

SKRIPSI

**EKSTRAK KASAR *Metarhizium anisopliae*
(Metschnikoff) DAN EFIKASI DENGAN TIGA LEVEL
KONSENTRASI TERHADAP LARVA FALL
ARMYWORM**

***CRUDE EXTRACT OF Metarhizium anisopliae*
(Metschnikoff) *DAN ITS EFFICACY AT THREE*
CONCENTRATION LEVELS AGAINST FALL
*ARMYWORM LARVAE***



**Ikhfa Dilla Zahra
05081282126041**

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

SUMMARY

IKHFA DILLA ZAHRA, Crude Extract of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) dan Its Efficacy at Three Concentration Levels against Fall Armyworm Larvae (Supervised by **SITI HERLINDA**)

Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) is one of the most difficult pests to control in maize. The caterpillar is characterized by four pinaculae on the eighth abdominal segment. Damage is characterized by loss of photosynthetic area, structural damage to the grain, lodging, reproductive disruption, dan direct damage to the grain. *S. frugiperda* can cause significant yield loss in corn dan other crops. The research objective was to test the effect of three concentrations of *M. anisopliae* crude extract on fall armyworm larvae.

This research was designed based on a Completely Rdanomized Design (CRD) with 3 concentration level treatments dan 1 control with 3 replications. The used of crude extracts comes from *M. anisopliae* fungal isolates which are fungi collections in the Entomology Laboratory, Plant Protection Program, Universitas Sriwijaya. The crude extract of *M. anisopliae* used in this research with three concentration levels, namely 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Based on the results of this research, the use of *M. anisopliae* crude extract with three different concentration levels, showed that the highest concentration of 150 ppm was the most effective concentration level against *S. frugiperda* larvae, with a higher mortality rate of 74%, compared to concentrations of 50 ppm dan 100 ppm. This research showed that the symptoms of *S. frugiperda* larvae that died after being treated with *M. anisopliae* crude extract included stiffness, black color, no foul odor, dryness, dan shriveling. The crude extract of *M. anisopliae* from the results of this research affects the mortality of *S. frugiperda* larvae as evidenced by the highest percentage of mortality found at the highest concentration of 150 ppm.

Finally It can be concluded that larvae treated with *M. anisopliae* crude extract show that this extract not only kills larvae, but also affects the growth dan development of *S. frugiperda* larvae. Although concentrations of 50 ppm dan 100 ppm also showed lethal effects, the mortality rate was lower than the highest concentration of 150 ppm. These findings confirm the potential of *M. anisopliae* as an effective biopesticide agent in controlling *S. frugiperda* larvae populations. Overall, this research supports the utilization of *M. anisopliae* extract as an environmentally friendly biological control method, with the highest concentration being the most effective.

Keywords: Crude extract, Entomopathogenic fungi, *Zea mays*, *Metarhizium anisopliae*, *Spodoptera frugiperda*.

RINGKASAN

IKHFA DILLA ZAHRA, Ekstrak Kasar *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) dan Efikasi pada Tiga Level Konsentrasi terhadap Larva Fall Armyworm (Dibimbing oleh **SITI HERLINDA**)

Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan salah satu hama yang paling sulit dikendalikan pada tanaman jagung. Ulat ini ditandai dengan empat pinakula pada segmen perut kedelapan. Kerusakan ditandai oleh hilangnya area fotosintesis, kerusakan struktural pada gabah, rebah, gangguan reproduksi, dan kerusakan langsung pada gabah. *S. frugiperda* dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada jagung dan tanaman lainnya. Penelitian ini bertujuan untuk menguji pengaruh tiga konsentrasi ekstrak kasar *M. anisopliae* terhadap larva ulat grayak.

Penelitian ini Menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 3 perlakuan level konsentrasi dan 1 kontrol dengan 3 kali ulangan. Penggunaan ekstrak kasar berasal dari isolat jamur *M. anisopliae* yang merupakan koleksi jamur di Laboratorium Entomologi, Program Studi Proteksi Tanaman, Universitas Sriwijaya. Ekstrak kasar *M. anisopliae* yang digunakan pada penelitian ini dengan tiga level konsentrasi, yaitu 50 ppm, 100 ppm, dan 150 ppm.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa konsentrasi 150 ppm menunjukkan mortalitas larva tertinggi dengan tingkat mortalitas mencapai 74%. Konsentrasi 150 ppm tidak berbeda nyata dengan konsentrasi 100 ppm namun berbeda nyata dengan konsentrasi 50 ppm. Konsentrasi 100 ppm menjadi konsentrasi yang paling efektif untuk mematikan larva *S. frugiperda*. Penelitian ini menunjukkan gejala dari larva *S. frugiperda* yang mati setelah diberi ekstrak kasar *M. anisopliae* antara lain kaku, berwarna hitam, tidak bau busuk, kering, dan mengkerut. Ekstrak kasar *M. anisopliae* dari hasil penelitian ini mempengaruhi mortalitas larva *S. frugiperda* dibuktikan dengan persentase mortalitas tertinggi terdapat pada konsentrasi tertinggi 150 ppm.

Jadi disimpulkan bahwa larva yang diberi perlakuan dengan ekstrak kasar *M. anisopliae* menunjukkan bahwa ekstrak ini tidak hanya membunuh larva, tetapi juga mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangan larva *S. frugiperda*. Temuan ini mengkonfirmasi potensi *M. anisopliae* sebagai agen biopestisida yang efektif dalam mengendalikan populasi larva *S. frugiperda*. Secara keseluruhan, penelitian ini mendukung pemanfaatan ekstrak *M. anisopliae* sebagai metode pengendalian hayati yang ramah lingkungan, dengan konsentrasi tertinggi yang paling efektif.

