	16
3.2.	Metode Penelitian.....	16
3.3.	Cara Kerja.....	16
3.3.1.	Persiapan Serangga Uji	16
3.3.2.	Sterilisasi Alat dan Bahan	17
3.3.3.	Asal Isolat Jamur	17
3.3.4.	Pembugaran Jamur Entomopatogen pada Media GYA	18
3.3.5.	Pembuatan Bioinsektisida Padat	18
3.3.6.	Perhitungan Kerapatan dan Viabilitas Konidia	20
3.3.6.	Aplikasi Bioinsektisida Pada Serangga Uji.....	22
3.4.	Peubah yang diamati	23
3.4.1.	Mortalitas Larva (%) dan Perhitungan Nilai Lethal Time (LT ₅₀)	23
3.4.2.	Berat Larva (mg/ekor/hari).....	23
3.4.3.	Berat kotoran Larva (mg/ekor/hari).....	23
3.4.4.	Persentase pupa muncul (%)	23
3.4.5.	Panjang Pupa (mm)	24
3.4.6.	Persentase Imago Muncul (%)	24
3.4.7.	Nisbah Kelamin	24
3.4.8.	Jumlah Telur yang Diletakkan Betina (butir/betina)	24
3.4.9.	Pengamatan Morfologi	24
3.5.	Analisis Data	25
BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN		26
4.1.	Hasil.....	26

4.1.1. Isolat Jamur Entomopatogen	26
4.1.2. Kerapatan Konidia dan Viabilitas Konidia.....	27
4.1.3. Berat Badan Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	28
4.1.4. Berat Kotoran Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.5. Mortalitas dan Nilai Lethal Time (LT50) <i>Spodoptera frugiperda</i>	33
4.1.6. Panjang Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	35
4.1.7. Persentase Kemunculan Pupa dan Imago, Nisbah Kelamin, dan Jumlah Telur yang Diletakkan Imago Betina	37
4.1.8. Waktu Perkembangan <i>Spodoptera frugiperda</i>	38
4.2. Pembahasan	40
BAB 5. PENUTUP	43
5.1. Kesimpulan.....	43
5.2. Saran	43
DAFTAR PUSTAKA.....	44
LAMPIRAN	53

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1. Asal isolat jamur entomopatogen.....	18
Tabel 3.2. Formulasi bioinsektisida padat.....	19
Tabel 4.1. Kerapatan konida dan viabilitas konidia bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	28
Tabel 4.2. Berat badan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	29
Tabel 4.2. Lanjutan	30
Tabel 4.2. Lanjutan	30
Tabel 4.3. Berat kotoran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	31
Tabel 4.3. Lanjutan	32
Tabel 4.3. Lanjutan	33
Tabel 4.4. Mortalitas dan lethal time (LT ₅₀) larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	34
Tabel 4.5. Panjang pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	36
Tabel 4.6. Persentase kemunculan pupa dan dewasa, rasio jenis kelamin, telur yang dikeluarkan betina dari larva telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	37
Tabel 4.7. Waktu perkembangan <i>Spodoptera frugiperda</i> yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat umur simpan satu bulan.....	39
Tabel 4.7. Lanjutan	40

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1. Morfologi telur <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
Gambar 2.2. Morfologi larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
Gambar 2.3. Mofologi pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	5
Gambar 2.4. Morfologi Imago <i>Spodoptera frugiperda</i>	6
Gambar 2.5. Gejala serangan <i>Spodoptera frugiperda</i> pada tanaman jagung...	8
Gambar 2.6. Morfologi tanaman jagung	9
Gambar 2.7. Morfologi <i>Metarhizium anisopliae</i>	11
Gambar 2.8. Morfologi <i>Beauveria bassiana</i>	12
Gambar 2.9. Morfologi jamur <i>Penicillium citrinum</i>	13
Gambar 2.10. Mekanisme jamur entomopatogen menginfeksi serangga	14
Gambar 3.1. Bagan alir aplikasi bioinsektisida padat.....	20
Gambar 3.2. Bagan alir aplikasi bioinsektisida padat.....	22
Gambar 4.1. Koloni isolat jamur entomopatogen pada media GYA	26
Gambar 4.2. Mikroskopis jamur entomopatogen.....	27
Gambar 4.3. Mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	34
Gambar 4.4. Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	35
Gambar 4.5. Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	36
Gambar 4.6. Imago <i>Spodoptera frugiperda</i>	38

