

**DISERTASI**

**JAMUR ENDOFIT UNTUK MEMBUNUH *Spodoptera frugiperda*  
DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN JAGUNG**

***ENDOPHYTIC FUNGI TO KILL *Spodoptera frugiperda* AND  
INCREASE MAIZE GROWTH***



**JELLY MILINIA PUSPITA SARI**

**05013622328002**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU-ILMU PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

## SUMMARY

**JELLY MILINIA PUSPITA SARI**, Endophytic Fungus to Kill *Spodoptera frugiperda* and Increase Corn Growth (Supervised by: **SITI HERLINDA, ELFITA**, and **SUWANDI**).

FAW (*Spodoptera frugiperda*) infestations reduced the production of maize crops, causing varying levels of damage: in Lampung, the damage ranged from 26.50% to 70%, in Bali, it reached 47.84%, and in East Nusa Tenggara, it varied between 85% and 100%. *S. frugiperda*, an invasive pest on maize, caused severe damage, necessitating environmentally friendly biological control strategies. This study aimed to evaluate the potential of endophytic fungi in controlling *S. frugiperda* while simultaneously enhancing maize growth. The research methods included inoculating maize seedlings with endophytic fungi, colonization analysis using the FDA method, observation of the pest life cycle, identification of larval haemocyte types and concentrations, formulation of liquid bioinsecticides, and secondary metabolite analysis using LC-MS. The results revealed that endophytic fungi successfully colonized maize seedlings and significantly influenced pest control by reducing the survival rate of *S. frugiperda* larvae by up to 26.67% and enhancing the immune response of larvae without triggering encapsulation phenomena. Furthermore, liquid bioinsecticide formulations based on endophytic fungi effectively suppressed larval development into pupae to below 20%. Secondary metabolite analysis identified bioactive compounds, such as tannins, phenols, flavonoids, and terpenoids, with diverse compound characteristics analyzed through liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS). This study concluded that endophytic fungi have the potential to be environmentally friendly biological control agents that support maize growth. Further research is recommended to optimize the formulation of bioinsecticides based on endophytic fungi.

**Keywords:** Entomopathogens, liquid bioinsecticide, secondary metabolites, LC-MS (Liquid Chromatography-Mass Spectrometry), larval haemocytes, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Chaetomium* sp., *Aspergillus flavus*, and immune response

## RINGKASAN

**JELLY MILINIA PUSPITA SARI**, Jamur Endofit untuk Membunuh *Spodoptera frugiperda* dan meningkatkan Pertumbuhan Jagung (Dibimbing Oleh: **SITI HERLINDA, ELFITA, dan SUWANDI**).

Serangan FAW umumnya terjadi pada tanaman jagung dengan tingkat kerusakan yang bervariasi: di Lampung berkisar antara 26,50% hingga 70%, di Bali mencapai 47,84%, dan di Nusa Tenggara Timur berkisar antara 85% hingga 100%. Tingginya kerusakan yang disebabkan oleh *Spodoptera frugiperda* sebagai hama invasif pada tanaman jagung memerlukan strategi pengendalian hayati yang ramah lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengkaji potensi jamur endofit dalam mengendalikan *S. frugiperda* sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman jagung. Metode penelitian meliputi inokulasi bibit jagung dengan jamur endofit, analisis kolonisasi menggunakan metode FDA, pengamatan siklus hidup hama, identifikasi tipe dan konsentrasi hemosit larva, formulasi bioinsektisida cair, serta analisis metabolit sekunder menggunakan LC-MS. Hasil penelitian menunjukkan bahwa jamur endofit mampu berkolonisasi pada bibit jagung dan memberikan pengaruh signifikan, seperti menurunkan tingkat kelangsungan hidup larva *S. frugiperda* hingga 26,67% serta meningkatkan respons imun larva tanpa memicu fenomena enkapsulasi. Formulasi bioinsektisida cair berbasis jamur endofit juga terbukti efektif menekan perkembangan larva menjadi pupa hingga di bawah 20%. Analisis metabolit sekunder mengungkap keberadaan senyawa bioaktif, seperti tanin, fenol, flavonoid, dan terpenoid, dengan keragaman karakteristik senyawa yang dianalisis menggunakan teknik *Liquid Chromatography-Mass Spectrometry* (LC-MS). Penelitian ini menyimpulkan bahwa jamur endofit memiliki potensi sebagai agens pengendalian hayati yang ramah lingkungan sekaligus mendukung pertumbuhan tanaman jagung. Penelitian lanjutan disarankan untuk mengoptimalkan formulasi bioinsektisida berbasis jamur endofit.

**Kata Kunci:** Entomopatogen, bioinsektisida cair, metabolit sekunder, LC-MS (*Liquid Chromatography-Mass Spectrometry*), hemosit larva, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus niger*, *Chaetomium sp.*, *Aspergillus flavus* dan respons imun

**DISERTASI**

**JAMUR ENDOFIT UNTUK MEMBUNUH *Spodoptera frugiperda*  
DAN MENINGKATKAN PERTUMBUHAN JAGUNG**

***ENDOPHYTIC FUNGI TO KILL *Spodoptera frugiperda* AND  
INCREASE MAIZE GROWTH***

**Ditujukan untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh  
Gelar Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian**



**JELLY MILINIA PUSPITA SARI**

**05013622328002**

**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU-ILMU PERTANIAN**

**FAKULTAS PERTANIAN**

**UNIVERSITAS SRIWIJAYA**

**2024**

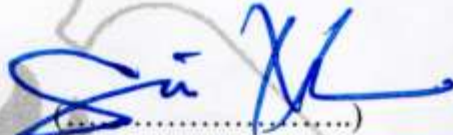
## HALAMAN PERSETUJUAN

Disertasi dengan Judul "Jamur Endofit untuk Membunuh *Spodoptera frugiperda* dan Meningkatkan Pertumbuhan Jagung". Oleh Jelly Milinia Puspita Sari telah dipertahankan di hadapan Komisi Penguji Program Studi Doktor Ilmu Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya Pada tanggal 30 Desember 2024 dan telah diperbaiki sesuai saran dan masukan tim penguji.