Kata kunci: Ekstrak kasar, Jamur Entomopatogen, *Zea mays*, *Metarhizium anisopliae*, *Spodoptera frugiperda*.

SKRIPSI

EKSTRAK KASAR *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) DAN EFIKASI DENGAN TIGA LEVEL KONSENTRASI TERHADAP LARVA FALL ARMYWORM

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



**Ikhfa Dilla Zahra
05081282126041**

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

LEMBAR PENGESAHAN

**EKSTRAK KASAR *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) DAN
EFIKASI DENGAN TIGA LEVEL KONSENTRASI TERHADAP
LARVA FALL ARMYWORM**

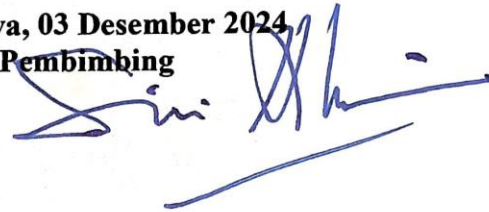
SKRIPSI

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

Oleh:

Ikhfa Dilla Zahra
05081282126041

Indralaya, 03 Desember 2024
Pembimbing



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

Mengetahui
Wakil Dekan Bidang Akademik
Universitas Sriwijaya



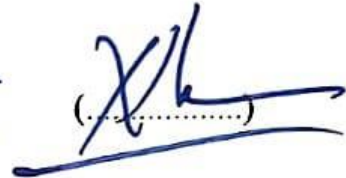
Prof. Ir. Filli Pratama, M.Sc. (Hons), Ph.D
NIP 196606301992032002

Skripsi dengan judul “Ekstrak Kasar *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) dan Efikasinya Pada Tiga Level Konsentrasi Terhadap Larva Fall Armyworm” oleh Ikhfa Dilla Zahra telah dipertahankan di hadapan 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 Anggraini, S.P., M.Si.Ph.D.
NIP 198902232012122001

Anggota Penguji



Indralaya, 03 Desember 2024
Ketua Jurusan
Hama dan Penyakit Tumbuhan

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

PERNYATAAN INTEGRITAS

Yang bertdana tangan di bawah ini:

Nama : Ikhfa Dilla Zahra

NIM : 05081282126041

Judul : Ekstrak Kasar *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) dan Efikasi Pada Tiga Level Konsentrasi Terhadap Larva Fall Armyworm

Menyatakan bahwa semua data dan informasi yang dimuat di dalam skripsi ini merupakan hasil penelitian saya sendiri di bawah supervisi pembimbing, kecuali yang disebutkan dengan jelas sumbernya, dan bukan hasil penjiplakan/plagiat. Apabila di kemudian hari ditemukan adanya unsur plagiasi dalam skripsi ini, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pencabutan gelar 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



[Ikhfa Dilla Zahra]

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan sebagai muslim di kota Palembang, Kab. Ogan Komering Ilir, pada tanggal 17 April 2024. Penulis merupakan anak kedua dari tiga bersaudara dari pasangan Bapak Hariyanto dan Ibu Yatini yang beralamat di Desa Mulyaguna, Kecamatan Teluk gelam, Kabupaten Ogan Komering Ilir, Sumatera Selatan. Kakak penulis bernama Cerita Lintang Afriani dan adik penulis bernama Anindia Juna.

Penulis memulai Pendidikan Sekolah Dasar di SD Negeri 2 Mulyaguna dan lulus pada tahun 2015. Penulis melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Pertama di SMP Negeri 2 Teluk gelam dan menyelesaikan Pendidikan SMP pada tahun 2018 dan melanjutkan Pendidikan Sekolah Menengah Atas di SMA Negeri 1 Teluk Gelam dan menyelesaikan pendidikan SMA pada tahun 2021.

Setelah lulus SMA penulis melanjutkan Pendidikan di Perguruan Tinggi. Dinyatakan diterima di Universitas Sriwijaya pada program studi proteksi tanaman Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan pada Agustus 2021 melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa di Universitas Sriwijaya penulis aktif dalam organisasi kampus seperti HIMAPRO dengan menjadi anggota organisasi dalam departemen akademik dan prestasi pada tahun 2022 dan menjabat sebagai staf ahli akademik dalam departemen akademik dan prestasi pada tahun 2023. Selain aktif dalam organisasi penulis juga aktif menjadi asisten praktikum mata kuliah Mikologi pada tahun 2022, Dasar-dasar Perlindungan Tanaman pada tahun 2023–2024 dan Ekologi Serangga pada tahun 2024.

KATA PENGANTAR

Bismillahirrahmanirrahim Alhamdulillah Puji syukur penulis panjatkan atas kehadiran Allah SWT. Atas segala rahmat dan karunia yang diberikan kepada penulis sehingga penulis dapat menyelesaikan penyusunan skripsi yang berjudul “Ekstrak Kasar *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) dan Efikasi dengan Tiga Level Konsentrasi Terhadap Larva Fall Armyworm” Sholawat serta salam semoga selalu tercurahkan kepada Baginda Nabi Muhammad SAW. Beserta para kerabat, keluarga dan pengikutnya hingga akhir zaman. Penelitian ini didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi Riset dan Teknologi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi Republik Indonesia, Tahun Anggaran 2024, sesuai dengan kontrak Penelitian Pasca Sarjana-Penelitian Disertasi Doktor no: 090/E5/PG.02.00.PL/2024, 11 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 penulis mengucapkan terima kasih kepada:

1. Pembimbing skripsi dalam hal ini adalah Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si. Terima kasih atas setiap bimbingan, arahan, dan perhatian yang tak ternilai harganya. Di setiap langkah perjalanan skripsi ini, bukan hanya menjadi sumber ilmu penulis, tetapi juga sumber inspirasi yang selalu memberi motivasi ketika penulis merasa ragu. Membantu meyakinkan penulis bahwa setiap tantangan adalah kesempatan untuk belajar dan tumbuh.
2. Kedua Orang Tua ku tercinta Bapak Hariyanto dan Ibu Yatini. Terima kasih telah mengusahakan segalanya untuk penulis, telah memberikan cinta, doa, dan dukungan tak terhingga sepanjang perjalanan hidup penulis. Telah menjadi sumber kekuatan dan inspirasi terbesar dalam hidup penulis. Terima kasih telah selalu ada di setiap langkah penulis, memberikan harapan di setiap kesulitan. Skripsi ini adalah buah dari perjuangan dan cinta ibu dan bapak yang telah memberikan support serta senantiasa mengirimkan doa terbaik kepada penulis selama menjalani masa perkuliahan.

3. Kedua saudara perempuan Cerina Lintang Afriani dan Anindia Juna, kepada Saudara ipar Agus Supriyatna dan kedua keponakan tersayang Arissa Rafania Shareen dan Geza Mikail. Terima kasih telah menjadi teman sejati di setiap langkah hidup penulis. Kalian adalah sumber kebahagiaan, tawa, dan kekuatan yang tak ternilai harganya. Di saat suka maupun duka, kalian selalu ada untuk mendukung dan menyemangati. Terima kasih sudah menjadi bagian tak terpisahkan dari perjalanan ini.
4. Kakek dan nenek ku tersayang yang menjadi salah satu alasan penulis mampu menyelesaikan perkuliahan, selalu memberikan kasih sayang, nasihat dan menjadi tempat penulis mengutarakan segala bentuk keluhan dan hambatan selama penulis menjalani masa perkuliahan.
5. Untuk teman-teman seperjuangan penulis tim Laboratorium Entomologi terutama Zucey Uary, dan Yuliana yang telah bersedia menjadi teman 1 tim penulis, serta, Mona, Nisa, Siti Nur, Anggita, Liza, Barokah, Bayu, Yaskur, Tisna, dan Almh. Meirin Asti yang selalu ada dalam proses skripsi penulis. Terima kasih telah menjadi cahaya di jalan yang penuh liku. Kita telah melewati hari-hari penuh cdana, lelah, dan air mata bersama, dan tanpa kalian, perjalanan ini tak akan seindah ini.
6. Teman baik penulis “durens” Fivi Armalia Erlita, Nabella Mevika, dan Preti Via Amdana Terima kasih telah menemani setiap langkah penulis, menjadi pendengar setia, dan memberi semangat yang tak pernah padam.

Penulis menyadari bahwa dalam penyusunan karya tulis ini masih jauh dari kata 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 memberikan manfaat baik bagi penulis khususnya dan para pembaca umumnya.

Indralaya, 03 Desember 2024

Ikhfa Dilla Zahra

DAFTAR ISI

	Halaman
KATA PENGANTAR.....	ix
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR GAMBAR	xivv
DAFTAR TABEL.....	xvi
DAFTAR LAMPIRAN	xviii
BAB 1 PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang.....	1
1.2 Rumusan Masalah.....	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Hipotesis	3
1.5 Manfaat Penelitian.....	3
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA.....	4
2.1 Taksonomi dan Morfologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	4
2.1.1 Taksonomi	4
2.1.2 Morfologi Telur	5
2.1.3 Morfologi Larva	5
2.1.4 Morfologi Pupa	6
2.1.5 Morfologi Imago	7
2.2 Biologi <i>Spodoptera frugiperda</i>	8
2.3 Perilaku <i>Spodoptera frugiperda</i>	9
2.3.1 Perilaku Telur dan Pupa.....	10
2.3.2 Perilaku Larva dan Imago	10
2.4 Tumbuhan Inang dan Gejala Serangan.....	10

2.4.1	Tumbuhan Inang.....	10
2.4.2	Gejala Serangan.....	11
2.5	Taksonomi dan Teknik Budidaya Jagung (<i>Zea mays</i>)	12
2.5.1	Taksonomi Jagung.....	12
2.5.2	Teknik Budidaya Jagung (<i>Zea mays</i>)	13
2.6	Spesies-Spesies Jamur Entomopatogen	14
2.6.1	<i>Beauveria bassiana</i>	15
2.6.2	<i>Metarhizium anisopliae</i>	15
2.7	Mekanisme Jamur Entomopatogen Membunuh Serangga Inang	16
2.8	Siklus Hidup Jamur Entomopatogen	17
2.9	Senyawa Sekunder.....	18
BAB 3 PELAKSANAAN PENELITIAN.....		20
3.1	Waktu dan Tempat	20
3.2	Metode Penelitian	20
3.3	Cara Kerja.....	20
3.3.1	Pembiakan Massal <i>Spodoptera frugiperda</i>	20
3.3.2	Sterilisasi Alat dan Bahan.....	21
3.3.3	Jamur Entomopatogen yang Digunakan Pada Penelitian Ini.....	22
3.3.4	Pembugaran Jamur <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Media GYA (<i>Glu ucose Yeast Agar</i>).....	22
3.3.5	Pembugaran Jamur <i>Metarhizium anisopliae</i> pada Media PDB (<i>Po tato Dextrose Broth</i>).....	23
3.3.6	Pengukuran Berat Miselia Jamur	23
3.3.7	Ekstraksi Senyawa dari Media Kultur.....	24
3.3.8	Evaporasi Ekstrak Kasar <i>Metarhizium anisopliae</i>	24
3.3.9	Uji Hayati pada Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	25
3.4	Peubah yang Diamati	27