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1. Kerapatan konidia 1×10^{10} konidia/mL dan viabilitas konidia..	53
Lampiran 2. Berat badan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> (mg/ekor/hari) dari larva yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat.....	54
Lampiran 3. Berat badan kotoran <i>Spodoptera frugiperda</i> (mg/ekor/hari) dari larva yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat.....	58
Lampiran 4. Panjang pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> (mm) dari larva yang telah ditetesi suspensi bioinsektisida padat.....	62
Lampiran 5. Pengaruh bioinsektisida padat terhadap persentase kematian larva <i>Spodoptera frugiperda</i> dan nilai LT_{50} (%), persentase kemunculan pupa (%), persentase kemunculan imago (%), dan jumlah telur yang dikeluarkan	63
Lampiran 6. Pengaruh bioinsektisida padat terhadap waktu perkembangan larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	65
Lampiran 7. Suhu dan kelembaban relatif selama percobaan di laboratorium entomologi	67

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Fall armyworm (FAW) atau *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) menjadi hama invasif baru di negara Asia (Lamsal *et al.*, 2020), Afrika (Niassy *et al.*, 2021), dan termasuk Indonesia. Pertama kali masuk di Indonesia pada 26 Maret 2019 di Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat (Sartiami *et al.*, 2020). Pada tahun yang sama ditemukan serangan *S. frugiperda* di provinsi yang berbeda tepatnya Provinsi Lampung Utara (Trisyono *et al.*, 2019), Bengkulu (Ginting *et al.*, 2021) Bali (Supartha *et al.*, 2021), Sumatera Selatan (Herlinda *et al.*, 2022), dan Pulau Jawa (Nelly *et al.*, 2021). Strain *S. frugiperda* di Indonesia ditemukan pada jagung dan padi (Herlinda *et al.*, 2022a). *S. frugiperda* termasuk hama penting karena menyerang tanaman pangan yang komersial (Wang *et al.*, 2023). Serangga hama ini bersifat polifag dengan inang utama jagung (Afandhi *et al.*, 2022). *S. frugiperda* dilaporkan dapat merusak 186 spesies tanaman (Kenis *et al.*, 2023). Persentase kerusakan jagung akibat serangan *S. frugiperda* di Sumatera Selatan mencapai 100% (Herlinda *et al.*, 2022b), Nusa tenggara 85-100% (Mukkun *et al.*, 2021), Bali 27-84% (Supartha *et al.*, 2021) dan kerusakan di Lampung mencapai 70% (Lestari *et al.*, 2020). Menurut (Putri *et al.*, 2024), apabila *S. frugiperda* menyerang dari fase vegetatif maka kerusakan dapat mencapai 100%. Produksi jagung di Kenya mengalami kerugian 1 juta ton per tahun akibat serangan *S. frugiperda* (Groote *et al.*, 2020).

Gejala serangan *S. frugiperda* dapat ditemukan pada bagian batang, bunga, buah, dan daun (Herlinda *et al.*, 2021). Kerusakan yang ditimbulkan oleh *S. frugiperda* dipengaruhi oleh faktor lingkungan di sekitar lahan, faktor tersebut meliputi varietas benih, wilayah geografis, dan waktu tanam (Mantzoukas and Eliopoulos, 2020). Pada fase generatif *S. frugiperda* dapat menyerang bunga dan buah jagung sehingga dapat mempengaruhi kualitas dan kuantitas hasil (Sartiami *et al.*, 2020). Serangan *S. frugiperda* dimulai dari minggu pertanaman setelah jagung ditanam sehingga sulit untuk dikendalikan (Supartha *et al.*, 2021). Hama

ini dapat menyebabkan kerusakan dengan cepat karena memiliki kapasitas reproduksi yang tinggi, mobilitas tinggi, dan sifat biologisnya yang unik (Fan *et al.*, 2020). *S. frugiperda* menyebabkan penurunan produksi jagung secara signifikan. Oleh karena itu, hama ini penting untuk dikendalikan.