### KOMISI PENGUJI

#### Pembimbing:

1. Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.  
NIP 196510201992032001
2. Prof. Dr. Elfita, M.Si.  
NIP 196903261994122001
3. Prof. Dr. Ir. Suwandi, M. Agr.  
NIP 196801111993021001

  
(.....)

  
(.....)

  
(.....)

#### Penguji:

1. Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Sc.  
NIP 198106212005011003
2. Dr. Ir. Harman Hamidson, M.P.  
NIP 196207101988111001
3. Erise Anggraini, S.P., M.Si., Ph.D.  
NIP 198902232012122001

  
(.....)

  
(.....)


  
(.....)

Mengetahui,

**Ketua Program Studi  
Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian**

  
**Prof. Dr. Ir. Dedik Budianta, M.S.**  
NIP 196306141989031003

**Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya**

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

## HALAMAN PENGESAHAN

Judul Disertasi : Jamur Endofit untuk Membunuh *Spodoptera frugiperda*  
dan Meningkatkan Pertumbuhan Jagung  
Nama Mahasiswa : Jelly Milinia Puspita Sari  
NIM : 05013622328002  
Program Studi : Doktor Ilmu Pertanian  
Bidang Kajian Utama : BKU Ilmu Hama Penyakit Tumbuhan (HPT)

Menyetujui,  
Promotor



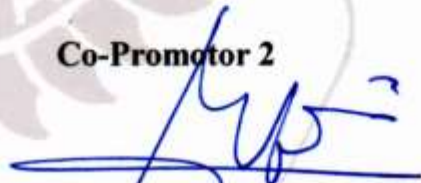
Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si.  
NIP 196510201992032001

Co-Promotor 1



Prof. Dr. Elfita, M.Si.  
NIP 196903261994122001

Co-Promotor 2



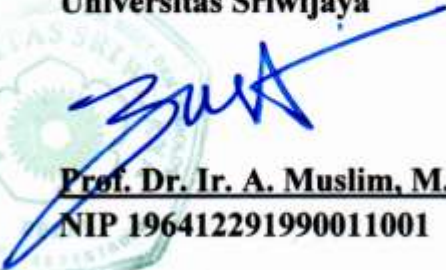
Prof. Dr. Ir. Suwandi, M. Agr.  
NIP 196801111993021001

Ketua Program Studi  
Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian



Prof. Dr. Ir. Dedik Budianta, M.S.  
NIP 196306141989031003

Dekan Fakultas Pertanian  
Universitas Sriwijaya



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

## PERTYATAAN INTERGRITAS

Saya yang bertanda tangan dibawah ini,

Nama : Jelly Milinia Puspita Sari  
Tempat Tanggal Lahir : Pagar Alam, 01 Januari 2000  
Program studi : Doktor Ilmu-Ilmu Pertanian  
NIM : 05013622328002

Menyatakan dengan sesungguhnya bahwa :

1. Seluruh data, informasi, interpretasi serta pernyataan dalam pembahasan dan kesimpulan yang disajikan dalam karya ilmiah ini, kecuali yang disebutkan sumbernya adalah merupakan hasil pengamatan, penelitian, pengelolaan serta pemikiran saya dengan pengarahan dari para pembimbing yang ditetapkan.
2. Karya ilmiah yang saya tulis ini adalah asli dan belum pernah diajukan untuk mendapatkan gelar akademik, baik di Universitas Sriwijaya maupun di Perguruan Tinggi lainnya.

Demikian pernyataan ini dibuat dengan sebenar-benarnya dan apabila di kemudian hari ditemukan adanya bukti ketidakbenaran dalam pernyataan tersebut di atas, maka saya bersedia menerima sanksi akademik berupa pembatalan gelar yang saya peroleh melalui pengajuan karya ilmiah ini.



Palembang, 30 Desember 2024

Yang membuat pernyataan,



Jelly Milinia Puspita Sari

## RIWAYAT HIDUP

Jelly Milinia Puspita Sari, lahir pada 1 Januari 2000 di Kota Pagar Alam, merupakan anak dari ayah Harsun Nopri dan ibu Yupi Yuniani. Kedua orang tua penulis menjadi motivasi terbesar dalam hidup dan perjuangan akademik penulis. Pada usia 24 tahun, penulis berhasil mempertahankan IPK 4.00 selama studi S3, yang mencerminkan komitmen dan dedikasi tinggi dalam bidang akademik. Sebelumnya, penulis menyelesaikan studi S2 di Fakultas Pertanian UNSRI dan berhasil meraih predikat Best Graduate yang merupakan prestasi akademik yang luar biasa, termasuk sejumlah publikasi jurnal terindeks Scopus Q1 dan Q2 sebagai penulis utama.

Penulis memiliki latar belakang yang penuh tantangan, berasal dari keluarga berpenghasilan rendah, namun berhasil meraih berbagai prestasi akademik yang membanggakan. Beberapa di antaranya adalah penghargaan sebagai *Best Paper* dan *Best Presenter* dalam Seminar Nasional Suboptimal Land 2023, Pemuda Berprestasi tingkat Kabupaten Ogan Ilir 2024, Pemuda Berprestasi tingkat Provinsi Sumatera Selatan 2024, Pemuda Pelopor tingkat Kabupaten Ogan Ilir, serta Juara Harapan II LKTI dalam Seminar Nasional Suboptimal 2019. Prestasi penulis di bidang penelitian tercermin melalui enam publikasi ilmiah yang terindeks Scopus pada jurnal Q1, Q2, dan Q3, serta prosiding yang terindeks Scopus Q3 dan Sinta 4. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi dan kegiatan ilmiah, termasuk menjadi pembicara dalam berbagai seminar dan acara nasional.