a. Mortalitas Larva (%)	27
b. Berat Larva (mg/larva)	28
c. Berat Kotoran Larva (mg/larva)	28
d. Persentase Pupa Muncul (%).....	28
e. Persentase Imago Muncul (%)	28
f. Panjang Pupa (mm)	29
g. Nisbah Kelamin (Jantan/betina)	29
h. Jumlah Telur yang Diletakkan (butir/betina).....	29
3.5 Analisis Data	29
BAB 4 HASIL DAN PEMBAHASAN.....	31
4.1 Hasil	30
4.1.1 Berat Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	30
4.1.2 Berat Kotoran Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	31
4.1.3 Mortalitas, LT ₅₀ dan LC ₅₀ Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	33
4.1.4 Panjang Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i>	34
4.1.6 Waktu Perkembangan Larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	36
4.2 Pembahasan.....	37
BAB 5 PENUTUP	40
5.1 Kesimpulan.....	40
5.2 Saran.....	40
DAFTAR PUSTAKA	41
LAMPIRAN.....	50

DAFTAR GAMBAR

	Halaman
Gambar 2.1 Panjang telur <i>Spodoptera frugiperda</i> , kelompok telur yang diletakkan berlapis-lapis dan larva yang menetas.....	5
Gambar 2.2 Ukuran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> instar 1, larva instar 2, larva instar 3, larva instar 4, larva instar 5, dan larva instar.....	6
Gambar 2.3 Pupa jantan dan betina, pupa jantan, dan pupa betina.....	7
Gambar 2.4 Imago betina, sayap kiri imago jantan, dan sayap kiri imago betina.....	8
Gambar 2.5 Siklus hidup <i>Spodoptera frugiperda</i> , fase telur, fase larva instar 1-6, fase pupa, dan fase imago.....	9
Gambar 2.6 Gejala serangan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> pada tanaman jagung, daun pucuk kuncup berlubang, kerusakan daun pucuk dan kotoran feses larva, dan larva dan daun yang rusak oleh larva.....	12
Gambar 2.7 Teknik budidaya tanaman jagung (<i>Zea mays</i>).....	13
Gambar 2.8 Mekanisme antibiosis <i>Beauveria bassiana</i> terhadap <i>Fusarium Solani</i> , perlakuan <i>Beauveria bassiana</i> terhadap <i>Fusarium solani</i>	15
Gambar 3.1 Kultivasi dan ekstraksi jamur entomopatogen <i>Metarhizium anisopliae</i>	25
Gambar 3.2 Uji bioassay ekstrak kasar <i>Metarhizium anisopliae</i> pada larva <i>Spodoptera frugiperda</i>	26
Gambar 4.1 Persentase mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	34
Gambar 4.2 Larva <i>Spodoptera frugiperda</i> sehat (kontrol) (A), larva sakit perlakuan konsentrasi 50 ppm (B), konsentrasi 100 ppm (C), dan konsentrasi 150 ppm (D).....	34
Gambar 4.3 Pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> sehat (kontrol) (A), Pupa sakit perlakuan konsentrasi 50 ppm (B), konsentrasi 100 ppm (C), dan konsentrasi 150 ppm (D).....	35

Gambar 4.4 Imago *Spodoptera frugiperda* sehat (kontrol) (A), imago sakit perlakuan konsentrasi 50 ppm (B), konsentrasi 100 ppm (C), dan konsentrasi 150 ppm (D)..... 36

DAFTAR TABEL

	Halaman
Tabel 3.1 Isolat dan Spesies jamur entomopatogen dari Sumatera selatan, Indonesia yang digunakan pada penelitian	22
Tabel 4.1 Berat larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen	30
Tabel 4.1 Lanjutan.....	31
Tabel 4.1 Lanjutan.....	31
Tabel 4.2 Berat kotoran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen	32
Tabel 4.2 Lanjutan.....	32
Tabel 4.2 Lanjutan.....	33
Tabel 4.3 Mortalitas LT_{50} dan LC_{50} larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	33
Tabel 4.3 Panjang pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> dari larva yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen	35
Tabel 4.4 Persentase kemunculan pupa dan imago, nisbah kelamin, dan telur yang diletakkan per betina dari larva yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen	36
Tabel 4.5 Waktu perkembangan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	37
Tabel 4.5 Lanjutan.....	37

DAFTAR LAMPIRAN

	Halaman
Lampiran 1 Berat larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	50
Lampiran 2 Berat kotoran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	52
Lampiran 3 Panjang pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> dari larva yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	54
Lampiran 4 Persentase mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen	54
Lampiran 5 Persentase kemunculan pupa dan imago, nisbah kelamin, dan telur yang diletakkan per betina dari larva yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	54
Lampiran 6 Waktu perkembangan <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan daun jagung yang telah ditetesi ekstrak kasar jamur entomopatogen.....	55
Lampiran 7 Suhu dan Kelembaban Relatif (RH) pada saat pelaksanaan percobaan.....	56