Penggunaan insektisida sintetik secara terus menerus dapat menyebabkan resistensi seperti penggunaan piretroid, spinosad, dan organofosfat (Berg and Plessis, 2022). Pestisida sintetik tidak mampu menekan populasi telur dan larva *S. frugiperda* di lapangan (Herlinda *et al.*, 2021). Penggunaan agensia hayati berupa jamur entomopatogen merupakan salah satu alternatif yang bisa dilakukan (Herlinda *et al.*, 2021). Selain ramah lingkungan (Herlinda *et al.*, 2023), menurut pendapat (Tendeng *et al.*, 2019) jamur entomopatogen tidak menyebabkan resistensi pada *S. frugiperda* sehingga baik digunakan untuk jangka panjang. Aplikasi jamur entomopatogen memberikan pengaruh terhadap *S. frugiperda* selama siklus hidupnya (Lestari *et al.*, 2022).

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah dalam penelitian ini yaitu bagaimana pengaruh bioinsektisida padat pada umur simpan satu bulan terhadap pertumbuhan larva Fall armyworm?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan dalam penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh bioinsektisida padat umur simpan satu bulan terhadap pertumbuhan larva Fall armyworm.

1.4. Hipotesis Penelitian

Adapun hipotesis yang ditarik dari rumusan masalah tersebut diduga bioinsektisida padat dengan umur simpan satu bulan yang paling mematikan adalah spesies *B. bassiana*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat menambah ilmu pengetahuan pembaca mengenai pengendalian hayati menggunakan bioinsektisida untuk menekan populasi hama *S. frugiperda*.

DAFTAR PUSTAKA

- Adeyemi, O., Keshavarz-Afshar, R., Jahanzad, E., Battaglia, M. L., Luo, Y., Sadeghpour, A. 2020. Effect of wheat cover crop and split nitrogen application on corn yield and nitrogen use efficiency. *Agronomy*, 10(8), 2–11. <https://doi.org/10.3390/agronomy10081081>.
- Afandhi, A., Fernando, I., Widjayanti, T., Maulidi, A. K., Radifan, H. I., Setiawan, Y. 2022. Impact of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), invasion on maize and the native *Spodoptera litura* (Fabricius) in East Java, Indonesia, and evaluation of the virulence of some indigenous entomopathogenic fungus. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 32(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00541-7>.
- Afifah, L., Aena, A. C., Saputro, N. W., Kurniati, A., Maryana, R., Lestari, A., Abadi, S., Enri, U. 2022. Maize media enhance the conidia production of entomopathogenic fungi *Lecanicillium lecanii* also its effective to kontrol the weevil *Cylas formicarius* (Fabricius) (Coleoptera: Brentidae). *Agrivita*, 44(3), 513–525. <https://doi.org/10.17503/agrivita.v44i3.3605>.
- Aisah, A. R., Fitrahtunnisa, Hipi, A. 2021. Morphological characteristics and resistance to the pest of local corn variety of “Jago Leke” genetic resources in West Nusa Tenggara. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 911(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012008>.
- Altaf, N., Ullah, M. I., Afzal, M., Arshad, M., Ali, S., Rizwan, M., Shuraym, L. A., Alhelaify, S. S., Sayed, S. 2023. Endophytic colonization by *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants affects the fitness of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Microorganisms*, 11(4), 1–14. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11041067>.
- Susa, Julie Ann, Mon Arjay F., Jennalyn N. Mindoro, Cherry D. Casuat, A. S. A. 2020. Automatic room humidifier and dehumidifier kontroller using arduino uno. *International Journal of Advanced Trends in Computer Science and Engineering*, 9(2), 2208–2212.
- Berlian, Z., Fatiqin, A., Agustina, E. 2016. The use of lime juice in inhibiting *Eschericia coli* bacteria in food.. *Jurnal Bioilmi*, 2(1), 51–58.
- Berg. V. D., Plessis. D, H. 2022. Chemical control and insecticide resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Economic Entomology*, 115(6), 1761–1771.
- Bhavani, B., Sekhar, C. V, Varma, K. P., Lakshmi, B. M. 2019. Morphological and molecular identification of an invasive insect pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* occurring on sugarcane in Andhra Pradesh, India. ~ 12 ~ *Journal of Entomology and Zoology Studies*, 7(4), 12–18.