Penulis pernah menerima berbagai beasiswa, di antaranya Beasiswa Bidikmisi untuk S1, Beasiswa Pengembangan Diri dari Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si. untuk studi S2 dan S3, Beasiswa Unggulan Non Gelar, serta Bantuan Karya Ilmiah Kepemudaan dari Kemenpora. Dengan tekad yang kuat untuk menjadi dosen profesor dan berkontribusi pada ketahanan pangan Indonesia, penulis terus berusaha untuk mengembangkan diri dan berkomitmen dalam memajukan ilmu pertanian melalui riset inovatif yang memberikan dampak positif bagi masyarakat.



## KATA PENGANTAR

Puji syukur saya panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena berkat rahmat dan karunia-Nya, saya dapat menyelesaikan disertasi ini dengan judul "Jamur Endofit untuk Membunuh *Spodoptera frugiperda* dan Meningkatkan Pertumbuhan Jagung" sebagai salah satu syarat untuk meraih gelar Doktor dalam bidang Ilmu Pertanian di Universitas Sriwijaya. Penulisan disertasi ini merupakan langkah penting dalam perjalanan akademik saya, yang tidak lepas dari dukungan dan bantuan berbagai pihak yang telah memberikan kontribusi berharga. Saya mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada semua pihak yang telah memberikan dukungan dan bantuan dalam menyelesaikan studi S3 saya;

1. Orang tua saya, Harsun Nopri dan Yupi Yuliani, yang selalu menjadi sumber motivasi, dukungan, dan inspirasi sepanjang perjalanan hidup saya.
2. Terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen pembimbing, Prof. Dr. Ir. Siti Herlinda, M.Si., Prof. Dr. Elfita, M.Si. dan Prof. Dr. Ir. Suwandi, M. Agr., yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan pengetahuan yang sangat berharga.
3. Terima kasih juga saya sampaikan kepada dosen penguji, Prof. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Sc., Dr. Ir. Harman Hamidson, M.P., Prof. Dr. Ir. Suparman SHK, dan Erise Anggraini, S.P., M.Si., Ph.D. yang dengan sabar memberikan bimbingan, arahan, dan pengetahuan yang sangat berharga.
4. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Prof. Dr. Ir. Dedik Budianta, M.S. selaku ketua program studi Doktor (S3) Ilmu Pertanian, seluruh dosen dan staf Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya yang telah memberikan dukungan dalam proses pendidikan saya.
5. Saya juga mengucapkan terima kasih kepada Ahmad Reza Syahputra Matondang yang senantiasa memberikan dukungan, motivasi, dan bantuan dalam penyelesaian tugas akhir saya.
6. Tidak lupa, saya juga berterima kasih kepada teman-teman sejawat, rekan-rekan riset, serta keluarga besar yang selalu mendukung dan memberi semangat di setiap langkah saya.

7. Terima kasih kepada Bantuan Karya Ilmiah Kepemudaan (BANKIK) dari Kemempora atas kepercayaan yang diberikan untuk memperoleh bantuan penyelesaian tugas akhir sebesar Rp10.000.000,00 (sepuluh juta rupiah).

Data penelitian pada tesis ini untuk bab 4 dengan judul "**Kolonisasi Jamur Endofit pada Bibit Jagung melalui Perlakuan Seed Treatment serta Pengaruhnya terhadap *Spodoptera frugiperda***" didanai oleh DIPA Badan Layanan Umum Universitas Sriwijaya tahun 2022. SP DIPA-023.17.2.677515/2022, tanggal 13 Desember 2021, sesuai dengan Surat Keputusan Rektor Nomor: 0111/UN9.3.1/SK/2022, tanggal 28 April 2022. Penelitian ini diketuai oleh Siti Herlinda. Bab 5 dengan judul "**Pengaruh Inokulasi Jamur Entomopatogen Endofit pada Tanaman Jagung terhadap Respons Imun dan Tingkat Mortalitas *Spodoptera frugiperda***" didanai oleh Direktorat Jenderal Pendidikan Tinggi, Kementerian Pendidikan, Kebudayaan, Riset, dan Teknologi, Republik Indonesia, Tahun Anggaran 2023, mengikuti Skema Penelitian Disertasi Doktor, Nomor Kontrak: 164/E5/PG.02.00.PL/2023, tanggal 19 Juni 2023, diketuai oleh Siti Herlinda dan penelitian ini telah diterbitkan di jurnal *Biodiversitas* yang terindeks Scopus Q2 dengan judul *Effect of endophytic entomopathogenic fungal conidia and blastospores induced in maize plants by seed inoculation on *Spodoptera frugiperda* immune response and mortality* (DOI: 10.13057/biodiv/d241053).

Data penelitian bab 6 dengan judul "**Efektivitas Formulasi Cair Jamur Endofit sebagai Bioinsektisida terhadap *Spodoptera frugiperda***" didanai oleh Anggaran DIPA Badan Layanan Umum, Universitas Sriwijaya, Tahun Anggaran 2024, No. SP DIPA-023.17.2.677515/2024 tanggal 24 November 2023, Sesuai dengan SK Rektor, Nomor 0016/UN9/SK.LP2M.PT/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. dan bab 7 dengan judul "**Potensi Ekstrak Kasar Jamur Endofit sebagai Agens Pengendali Larva *Spodoptera frugiperda***" 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.