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* Linn.) merupakan sereal terpenting ketiga setelah gandum dan beras di dunia. Jagung memiliki potensi yang besar karena memiliki pemanfaatan yang besar sebagai sumber pangan manusia, hewan dan industri (Farnia dan Mansouri, 2015). Jagung merupakan tanaman penting yang bergizi tinggi karena kaya akan karbohidrat, protein, pati, lemak, vitamin, dan mineral (Islam *et al.*, 2020). Jagung merupakan sumber kalori dan mineral utama bagi sebagian besar penduduk pedesaan. Permintaan jagung untuk konsumsi di negara-negara berkembang diperkirakan akan meningkat sebesar 1,3% per tahun hingga tahun 2020 (Mirsam *et al.*, 2021). Jagung merupakan tanaman tropis yang saat ini ditanam di daerah beriklim sedang, tropis, dan sub-tropis di dunia (Ijaz *et al.*, 2015). Permintaan jagung pada tahun 2050 diperkirakan akan meningkat menjadi 3,3 miliar ton, dan secara global di negara-negara berkembang, jagung akan menjadi tanaman dengan produksi tertinggi pada tahun 2025. Namun, akan ada kendala yang mengakibatkan rendahnya produktivitas yang berdampak pada hasil dan kualitas jagung. Salah satunya disebabkan oleh serangan hama. Ulat grayak (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) merupakan salah satu hama yang paling sulit dikendalikan pada tanaman jagung.

S. frugiperda umumnya dikenal sebagai ulat tentara karena menyerang Afrika Barat pada awal tahun 2016. Ulat ini menyelesaikan siklus hidupnya dalam waktu sekitar 30 hari di musim panas, 60 hari di musim semi dan gugur, dan 80–90 hari di musim dingin. Ulat ini ditandai dengan empat pinakula pada segmen perut kedelapan (Herlinda *et al.*, 2022). Hama ini tersebar luas di Amerika dan baru-baru ini menjadi perhatian di Afrika. Kerusakan ditandai oleh hilangnya area fotosintesis, kerusakan struktural pada gabah, rebah, gangguan reproduksi, dan kerusakan langsung pada gabah. *S. frugiperda* dapat menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan pada jagung dan tanaman lainnya (Naganna *et al.*, 2020). Larva *S. frugiperda* menimbulkan kerusakan berat pada semua stadia pertumbuhan tanaman

jagung, tetapi kerusakan yang lebih berat terjadi pada stadia awal pertumbuhan tanaman (Sharanabasapa *et al.*, 2018). Larva instar 1 akan memakan sebagian besar bagian tanaman dan menyebabkan kerusakan yang besar (Kumela *et al.*, 2019). Larva instar kedua merusak titik tumbuh tanaman sehingga menyebabkan pengguguran daun dan kematian jantung (matinya ujung tongkol). Selain itu, larva yang lebih tua bersembunyi di rumpun dan tongkol jagung sehingga menyebabkan kerusakan yang berat. Hama ini bersifat polifag dan menyerang tidak hanya tanaman jagung tetapi juga jenis tanaman lainnya (Herlinda *et al.*, 2021). Diperkirakan tingkat kerusakan tanaman akibat *S. frugiperda* akan meningkat seiring dengan perluasan habitatnya. Penyebaran *S. frugiperda* yang cepat dapat terjadi apabila tanaman inang selalu tersedia dan kondisi iklim mendukung (Chimweta *et al.*, 2020). Oleh karena itu, diperlukan pengendalian yang tepat untuk mengatasi masalah yang ditimbulkan oleh larva *S. frugiperda*. Beberapa upaya pengendalian yang dapat dilakukan adalah pengendalian teknis, biologis, dan kimiawi. Akan tetapi, pengendalian tersebut belum sepenuhnya berhasil.

Hal ini dikarenakan larva *S. frugiperda* menyebar dengan cepat dan dapat menyerang seluruh bagian tanaman jagung kecuali akar. Kawanannya ngengat dari satu generasi berkembang biak dengan cepat dan menyebar ke beberapa daerah (Assefa dan Ayalew, 2019). Selain itu, pengendalian secara kimia juga dapat memberikan dampak buruk terhadap tanah, lingkungan, dan manusia jika digunakan dalam jangka waktu yang lama. Beberapa senyawa yang sangat berbau atau sangat berbahaya sebaiknya tidak digunakan (Assefa, 2018). Salah satu alternatif yang dapat dilakukan untuk mengendalikan hama *S. frugiperda* adalah dengan memanfaatkan senyawa kimia yang terkandung dalam jamur entomopatogen. Jamur entomopatogen memiliki kelebihan karena dapat hidup di lingkungan jaringan tanaman inangnya dan dapat meningkatkan pertumbuhan inangnya serta melindunginya dari serangan hama. Berdasarkan pernyataan tersebut, maka penelitian ini menguraikan tentang efektivitas ekstrak kasar *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) yang mengandung senyawa kimia dalam jamur entomopatogen dalam mengendalikan larva *S. frugiperda*.

1.2. Rumusan Masalah

Rumusan masalah pada penelitian ini adalah bagaimana pengaruh pemberian tiga konsentrasi ekstrak kasar *M. anisopliae* terhadap larva *S. frugiperda*?

1.3. Tujuan Penelitian

Tujuan penelitian ini adalah untuk menguji pengaruh tiga konsentrasi ekstrak kasar *M. anisopliae* terhadap larva *S. frugiperda*.

1.4. Hipotesis

Hipotesis penelitian ini adalah diduga konsentrasi tertinggi ekstrak kasar *M. anisopliae* adalah yang paling mematikan terhadap larva *S. frugiperda*.