- Canico, A., Mexia, A., Santos, L. 2020. Seasonal dynamics of the alien invasive insect pest. *Journal Insects*, 11(512), 1–12.
- Chen, W. H., Han, Y. F., Liang, J. D., Liang, Z. Q. 2019. Morphological and phylogenetic characterization of novel *Metarhizium* species in Guizhou, China. *Phytotaxa*, 419(2), 189–196.
- Groote, H., Kimenju, S. C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., Bruce, A. 2020. Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 292(July 2019), 106804.
- Dhaliwal, D. S., Williams, M. M. 2022. Evidence of sweet corn yield losses from rising temperatures. *Scientific Reports*, 12(1), 1–6.
- Dong, H., Zhu, K. hui, Zhao, Q., Bai, X. ping, Zhou, J. cheng, Zhang, L. sheng. 2021. Morphological defense of the egg mass of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) affects parasitic capacity and alters behaviors of egg parasitoid wasps. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, 24(3), 671–678. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.05.015>.
- Plessis, H., Schlemmer, M. L., Berg, V. 2020. The effect of temperature on the development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 11(4). <https://doi.org/10.3390/insects11040228>.
- Ermiyanti, I., Hasri, O. Bin. 2023. Bioassay test of *Beauveria bassiana* alginate pellet formulation on mortality of *Spodoptera frugiperda* in the Laboratory. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1230(1), 1–10. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1230/1/012107>.
- Faddilah, D. R., Verawaty, M., Herlinda, S. 2022. Growth of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) fed on young maize colonized with endophytic fungus *Beauveria bassiana* from South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(12), 6652–6660.
- Fan, J., Wu, P., Tian, T., Ren, Q., Haseeb, M., Zhang, R. 2020. Potential distribution and niche differentiation of *Spodoptera frugiperda* in Africa. *Insects*, 11(6), 1–10. <https://doi.org/10.3390/insects11060383>.
- Gao, Y. P., Luo, M., Wang, X. Y., He, X. Z., Lu, W., Zheng, X. L. 2022. Pathogenicity of *Beauveria bassiana* PfBb and Immune responses of a non-target host, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects*, 13(10). <https://doi.org/10.3390/insects13100914>.
- GE, S. shuai, He, W., He, L. Mei, Yan, R., Zhang, H. Wen, WU, K. Ming. 2021. Flight activity promotes reproductive processes in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 727–735. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63204-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63204-X).

- Ginting, S., Zarkani, A., Wibowo, R. H., Sipriyadi. 2021. Corrigendum to: new invasive pest, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) attacking corn in Bengkulu, Indonesia (Serangga 2020, 25(1):105-117). *Serangga*, 26(1), 110–112.
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwandi, S. 2021. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenecity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 22(2), 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/Biodiv/D220262>.
- Hagos, L. 2020. Entomopathogenic fungi as a biological pest management option: a review. *International Journal of Research Studies in Agricultural Sciences*, 6(6). <https://doi.org/10.20431/2454-6224.0606001>.
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwandi, S., Suharjo, R., Sari, J. M. P., Lestari, R. P. 2021. Endophytic fungi confirmed as entomopathogens of the new invasive pest, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), infesting maize in South Sumatra, Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 31(1).
- Herlinda, S., Octariati, N., Suwandi, S., Hasbi. 2020. Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 21(7), 2955–2965. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210711>.
- Herlinda, S., Simbolon, I. M. P., Hasbi, Suwandi, S., Suparman. 2022. Host plant species of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in South Sumatra. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 995(1).
- Herlinda, S., Sinaga, M. E., Ihsan, F., Fawwazi, F., Suwandi, S., Hasbi, Irsan, C., Suparman, Muslim, A., Hamidson, H., Arsi, Umayah, A., Irmawati. 2021. Outbreaks of a new invasive pest, the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in South Sumatra, Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 912(1), 1–9. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012019>.
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., Suwandi, S. 2022a. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(6), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>.
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., Suwandi, S. 2022b. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(6), 412–419.