Semoga disertasi ini dapat memberikan manfaat, baik bagi pengembangan ilmu pengetahuan maupun untuk kemajuan pertanian di Indonesia. Akhir kata, saya berharap semoga disertasi ini dapat memberikan kontribusi yang signifikan dalam bidang Ilmu Pertanian dan dapat menjadi referensi yang bermanfaat bagi perkembangan penelitian selanjutnya.

Palembang, 30 Desember 2024  
Jelly Milinia Puspita Sari

## DAFTAR ISI

HALAMAN PERTYATAAN.....	
<b>Error! Bookmark not defined.</b>	
RIWAYAT HIDUP.....	vi
KATA PENGANTAR .....	vii
DAFTAR ISI.....	x
DAFTAR TABEL.....	xii
DAFTAR GAMBAR .....	xv
DAFTAR LAMPIRAN.....	xxx
BAB 1 PENDAHULUAN UMUM .....	1
1.1. Latar Belakang .....	1
1.2. Perumusan Masalah.....	2
1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian.....	3
1.4. Tujuan Penelitian.....	3
1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian.....	4
BAB 2 TINJAUAN PUSTAKA .....	7
2.1. <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	7
2.2. Jagung ( <i>Zea mays</i> ) .....	13
2.3. Syarat Tumbuh Jagung.....	14
2.4. Jamur Endofit.....	14
2.5. Interaksi Multifaset Antara Endofit dan Tumbuhan .....	20
2.6. Mekanisme Jamur Menginfeksi Serangga .....	22
2.7. Jamur Entomopatogen Bersifat Endofit pada Tumbuhan .....	24
2.8. Tipe Konidia Jamur.....	26
2.9. Tipe Sel Mitosis Serangga .....	27
BAB 3 METODE PENELITIAN.....	29
BAB 4 KOLONISASI JAMUR ENDOFIT PADA BIBIT JAGUNG MELALUI PERLAKUAN SEED TREATMENT DAN PENGARUHNYA TERHADAP <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	32
BAB 5 PENGARUH INOKULASI JAMUR ENTOMOPATOGEN ENDOFIT PADA TANAMAN JAGUNG TERHADAP RESPONS IMUN DAN MORTALITAS <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	54

BAB 6 EFEKTIVITAS FORMULASI CAIR JAMUR ENDOFIT SEBAGAI BIOINSEKTISIDA TERHADAP <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	71
BAB 7 POTENSI EKSTRAK KASAR JAMUR ENDOFIT SEBAGAI AGENS PENGENDALIAN UNTUK MEMBUNUH LARVA <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	94
BAB 8 PEMBAHASAN UMUM .....	119
BAB 9 KESIMPULAN .....	1245
DAFTAR PUSTAKA .....	136
LAMPIRAN .....	147

## DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Pengaruh isolat jamur terhadap rata-rata kolonisasi (%) atau perse- ntase daun yang terkolonisasi jamur entomopatogen endofit pada hari ke 7 dan 14 setelah inokulasi .....	39
Tabel 4.2. Karakteristik bibit jagung yang diberi perlakuan seed treatment dengan jamur endofit pada umur 14 hari setelah tanam.....	42
Tabel 4.3. Mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan bibit jagung yang telah di kolonisasi oleh jamur endofit dan tanpa jamur endofit .....	43
Tabel 4.4. Kemampuan survival larva, pupa dan imago <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi makan bibit jagung yang telah di kolonisasi oleh jamur endofit dan tanpa jamur endofit .....	44
Tabel 5.1. Total hemosit larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan bibit jagung yang telah di kolonisasi jamur endofit mhari 1-5 .....	63
Tabel 5.2. Total hemosit larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan bibit jagung yang telah di kolonisasi jamur endofit hari 6-10.....	63
Table 5.3. Berat larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) hari ke 1-5.....	64
Table 5.4. Berat larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) hari ke 6-11 .....	65
Tabel 5.5. Berat kotoran yang dihasilkan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) hari ke 1-5 .....	66
Tabel 5.6. Berat kotoran yang dihasilkan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) hari ke 6-11 .....	66

Table 5.7. Persentase larva menjadi pupa yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) .....	67
Table 5.8. Berat dan panjang pupa yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ).....	67
Table 5.9. Pupa menjadi imago yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ).....	68
Table 5.10. Panjang dan rentang sayap imago yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) .....	69
Table 5.11. Jumlah imago dan jumlah telur yang diletakan yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) .....	69
Tabel 6.1. Formulasi bioinsektisida cair jamur endofit.....	84
Tabel 6.2. Kerapatan spora bioinsektisida cair jamur endofit entomopatogen ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) .....	86
Tabel 6.3. Viabilitas bioinsektisida cair jamur endofit entomopatogen 1 dan 2 .....	87
Tabel 6.4. Viabilitas bioinsektisida cair jamur endofit entomopatogen 3 dan 4 .....	88
Tabel 6.5. Pengaruh bioinsektisida cair berbasis jamur endofit entomopatogen dengan konsentrasi 100 ppm terhadap keberhasilan <i>Spodoptera frugiperda</i> menghasilkan telur.....	90
Tabel 6.6. Waktu kematian (Lt 50) larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang memakan daun jagung yang telah diberi perlakuan ekstrak kasar jamur endofit (100 ppm) .....	90
Tabel 7.1. Lokasi Asal Isolat Jamur Endofit Sumatera Selatan Indonesia .....	98
Tabel 7.2. Warna media kultur jamur entomopatogen sebelum dan sesudah 4 minggu kultivasi .....	105
Tabel 7.3. Ekstrak filtrat hasil penyaringan kultur setelah 4 minggu kultivasi (mL).....	106
Tabel 7.4. Berat ekstrak pekat jamur umur 4 minggu setelah kultivasi.....	107
Tabel 7.5. Analitik klt (rf) dan uji fitokimia jamur endofit.....	111
Tabel 7.6. Berat badan larva <i>spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100	