1.5. Manfaat Penelitian

Penelitian ini diharapkan dapat memberikan manfaat bagi para pembaca dan sebagai sumber informasi baru mengenai pemanfaatan ekstrak kasar jamur entomopatogen *M. anisopliae* dalam mengendalikan larva ulat grayak pada tanaman jagung.

DAFTAR PUSTAKA

- Abraham, S., Basukriadi, A., Pawiroharsono, S., dan Sjamsuridzal, W. 2015. Insecticidal activities of ethyl acetate extract of Indonesian mangrove fungus *Emericella nidulans* on *Spodoptera litura*. *Microbiology Indonesia*, 9(3), 97–105.
- Aguirre, L. A., Hernández A., Flores, M., Cerna, E., Ldaneros, J., Frías, G. A., dan Harris, M. K. 2016. Evaluation of foliar damage by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to genetically modified corn (Poales: Poaceae) in Mexico. *Florida Entomologist*, 99(2), 276–280.
- Ahsan, S. M., Das, A. K., dan Rahman, M. 2024. Plant entomopathogenic fungi interaction recent progress dan future prospects on endophytism-mediated growth promotion dan biocontrol. *Plants*. 13(1), 1–29
- Arifin, S. H. A., dan Abdullah, T. 2023. Morphology dan life cycle of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) with soybean leaf (*Glycine max* L. Merr.) in the Laboratory. *Iop Conference Series Earth Dan Environmental Science*, 1230(1).
- Assefa, F. 2018. Status of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*), biology dan control measures on maize crop in Ethiopia. *Journal Of Entomological Research*, 6(2), 75–85.
- Assefa, F., dan Ayalew, D. 2019. Status dan control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestations in maize fields in Ethiopia. *Cogent Food dan Agriculture*, 5(1).
- Ayudya, D. R., Herlinda, S., dan Suwdani, S. 2019. Insecticidal activity of culture filtrates from liquid medium of *Beauveria bassiana* isolates from South Sumatra (Indonesia) wetland soil against larvae of *Spodoptera litura*. *Biodiversitas*, 20(8), 2101–2109.
- Bateman, M. L., Day, R. K., Luke, B., Edgington, S., Kuhlmann, U., dan Cock, M. J. W. 2018. Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa. *Journal Of Applied Entomology*, 142(9), 805–819.
- Boate, U. R., dan Abalis, O. R. 2020. Review on the bio-insecticidal properties of some plant secondary metabolites: types, formulations, modes of action, advantages dan limitations. *Asian Journal Of Research In Zoology*, 12 2020, 27–60.
- Chen, W. H., Han, Y. F., Liang, J. D., dan Liang, Z. Q. 2019. Morphological dan phylogenetic characterization of novel *Metarhizium* species in Guizhou,

- China. *Phytotaxa*, 419(2), 189–196.
- Chimweta, M., Nyakudya, I. W., Jimu, L., dan Bray Mashingaidze, A. 2020. Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) damage in maize: management options for flood-recession cropping small holder farmers. *International Journal Of Pest Management*, 66(2), 142–154.
- De Groote, H., Kimenju, S. C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., dan Bruce, A. 2020. Spread dan impact of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agriculture, Ecosystems Dan Environment*, 292(19), 176–204.
- Dias, A. S., Marucci, R. C., Mendes, S. M., Moreira, S. G., Araújo, O. G., Santos, C. A. Dos, dan Barbosa, T. A. 2016. Bioecology of *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) in different cover crops. *Bioscience Journal*, 337–345.
- Dumas, P., Legeai, F., Lemaitre, C., Scaon, E., Orsucci, M., Labadie, K., Gimenez, S., Clamens, A. L., Henri, H., Vavre, F., Aury, J. M., Fournier, P., Kergoat, G. J., dan D'alençon, E. 2015. *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) host-plant variants: *Genetica*, 143(3), 305–316.
- Faddilah, D. R., Verawaty, M., dan 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), 52–66.
- Farnia, A., dan Mansouri, M. 2015. Study on morphological characteristics of maize (*Zea mays* L.) cultivars under different plant densities. *Indian Journal Of Natural Sciences*, 5(30), 976–997.
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., dan Suwdani, S. 2021. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) dan their pathogenecity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 22(2), 1051–1062.
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwdani, Suparman, Hamidson, H., Hasbi, Setiawan, A., Verawaty, M., Elfita, dan Arsi. 2020. Toxicity of entomopathogenic fungal culture filtrate of lowland dan highland soil of South Sumatra (Indonesia) against *Spodoptera litura* larvae. *Biodiversitas*, 21(5), 1839–1849.
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwdani, S., Suharjo, R., Sari, J. M. P., dan Lestari, R. P. 2021. Endophytic fungi confirmed as entomopathogens of the new invasive pest, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E Smith) (Lepidoptera:Noctuidae), infesting maize in South Sumatra, Indonesia. *Egyptian Journal Of Biological Pest Control*, 31(1).
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwdani, S., Suharjo, R., Sari, J. M. P.,