- Herlinda, S., Suwandi, S., Irsan, C., Adrian, R., Fawwazi, F., Akbar, F. 2023. Species diversity and abundance of parasitoids of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 24(11), 6184–6190.
- Hutasoit, R. T., Kalqutny, S. H., & Widiarta, I. N. 2020. Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize of South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(8), 3576–3582. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210821>.
- Idrees, A., Qadir, Z. A., Akutse, K. S., Afzal, A., Hussain, M., Islam, W., Waqas, M. S., Bamisile, B. S., Li, J. 2021. Effectiveness of entomopathogenic fungi on immature stages and feeding performance of fall armyworm. *Insects*, 12(1044), 1–16. <https://www.mdpi.com/2075-4450/12/11/1044>.
- Islam, W., Adnan, M., Shabbir, A., Naveed, H., Abubakar, Y. S., Qasim, M., Tayyab, M., Noman, A., Nisar, M. S., Khan, K. A., Ali, H. 2021. Insect-fungal-interactions: a detailed review on entomopathogenic fungi pathogenicity to combat insect pests. *Microbial Pathogenesis*, 159(August),
- Kalqutny, S. H., Nonci, N., Muis, A. 2021. The incidence of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (FAW) (Lepidoptera: Pyralidae), a newly invasive corn pest in Indonesia. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 911(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012056>.
- Kalyan, D., Mahla, M. K., Babu, S. R., Kalyan, R. K., Swathi, P. 2020. Biological parameters of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) under Laboratory conditions. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 9(5), 2972–2979.
- Kenis, M., Benelli, G., Biondi, A., Calatayud, P. A., Dali, R., Desneux, N., Harrison, R. D., Kriticos, D., Rwomushana, K. 2023. Invasiveness, biology, ecology, and management of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Entomologia Generalis*, 43(2), 187–241.
- Kumar, N. T. D., Mohan, K. M. 2023. Bionomics of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J E Smith) on maize. *Indian Journal of Entomology*, 85(4), 991–993. <https://doi.org/10.55446/IJE.2022.532>.
- Lamsal, S., Sibi, S., Yadav, S. 2020. Fall armyworm in South Asia: threats and management. *Asian Journal of Advances in Agricultural Research*, 13(3), 21–34. <https://doi.org/10.9734/ajaar/2020/v13i330106>.
- Lestari, P., Budiarti, A., Fitriana, Y., Susilo, F., Swibawa, I. G., Sudarsono, H., Suharjo, R., Hariri, A. M., Purnomo, Nuryasin, Solikhin, Wibowo, L.,

- Jumari, Hartaman, M. 2020. Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(4), 1670–1677. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210448>.
- Lestari, Y. A., Verawaty, M., Herlinda, S. 2022. Development of *Spodoptera frugiperda* fed on young maize plant's fresh leaves inoculated with endophytic fungi from South Sumatra, Indonesia. *Biodiversitas*, 23(10), 5056–5063. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231012>
- Liu, Z., Su, H., Lyu, B., Yan, S., Lu, H., Tang, J. 2022. Safety evaluation of chemical insecticides. *Insects*, 13(5).
- Ma'wa, M., Afifah, L., Surjana, T., Darmadi, D. 2023. Mortalitas *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith akibat racun kontak dari ekstrak daun mimba (*Azadirachta indica*) dan *Beauveria bassiana*. *Agrica*, 16(2), 140–150. <https://doi.org/10.37478/agr.v16i2.2943>.
- Ma, M., Luo, J., Li, C., Eleftherianos, I., Zhang, W., Xu, L. 2023. A life-and-death struggle: interaction of insects with entomopathogenic fungi across various infection stages. *Frontiers in Immunology*, 14(January), 1–13. <https://doi.org/10.3389/fimmu.2023.1329843>.
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., Rizkie, L., Hidayat, Y., Dono, D. 2019. Cases of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) attack on maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *Cropsaver - Journal of Plant Protection*, 2(1), 38. <https://doi.org/10.24198/cropsaver.v2i1.23013>.
- Mahato, D. K., Lee, K. E., Kamle, M., Devi, S., Dewangan, K. N., Kumar, P., Kang, S. G. 2019. Aflatoxins in food and feed: an overview on prevalence, detection and kontrol strategies. *Frontiers in Microbiology*, 10(October), 1–10. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2019.02266>.
- Mantzoukas, S., Eliopoulos, P. A. 2020. Endophytic entomopathogenic fungi: a valuable biological kontrol tool against plant pests. *Applied Sciences (Switzerland)*, 10(1). <https://doi.org/10.3390/app10010360>.
- Mascarin, G. M., Jackson, M. A., Behle, R. W., Kobori, N. N., Júnior, Í. D. 2016. Improved shelf life of dried *Beauveria bassiana* blastospores using convective drying and active packaging processes. *Applied Microbiology and Biotechnology*, 100(19), 8359–8370.
- Mohamed, H. O. 2022. Assessment of cohort laboratory rearing on performance and biology of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Entomology Research*, 7(6), 120–128.
- Mora, M. A. E., Castilho, A. M. C., Fraga, M. E. 2018. Classification and infection mechanism of entomopathogenic fungi. *Arquivos Do Instituto*