ppm) .....	112
Tabel 7.7. Berat badan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100 ppm).....	113
Tabel 7.8. Berat badan larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100 ppm).....	112
Tabel 7.9. Berat kotoran larva <i>spodoptera frugiperda</i> setelah memakan daun jagung yang telah diberi metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100 ppm).....	114
Tabel 7.10. Berat kotoran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah memakan daun jagung yang telah diberi metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100 ppm).....	114
Tabel 7.11. Berat kotoran larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah memakan daun jagung yang telah diberi metabolit sekunder jamur endofit hari pertama (100 ppm).....	114
Tabel 7.12. Waktu kematian (Lt 50 dan Lt 95) larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang memakan daun jagung yang telah diberi perlakuan ekstrak kasar jamur endofit (100 ppm).....	117
Tabel 7.13. Persentase larva jadi pupa dan imago .....	119
Tabel 7.14. Jumlah imago jantan. Betina. Dan jumlah telur yang diletakan ...	119



## DAFTAR GAMBAR

Gambar 2.1. Morfologi telur <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	8
Gambar 2.2. Morfologi larva <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	9
Gambar 2.3. Morfologi pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> ; betina (A) dan jantan (B) .....	10
Gambar 2.4. Morfologi imago <i>Spodoptera frugiperda</i> imago jantan (A) dan imago betina (B) <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	10
Gambar 2.5. Siklus hidup <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	11
Gambar 2.6. Gejala serangan <i>Spodoptera frugiperda</i> pada jagung .....	12
Gambar 2.7. Morfologi jagung ( <i>Zea mays</i> ).....	13
Gambar 2.8. Fase pertumbuhan bibit jagung .....	14
Gambar 2.9. Interaksi jamur endofit dengan tanaman, arthropoda, tanah, dan mikroorganisme.....	15
Gambar 2.10. Morfologi <i>Beauveria bassiana</i> : koloni jamur <i>Beauveria bassiana</i> pada media PDA (A), dan struktur jamur <i>Beauveria bassiana</i> secara mikroskopis.....	16
Gambar 2.11. Morfologi <i>Metarhizium anisopliae</i> : koloni jamur pada media PDA (A), dan struktur jamur secara mikroskopis .....	17
Gambar 2.12. Koloni jamur (A) dan Konidia <i>Chaetomium</i> sp .....	18
Gambar 2.13. Koloni (A) (A. Abrar <i>et al.</i> , 2020) dan konidia <i>Aspergillus</i> sp. ....	18
Gambar 2.14. Koloni (A) dan konidia <i>Curvularia lunata</i> (B).....	19
Gambar 2.15. Interaksi multifaset endofit dengan tanaman inang.....	20
Gambar 2.16. Siklus hidup umum untuk jamur patogen serangga .....	23
Gambar 2.17. Serangga yang terinfeksi <i>Beauveria</i> sp .....	24
Gambar 2.18. Model potensial untuk evolusi (dari atas ke bawah) peristiwa genetik yang mengarah pada gaya hidup multifungsi jamur entomopatogen .....	25

Gambar 2.19. Memindai mikrograf elektron dari tahap perkembangan <i>B. bassiana</i> , sebuah konidia aerial yang dihasilkan pada agar YPG .....	26
Gambar 2.20. Jenis sel hemosit sebagai respons terhadap infeksi <i>Metarhizium anisopliae</i> (1) sebelum dan (2) setelah infeksi; Granulocyte (A), Prohemocyte (B), Plasmacyte (C), Coagulocyte (D), Oenocyte (E), dan Spherule cells (F).....	28
Gambar 3.1. Bagan alir penelitian jamur endofit untuk membunuh <i>Spodoptera frugiperda</i> dan meningkatkan pertumbuhan jagung.....	30
Gambar 4.1. Deteksi Jamur Endofit pada Jaringan Daun Bibit Jagung dengan Fluoresensi Hijau Cerah yang Menunjukkan Koloni Jamur Endofit, Ditunjukkan dengan Tanda Panah: Kontrol (A), GaTpeOi (B), PsgTjPr (C), JgSPK (D), JgTjPr (E), JaGiP (F), PiCrPga (G), JaGiPRB (H), CMTJP (I), JaMsBys (J), JaSpkPGA(2) (K), JgCrJr (L), JaTpOi(1) (M), JaSpkPga(3) (N), CaCjPga (O), JgByu (P), JaTgSr (Q), JaBuBys (R), JgPWSR (S), JaTpOi(2) (T), CaTpPga (U) .....	40
Gambar 4.2. Tinggi bibit jagung yang diberi perlakuan seed treatment dengan jamur endofit.....	41
Gambar 4.3. Morfologi bibit jagung umur 14 hari setelah tanam: kontrol (A), GaTpeOi (B), PsgTjPr (C), JgSPK (D), JgTjPr (E), JaGiP (F), PiCrPga (G), JaGiPRB (H), CMTJP (I), JaMsBys (J), JaSpkPGA(2) (K), JgCrJr (L), JaTpOi (1) (M), JaSpkPga (3) (N), CaCjPga (O), JgByu (P), JaTgSr (Q), JaBuBys (R), JgPWSR (S), JaTpOi(2) (T), CaTpPga (U) .....	41
Gambar 4.4. Morfologi larva <i>Spodoptera frugiperda</i> : larva sehat pada perlakuan kontrol (A) dan larva mati yang terinfeksi jamur endofit (B).....	44
Gambar 4.5. Fekunditas <i>Spodoptera frugiperda</i> betina dewasa yang diberi makan bibit jagung yang di kolonisasi jamur endofit.....	45