- Suparman, Hamidson, H., dan Hasyim, H. 2022. Endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) in seed-treated corn suppressing *Spodoptera frugiperda* growth. *Biodiversitas*, 23(11), 6013–6020.
- Herlinda, S., Octariati, N., Suwdani, S., dan Hasbi. 2020. Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra (Indonesia) soil dan their pathogenicity against a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 21(7), 55–65.
- Herlinda, S., Oktareni, S. S., Suparman, Anggraini, E., Elfita, Setiawan, A., Verawaty, M., Hasbi, dan Lakitan, B. 2020. Effect of application of uv irradiated *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* on larvae weight dan mortality of *Spodoptera litura*. *Atlantis press* 8(19), 64–70.
- Herlinda, S., Sinaga, M. E., Ihsan, F., Fawwazi, F., Suwdani, S., Hasbi, Irsan, C., Suparman, Muslim, A., Hamidson, H., Arsi, Umayah, A., dan Irmawati. 2021. Outbreaks of a new invasive pest, the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in South Sumatra, Indonesia. *Iop Conference Series: Earth dan Environmental Science*, 12(1).52–62
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., dan Suwdani, S. 2022. First report of occurrence of corn dan rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia dan its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(6), 412–232.
- Ijaz, M., Aown, M., Raza, S., Ali, S., Ghazi, K., Yasir, T. A., Saqib, M., dan Naeem, M. 2015. Differential planting density influences growth dan yield of hybrid maize (*Zea Mays* L.). *Journal of Environmental dan Agricultural Sciences*, 2(3), 1–5.
- Islam, S., Ferdousi, A., Sweety, A. Y., Das, A., Ferdoush, A., dan Haque, M. A. 2020. Morphological characterization dan genetic diversity analyses of plant traits contributed to grain yield in maize (*Zea Mays* L.). *Journal of Bioscience dan Agriculture Research*, 25(1), 2047–2059.
- Jaber, L. R., dan Enkerli, J. 2016. Effect of seed treatment duration on growth dan colonization of vicia faba by endophytic *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium brunneum*. *Biological Control*, 103, 187–195.
- Jacobs, A., Van Vuuren, A., dan Rong, I. H. 2018. Characterisation of the fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) from South Africa. *African Entomology*, 26(1), 45–49.
- Juan-Maldonado, N. S., Rodríguez-Navarro, S., dan Angel-Cuapio, A. 2024. Secondary metabolites of entomopathogenic fungi, biological alternative for the control of agricultural pests dan disease. *Present Dan Perspectives*. 1–15.
- Karthi, S., Vasantha-Srinivasan, P., Senthil-Nathan, S., Han, Y. S., Shivakumar,

- M. S., Murali-Baskaran, R. K., Kalaivani, K., Radhakrishnan, N., Park, K. B., dan Malafaia, G. 2024. Entomopathogenic fungi promising biocontrol agents for managing Lepidopteran pests: review of current knowledge. *Biocatalysis dan Agricultural Biotechnology*, 58(23), 103–146.
- Keerthi, M. C., Mahesha, H. S., Manjunatha, N., Gupta, A., Saini, R. P., Shivakumara, K. T., Bhargavi, H. A., Gupta, G., dan Kulkarni, N. S. 2023. Biology dan oviposition preference of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on fodder crops dan its natural enemies from Central India. *International Journal Of Pest Management*, 69(3), 215–224.
- Keswani, C., Singh, H. B., Hermosa, R., García-Estrada, C., Caradus, J., He, Y. W., Mezaache-Aichour, S., Glare, T. R., Borriss, R., Vinale, F., dan Sansinenea, E. 2019. Antimicrobial secondary metabolites from agriculturally important fungi as next biocontrol agents. *Applied Microbiology dan Biotechnology*, 103(23–24), 9287–9303.
- Khatun, M. M., Ali, M. R., Hossain, M. S., Haque, M. M., dan Latif, M. A. 2022. Biology dan morphometrics of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* on maize plant. *Journal Agril.*, 7(6), 225–239.
- Kumela, T., Simiyu, J., Sisay, B., Likhayo, P., Mendesil, E., Gohole, L., dan Tefera, T. 2019. Farmers, knowledge, perceptions, dan management practices of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ethiopia dan Kenya. *International Journal of Pest Management*, 65(1), 1–9.
- Lestari, P., Budiarti, A., Fitriana, Y., Susilo, F., Swibawa, I. G., Sudarsono, H., Suharjo, R., Hariri, A. M., Purnomo, Nuryasin, Solikhin, Wibowo, L., Jumari, dan Hartaman, M. 2020. Identification dan genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung, Indonesia. *Biodiversitas*, 21(4), 1670–1677.
- Lestari, Y. A., Verawaty, M., dan 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.
- Liu, D., Smagghe, G., dan Liu, T.X. 2023. Interactions between entomopathogenic fungi dan insects dan prospects with glycans. *Journal of Fungi*, 9(5).73–79
- Melanie, Miranti, M., Kasmara, H., Hazar, S., dan Martina, A. 2018. Insecticidal activities of crude extract of *Metarhizium anisopliae* dan conida suspension against *Crocidolomia pavonana*. *Iop Conference Series: Earth dan Environmental Science*, 166(1).
- Midega, C. A. O., Pittchar, J. O., Pickett, J. A., Hailu, G. W., dan Khan, Z. R.