Biológico, 84(0), 1–10. <https://doi.org/10.1590/1808-1657000552015>

- Mukkun, L., Kleden, Y. L., Simamora, A. V. 2021. Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *International Journal of Tropical Drylands*, 5(1), 20–26.
- Mwamburi, L. A. 2021. Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer kontrol of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 31(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00357-3>
- Navasero, M. M., Navasero, M. V. 2020. Life cycle, morphometry and natural enemies of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on *Zea mays* L. in the Philippines. *Journal of the International Society for Southeast Asian Agricultural Sciences*, 26(2), 17–29.
- Navasero, M. V, Navasero, M. M., Aries, G., Burgonio, S., Ardez, K. P., Ebuenga, M. D., Joy, M., Beltran, B., Bato, M. B., Gonzales, P. G., Magsino, G. L., Caoili, B. L., Lynn, A., Barrion-Dupo, A., Flor, M., Aquino, G. M. 2019. Detection of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) using larval morphological characters, and observations on its current local distribution in the Philippines. *Philippine Entomologist*, 33(2), 171–184.
- Nelly, N., Hamid, H., Lina, E. C., Yunisman. 2021. Distribution and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Noctuidae: Lepidoptera) on maize in west sumatra, indonesia. *Biodiversitas*, 22(5), 2504–2511. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220507>
- Niassy, S., Agbodzavu, M. K., Kimathi, E., Mutune, B., Abdel-Rahman, E. F. M., Salifu, D., Hailu, G., Belayneh, Y. T., Felege, E., Tonnang, H. E. Z., Ekesi, S., Subramanian, S. 2021. Bioecology of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), its management and potential patterns of seasonal spread in Africa. *PLoS ONE*, 16(6 June 2021), 1–24.
- Perumal, V., Kannan, S., Alford, L., Pittarate, S., Geedi, R., Elangovan, D., Marimuthu, R., Krutmuang, P. 2023. First report on the enzymatic and immune response of *Metarhizium majus* bag formulated conidia against *Spodoptera frugiperda*: an ecofriendly microbial insecticide. *Frontiers in Microbiology*, 14(March). <https://doi.org/10.3389/fmicb.2023.1104079>
- Putri, Q. S., Oktapiani, W., Herlinda, S., Suwandi, S. 2024. Susceptibility of immature *Telenomus remus*, an egg parasitoid of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), to entomopathogenic fungi from South Sumatra, Indonesia. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00785-5>

- Plessis, G., García, L., Grijalba, E. P., Espinel, C., Otálora, P. E. C., Guevara, E. J., Gómez, M. I., Barrera, M. C. 2022. Assessment of a potential bioproduct for controlling *Cerotoma arcuata* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Journal of Applied Microbiology*, 133(2), 1063–1077.
- Ramanujam, B., Poornesha, B., Shylesha, A. N. 2020. Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>
- Ramos, Y., Taibo, A. D., Jiménez, J. A., Portal, O. 2020. Endophytic establishment of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* in maize plants and its effect against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 30(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00223-2>
- Reddy, M., Kumari K, S. T, Sela S. 2020. First record seasonal incidence and life cycle of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith). *Journal of Entomology And Zoologi Studies*, 8(5), 1631–1635.
- Saif, F. A., Yaseen, S. A., Alameen, A. S., Mane, S. B., Undre, P. B. 2020. Identification of *Penicillium* species of fruits using morphology and spectroscopic methods. *Journal of Physics: Conference Series*, 1644(1), 0–10. <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1644/1/012019>
- Salem, M. 2015. Synergistic effect of some additives with bio-insecticides to kontrol the pink bollworm, *Pectinophora gossypiella* (SAUND.). *Journal of Plant Protection and Pathology*, 6(11), 1479–1490.
- Sari, J. M. P., Herlinda, S., Elfita, Suwandi, S. 2024. The potency of fungal entomopathogens isolated from *Spodoptera frugiperda* as endophytic plant-growth promoter. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1346(1). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1346/1/012010>
- Sari, J. M. P., Herlinda, S., Suwandi, S., Elfita. 2023. Effect of endophytic entomopathogenic fungal conidia and blastospores induced in maize plants by seed inoculation on *Spodoptera frugiperda* immune response and mortality. *Biodiversitas*, 24(10), 5709–5717.
- Sartiarni, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., Anwar, R. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1).
- Seema K, Priti M, Shubhangi S, V. B. 2019. The influence of infection of *Beauveria bassiana* (Bals.) Vuill, a fungal species (Family: Clavicipitaceae) on quality of the cocoons of spinned by the larval instars of *Bombyx mori*