Gambar 4.6. Waktu perkembangan <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah diberi makan bibit jagung yang telah di kolonisasi oleh jamur endofit dengan konsentrasi $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> .....	46
Gambar 5.1. Tipe hemosit larva <i>Spodoptera frugiperda</i> ; Prohemosit (A-E), Plasmatosit (F), Oenositoid (G), Coagulosit (H), Granulosit (I)	62
Gambar 5.2. Mortalitas kumulatif larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan jamur endofit ( $1 \times 10^{10}$ konidia mL <sup>-1</sup> ) selama 14 hari pengamatan .....	64
Gambar 5.3. Morfologi <i>Spodoptera frugiperda</i> : larva kontrol yang sehat (A), larva mati yang terinfeksi jamur endofit tampak dari bagian dorsal (B), larva mati yang terinfeksi jamur endofit tampak dari bagian lateral (C), prepupa mati (D), dan prepupa gagal jadi pupa (E) .....	70
Gambar 5.4. Morfologi pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> : pupa kontrol sehat (A) dan pupa malformasi tidak sehat yang terinfeksi jamur endofit (B) .....	70
Gambar 5.5. Morfologi dewasa <i>Spodoptera frugiperda</i> : Imago sehat kontrol (A) dan tidak sehat dengan Imago malformasi terinfeksi jamur endofit (B).....	70
Gambar 6.1. Mortalitas kumulatif larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan bioinsektisida cair berbasis jamur endofit entomopatogen dengan konsentrasi 100 ppm .....	88
Gambar 6.2. Morfologi larva <i>Spodoptera frugiperda</i> yang diberi perlakuan bioinsektisida cair berbasis jamur endofit entomopatogen dengan konsentrasi 100 ppm; hari ke satu (A), hari ke dua (B), dan hari ketiga (C) .....	88
Gambar 6.3. Morfologi <i>Spodoptera frugiperda</i> ; kontrol (A) dan terinfeksi jamur setelah aplikasi bioinsektisida cair .....	89
Gambar 7.1. Morfologi koloni jamur endofit pada media PDA dan morfologi mikroskopis; isolat JgTpOi(2) <i>Penicillium citrinum</i> pada media GYA (A <sub>1</sub> ), morfologi koloni pada media GYA (A <sub>2</sub> ), struktur jamur endofit (A <sub>3</sub> ), isolat JgSPK <i>Beauveria bassiana</i> pada	

media GYA (B <sub>1</sub> ), morfologi koloni pada media GYA (B <sub>2</sub> ), struktur jamur endofit (B <sub>3</sub> ), dan isolat CaTpPga <i>Metarhizium anisopliae</i> pada media GYA (C <sub>1</sub> ), morfologi koloni pada media GYA (C <sub>2</sub> ), struktur jamur endofit (C <sub>3</sub> ) .....	90
Gambar 7.2. Mekanisme pembiakan massal <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	100
Gambar 7.3. Mekanisme kultivasi jamur endofit pada media PDB dan GYB (A) dan ekstraksi jamur endofit (B).....	101
Gambar 7.4. Skema cara menghitung nilai Rf .....	102
Gambar 7.5. Skema uji hayati pada <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	103
Gambar 7.6. Morfologi jamur entomopatogen pada media PDB dan GYB sebelum dan setelah empat minggu kultivasi; isolat JgTpOi(2) <i>Penicillium citrinum</i> pada media PDB (A), isolat JgSPK <i>Beauveria bassiana</i> pada media PDB (B), dan isolat CaTpPga <i>Metarhizium anisopliae</i> pada media PDB (C), isolat JgTpOi(2) <i>Penicillium citrinum</i> pada media GYB (D), isolat JgSPK <i>Beauveria bassiana</i> pada media GYB (E), dan isolat CaTpPga <i>Metarhizium anisopliae</i> pada media GYB (F).....	105
Gambar 7.7. Visualisasi uji kromatografi lapis tipis (KLT) jamur endofit (A), Terpenoid/Steroid dengan pereaksi asam sulfat (B), Fenol/tanin dengan pereaksi FeCl <sub>3</sub> 20% (C), dan Flavonoid dengan pereaksi natrium hidoksida (D).....	110
Gambar 7.8. Mortalitas larva <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	116
Gambar 7.9. Morfologi larva <i>Spodoptera frugiperda</i> setelah aplikasi ekstrak filtrat jamur entomopatogen; isolat JgTpOi(2) <i>P. citrinum</i> pada media PDB (A). isolat JgSPK <i>Beauveria bassiana</i> pada media PDB (B). dan isolat CaTpPga <i>Metarhizium anisopliae</i> pada media PDB (C). isolat JgTpOi(2) <i>P. citrinum</i> pada media GYB (D). isolat JgSPK <i>Beauveria bassiana</i> pada media GYB (E). dan isolat CaTpPga <i>Metarhizium anisopliae</i> pada media GYB (F) .....	118
Gambar 7.10. Morfologi pupa <i>Spodoptera frugiperda</i> ; sehat (A) dan sakit (B).....	120

Gambar 7.11. Morfologi imago *Spodoptera frugiperda* ; sehat (A) dan sakit  
(B)..... 120

## DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Analisis LC-Ms senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh isolat <i>Beauveria bassiana</i> .....	146
Lampiran 2. Analisis LC-Ms senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh isolat <i>Metarhizium anisopliae</i> .....	147
Lampiran 3. Analisis LC-Ms senyawa bioaktif yang dihasilkan oleh isolat <i>Penicillium citrinum</i> .....	148
Lampiran 4. Kolonisasi jamur endofit pada bibit jagung melalui perlakuan seed treatment dan pengaruhnya terhadap <i>Spodoptera</i> <i>frugiperda</i> .....	149
Lampiran 5. Pengaruh jamur entomopatogen endofit pada tanaman jagung terhadap respons imun dan mortalitas <i>Spodoptera frugiperda</i> .	163
Lampiran 6. Efektivitas formulasi cair jamur endofit sebagai bioinsektisida terhadap <i>Spodoptera frugiperda</i> .....	176
Lampiran 7. Potensi ekstrak kasar jamur endofit sebagai agens pengendalian untuk membunuh larva <i>Spodoptera frugiperda</i> .	180

# BAB 1

## PENDAHULUAN UMUM

### 1.1. Latar Belakang

Jagung (*Zea mays* L.) merupakan tanaman pangan penting yang banyak dibudidayakan di berbagai wilayah Indonesia, termasuk lahan suboptimal dan dataran tinggi Sumatera Selatan (Ateka *et al.*, 2024; Pertiwi *et al.*, 2024). Jagung memiliki peran signifikan dalam perekonomian dan ketahanan pangan Masyarakat (Pan *et al.*, 2024). Salah satu permasalahan utama dalam produksi jagung adalah hama. *Spodoptera frugiperda*, dikenal sebagai fall armyworm (FAW), merupakan salah satu hama yang paling merusak pada jagung (Bakry and Abdel-Baky, 2024; Sari *et al.*, 2024). Hama ini memiliki kemampuan untuk menyebar dengan cepat dan menyebabkan kerusakan signifikan pada jagung, terutama di wilayah tropis dan subtropis (Ali *et al.*, 2023). Di Indonesia, serangan FAW umumnya terjadi pada jagung dengan kerusakan yang bervariasi: di Lampung berkisar antara 26,50% hingga 70% (Lestari *et al.*, 2020b), di Bali mencapai 47,84% (Yudha and Wiradana, 2021), dan di Nusa Tenggara Timur berkisar antara 85% hingga 100% (Mukkun *et al.*, 2021b). Salah satu solusi yang berkembang untuk mengatasi masalah ini adalah penggunaan jamur endofit untuk pengendalian hama *S. frugiperda*.

Jamur endofit adalah mikroorganisme yang hidup di dalam jaringan tanaman tanpa menyebabkan penyakit pada inangnya (Akram *et al.*, 2023). Herlinda *et al.*, (2020) melaporkan pertama kali bahwa *B. bassiana* dari jagung dan *M. anisopliae* diisolasi dari cabai merah sebagai jamur endofit entomopatogen terhadap larva *S. frugiperda* di Indonesia (Herlinda *et al.*, 2021a) namun belum dilaporkan metabolit sekunder dari hasil tersebut. *B. bassiana* (An *et al.*, 2021), *M. anisopliae* (Singh *et al.*, 2019), dan *P. citrinum* (Nicoletti *et al.*, 2023) telah dikenal mampu menghasilkan berbagai metabolit sekunder yang memiliki aktivitas biologis, termasuk sifat insektisidal. Metabolit sekunder ini berpotensi digunakan sebagai agens pengendali hama yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jamur endofit memiliki kemampuan untuk menghasilkan metabolit sekunder dengan aktivitas bioinsektisida yang tinggi (Gurulingappa *et al.*, 2011; Russo *et al.*, 2019; Wilberts, 2023). Selain itu, jamur endofit yang berasal dari lahan suboptimal dan dataran tinggi seringkali memiliki adaptasi khusus yang memungkinkan mereka untuk bertahan dalam kondisi lingkungan yang ekstrem (Yadav *et al.*, 2021), sehingga meningkatkan potensi mereka sebagai sumber

metabolit sekunder yang efektif (Omomowo *et al.*, 2023). Jamur entomopatogen telah banyak dikembangkan sebagai agens pengendali hayati, namun penggunaannya masih terbatas karena rentan terhadap sinar ultraviolet, kelembaban rendah, dan kesulitan menjangkau hama sasaran ketika diaplikasikan secara topikal di lapangan, terutama pada larva *S. frugiperda* (Russo *et al.*, 2020).

Dengan demikian, penelitian ini bertujuan untuk mengeksplorasi potensi jamur endofit yang diisolasi dari tanaman jagung dan cabai di lahan suboptimal dan dataran tinggi Sumatera Selatan dalam menghasilkan metabolit sekunder yang dapat digunakan sebagai bioinsektisida. Eksplorasi ini diharapkan dapat memberikan alternatif pengendalian hama yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan, serta meningkatkan produktivitas pertanian di wilayah tersebut.

## **1.2. Perumusan Masalah**

Berdasarkan latar belakang diatas, rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Bagaimana tingkat kolonisasi jamur endofit pada jaringan bibit jagung setelah diinokulasi dengan metode seed treatment?
2. Sejauh mana kolonisasi jamur endofit pada tanaman mempengaruhi tingkat pertumbuhan, perkembangan, dan mortalitas larva *Spodoptera frugiperda* ?
3. Apa saja tipe hemosit yang terdapat pada larva *Spodoptera frugiperda* , dan bagaimana distribusi konsentrasinya pada larva yang diberi perlakuan jamur endofit dibandingkan dengan kontrol?
4. Apakah fenomena enkapsulasi terjadi pada larva *Spodoptera frugiperda* yang diberi makan bibit jagung yang terkolonisasi jamur endofit?
5. Apakah formulasi bioinsektisida cair berbasis jamur endofit dapat dikembangkan dengan bahan minyak kelapa sawit dan mineral oil efektif dan stabil untuk mengendalikan *Spodoptera frugiperda* ?
6. Bagaimana metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit pada media PDA dan PDB dengan uji fitokimia dan teknik LC-MS?