2018. A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith), in maize in East Africa. *Crop Protection*, 105(7), 10–15.
- Mirdana-Fuentes, P., Quesada-Moraga, E., Aldebis, H. K., dan Yousef-Naef, M. 2020. Compatibility between the endoparasitoid hyposoter didymator dan the entomopathogenic fungus *Metarhizium brunneum*: a laboratory simulation for the simultaneous use to control *Spodoptera littoralis*. *Pest Management Science*, 76(3), 1060–1070.
- Mirsam, H., Kalqutny, S. H., Suriani, Aqil, M., Azrai, M., Pakki, S., Muis, A., Djaenuddin, N., Rauf, A. W., dan Muslimin. 2021. Indigenous fungi from corn as a potential plant growth promoter dan its role in *Fusarium verticillioides* suppression on corn. *Heliyon*, 7(9), E07926.
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. V., Peterson, J. A., dan Hunt, T. E. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286–300.
- Naganna, R., Scholar, J., Kachot, A., Dm, J., dan Jb, B. 2020. Present status of new invasive pest fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in India. *Journal Of Entomology Dan Zoology Studies*, 8(2), 150–156.
- Nascimento, A. R. B. Do, Farias, J. R., Bernardi, D., Horikoshi, R. J., dan Omoto, C. 2016. Genetic basis of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) resistance to the chitin synthesis inhibitor lufenuron. *Pest Management Science*, 72(4), 810–815.
- Nboyine, J. A., Kusi, F., Abudulai, M., Badii, B. K., Zakaria, M., Adu, G. B., Haruna, A., Seidu, A., Osei, V., Alhassan, S., dan Yahaya, A. 2020. A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), in Tropical Africa: its seasonal dynamics dan damage in maize fields in Northern Ghana. *Crop Protection*, 127(19).
- Nelly, N., Hamid, H., Lina, E. C., Yunisman, Yaherwdani, dan Putri, Y. D. 2023. The development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on several varieties of maize. *Biodiversitas*, 24(1), 523–530.
- Perez-Zubiri, A. J. R., Cerna-Chavez, E., Aguirre-Uribe, L. A., Ldaneros-Flores, J., dan Harris, M. K. 2019. Population variability of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae) in maize (Poales : Poaceae) associated with the use of chemical insecticides. *Florida entomologist*. 99(2).
- Permadi, M. A., Mukhlis, Samosir, B. S., Siregar, D. Y., dan Wayni, M. 2020. Physiology characterization of entomopathogenic fungi *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* on different carbohydrate sources. *Journal Of Physics: Conference Series*, 1477(7).

- Rindiani, D. E., Herlinda, S., dan Suwdani, S. 2024. Population dan attacks of *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on corn inoculated with endophytic entomopathogenic fungi from South Sumatra, Indonesia. *Journal Of Suboptimal Ldans*, 13(1), 87–93.
- Russo, M. L., Scorsetti, A. C., Vianna, M. F., Cabello, M., Ferreri, N., dan Pelizza, S. 2019. Insects endophytic effects of *Beauveria bassiana*. *Journal Insects*, 10, 1–9.
- Sari, J. M. P., Herlinda, S., Suwdani, S., dan Elfita. 2023. Effect of *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* on the growth of *Spodoptera frugiperda* by seed inoculation. *Biodiversitas*, 24(4), 2350–2357.
- Sari, N. 2020. Review of endophytic fungi as biocontrol agents against plant pathogen. *Gontor Agrotech Science Journal*, 6(1), 55.
- Sartiami, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., dan Anwar, R. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia dan its occurrence in three Provinces. *Iop Conference Series: Earth Dan Environmental Science*, 468(1).
- Shah, S., Ash, G. J., dan Wilson, B. A. L. 2022. Resporulation of *Metarhizium anisopliae* granules on soil dan mortality of *Tenebrio molitor*: implications for wireworm management in sweet potato. *Journal Annals Of Applied Biology*, 4(2), 1–12.
- Sharanabasapa, Kalleshwaraswamy, C. M., Asokan, R., Mahadewa, H. M., Maruthi, M. S., dan Pavitra, H. B. 2018. Pest management in horticultural ecosystems. *Pest Managcmcm: In Horticul Ecosystems*, 24(12).
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P. C., Navik, O., Subaharan, K., Bakthavatsalam, N., Ballal, C. R., dan A., R. 2018. Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) dan its natural enemies. *Journal Of Biological Control*, 32(3), 145–151.
- Sisay, B., Simiyu, J., Malusi, P., Likhayo, P., Mendesil, E., Elibariki, N., Wakgari, M., Ayalew, G., dan Tefera, T. 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *Journal Of Applied Entomology*, 142(8), 800–804.
- Sorathiya, K., Kalariya, S., dan Patel, L. 2023. *Metarhizium anisopliae* as an entomopathogenic fungi: optimization of mass production with diverse grain substrates. *International Journal Of Multidisciplinary Dan Current Educational Research*, 5(4), 87–95.
- Souza, M. L., Sanches, M. M., Souza, D. A. De, Faria, M., Espinel-Correal, C.,

- Sihler, W., dan Lopes, R. B. 2019. Within-host interactions of *Metarhizium rileyi* strains dan *Nucleopolyhedroviruses* in *Spodoptera frugiperda* dan *Anticarsia gemmatalis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal Of Invertebrate Pathology*, 162(2), 10–18.
- Thakur, N. S., Singh, M. K., Bhayal, L., Meena, K., Singh, S. K., Sanodiya, P., Kumar, A., dan Singh, A. K. 2022. Sustainability in rainfed maize (*Zea mays l.*) production using choice of corn variety dan nitrogen scheduling. *Journal of Sustainability*. 3166(12).
- Vidal, S., dan Jaber, L. R. 2015. Entomopathogenic fungi as endophytes: plant-endophyte-herbivore interactions dan prospects for use in biological control. *Current Science*, 109(1), 46–54.
- Vilarinho, E. C., Fernandes, O. A., Hunt, T. E., dan Caixeta, D. F. 2016. Movement of *Spodoptera frugiperda* adults (Lepidoptera: Noctuidae) in maize in Brazil. *Florida Entomologist*, 94(3), 480–488.
- Vivekandanhan, P., Swathy, K., Murugan, A. C., dan Krutmuang, P. 2022. Insecticidal efficacy of *Metarhizium anisopliae* derived chemical constituents against disease-vector mosquitoes. *Journal Of Fungi*, 8(3).