- (L). *Journal of Bacteriology and Mycology: Open Access*, 7(1), 14–18. <https://doi.org/10.15406/jbmoa.2019.07.00234>.
- Shuang, S. W. 2018. Interaction of entomopathogenic fungi with the host immune system. *Developmental and Comparative Immunology*, 83, 96–103. <https://doi.org/10.1016/j.dci.2018.01.010>.
- Tamrin, S., Ainun, H., Arifin, A. 2023. Morphology and life cycle of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith)(Lepidoptera: Noctuidae) with soybean leaf (*Glycine max*) morphology and life cycle of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith).
- Sorathiya, K., Kalariya, S., Patel, L. 2023. *Metarhizium anisopliae* as an entomopathogenic fungi: optimization of mass production with diverse grain substrates. 5(4), 87–95.
- Sotelo-Cardona, P., Chuang, W. P., Lin, M. Y., Chiang, M. Y., Ramasamy, S. 2021. Oviposition preference not necessarily predicts offspring performance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on vegetable crops. *Scientific Reports*, 11(1), 1–14.
- Supartha, I. W., Sunari, A. S., Krisna, I., Kadek W. Y., Mahaputra, I. G. F., Wiradana, P. A. 2021. Invasion, population development, and attack intensity of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) J. E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on two varieties corn in Serongga Village, Gianyar Regency, Bali-Indonesia. *Technology Reports of Kansai University*, 63(1), 6945–6954.
- Supartha, I. W., Susila, I. W., Sunari, A. S., Mahaputra, I. G. F., Yudha, I. K. W., Wiradana, P. A. 2021. Damage characteristics and distribution patterns of invasive pest, *Spodoptera frugiperda* (J. E Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize crop in Bali, Indonesia. *Biodiversitas*, 22(6), 3378–3389. <https://doi.org/10.13057/Biodiv/D220645>.
- Supartha, I. W., Susila, I. W., Yudha, I. K. W., Utama, I. W., Yasa, I., Gautama, P. M. P. 2023. Adaptability and damage capacity of *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on various Gramineae: a laboratory study. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 1208(1).
- Tendeng, E., Labou, B., Diatte, M., Djiba, S., Diarra, K. 2019. The fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith), a new pest of maize in Africa: biology and first native natural enemies detected. *International Journal of Biological and Chemical Sciences*, 13(2), 1011–1026.
- Trisyono, Y. A., Suputa, S., Aryuwandari, V. E. F., Hartaman, M., Jumari, J. 2019. Occurrence of heavy infestation by the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new alien invasive pest in corn Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23(1), 156.

- Vinayaga, M., Balasubramanian, C., Selvarani, S., Radha, A. 2015. Efficacy of sub lethal concentration of entomopathogenic fungi on the feeding and reproduction of *Spodoptera litura*. *SpringerPlus*, 4(1), 1–12. <https://doi.org/10.1186/s40064-015-1437-1>
- Vivekanandhan, P., Swathy, K., Lucy, A., Sarayut, P., Patcharin, K. 2023. Entomopathogenic fungi based microbial insecticides and their physiological and biochemical effects on *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Frontiers in Cellular and Infection Microbiology*, 13(December), 1–11
- Wang, H. H., Zhao, R., Gao, J., Zhang, L., Zhang, S., Liang, P., Gao, X. W., Gu, S. H. 2023. Genetic architecture and insecticide resistance in chinese populations of *Spodoptera frugiperda*. *Journal of Pest Science*, 96(4), 1595–1610. <https://doi.org/10.1007/s10340-022-01569-2>.
- Yang, X., Zhang, Y., Zhou, J., Dong, H., Bai, X., Liu, W., Gu, Z. 2024. Pathogenicity, infection process, physiological and biochemical effects of *Metarhizium rileyi* against *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae. *Egyptian Journal of Biological Pest Kontrol*, 34(1). <https://doi.org/10.1186/s41938-024-00781-9>.