### 1.3. Tujuan dan Manfaat Penelitian

#### 1.4. Tujuan Penelitian

Berdasarkan rumusan masalah diatas, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut;

1. Mendeteksi kolonisasi jamur endofit pada jaringan bibit jagung yang diinokulasi dengan metode seed treatment menggunakan *Fluorescein Diacetate* (FDA) sebagai indikator viabilitas seluler.
2. Menilai pengaruh kolonisasi jamur endofit terhadap tingkat pertumbuhan larva *Spodoptera frugiperda* .
3. Mengidentifikasi tipe-tipe hemosit yang terdapat pada larva *Spodoptera frugiperda* serta menghitung konsentrasinya pada kondisi kontrol dan perlakuan.
4. Mengevaluasi keberadaan fenomena enkapsulasi pada larva *Spodoptera frugiperda* yang diberi makan bibit jagung yang terkolonisasi jamur endofit.
5. Mengembangkan formulasi bioinsektisida cair berbasis jamur endofit dengan menggunakan bahan minyak kelapa sawit dan mineral oil untuk meningkatkan efikasi dan stabilitas.
6. Mendeteksi metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit pada media PDA dan PDB. Serta menganalisis senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit menggunakan teknik Liquid Chromatography-Mass Spectrometry (LC-MS).

#### Manfaat Penelitian

Diharapkan penelitian ini dapat memberikan manfaat ilmiah, praktis, dan ekonomi yang dari hasil penelitian jamur endofit untuk membunuh *Spodoptera frugiperda* dan meningkatkan pertumbuhan bibit jagung yaitu;

1. Memberikan pemahaman dasar tentang kolonisasi jamur endofit pada tanaman jagung serta interaksi antara tanaman, jamur, dan serangga hama ( *Spodoptera frugiperda* ).
2. Mengidentifikasi senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur endofit, yang berpotensi menjadi dasar untuk pengembangan bioinsektisida berbasis mikroorganismenya.

3. Meningkatkan teknik deteksi jamur endofit dengan menggunakan Fluorescein Diacetate (FDA), yang dapat diaplikasikan pada penelitian serupa di masa depan.
4. Memperluas pengetahuan tentang respon imun larva *Spodoptera frugiperda*, khususnya fenomena enkapsulasi dan peran hemosit dalam perlakuan endofit.
5. Menyediakan data ilmiah untuk pengembangan bioinsektisida yang lebih ramah lingkungan sebagai alternatif terhadap insektisida kimia.
6. Hasil penelitian ini dapat digunakan untuk mengembangkan bioinsektisida cair berbasis jamur endofit, yang memiliki efikasi tinggi terhadap *Spodoptera frugiperda* tanpa merusak lingkungan atau ekosistem.
7. Penggunaan bioinsektisida berbasis jamur endofit dapat mengurangi ketergantungan pada insektisida kimia, yang sering kali mahal dan berisiko terhadap kesehatan manusia serta lingkungan.
8. Pengembangan bioinsektisida cair berbasis jamur endofit membuka peluang untuk industri lokal dalam produksi dan pemasaran produk pengendalian hama yang inovatif.
9. Dengan mengurangi penggunaan insektisida kimia, biaya yang dikeluarkan untuk memulihkan lahan atau lingkungan akibat kerusakan kimia dapat diminimalkan.

## **1.5. Ruang Lingkup dan Batasan Penelitian**

### **Ruang Lingkup Penelitian**

Adapun ruang lingkup penelitian yang merujuk pada batasan geografis, tematik, dan metodologis yang menjelaskan area yang akan diteliti serta hal-hal yang tidak termasuk dalam penelitian yaitu;

1. Penelitian ini akan fokus pada jamur endofit hasil eksplorasi dari jagung dan cabe di dataran rendah dan tinggi Sumatera Selatan, yang diinokulasi melalui metode seed treatment untuk menilai pengaruhnya terhadap kolonisasi jamur pada bibit jagung dan dampaknya terhadap *Spodoptera frugiperda*. Fokus utama adalah jamur endofit yang memiliki potensi sebagai agens pengendali hayati.
2. Penelitian ini akan mencakup jenis-jenis jamur endofit yang telah terbukti atau dipilih berdasarkan literatur dan penelitian sebelumnya yang memiliki kemampuan dalam mengendalikan hama *Spodoptera frugiperda* dan meningkatkan pertumbuhan jagung.

3. Fokus penelitian ini adalah pada larva *Spodoptera frugiperda* yang digunakan sebagai organisme sasaran untuk menilai pengaruh jamur endofit terhadap mortalitas dan pertumbuhan serangga. Penelitian ini tidak akan melibatkan hama lain atau faktor eksternal yang mempengaruhi populasi *Spodoptera frugiperda*.
4. Penelitian akan menggunakan teknik laboratorium untuk mendeteksi kolonisasi jamur endofit pada bibit jagung menggunakan Fluorescein Diacetate (FDA). Selain itu, evaluasi pertumbuhan bibit jagung dan mortalitas larva *Spodoptera frugiperda* akan dilakukan dalam kondisi terkontrol.
5. Pengukuran parameter yang akan dilakukan mencakup pengamatan terhadap pertumbuhan bibit jagung, yang meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan biomassa. Untuk *Spodoptera frugiperda*, parameter yang diukur adalah tingkat mortalitas dan perubahan pada pola makan serta perilaku larva yang terpapar jamur endofit.
6. Penelitian ini akan mengembangkan formulasi bioinsektisida cair berbasis jamur endofit menggunakan bahan minyak kelapa sawit dan mineral oil. Uji efektivitas dari formulasi ini akan dilakukan terhadap larva *Spodoptera frugiperda* dalam kondisi laboratorium.
7. Penelitian ini hanya akan dilakukan dalam kondisi laboratorium dengan menggunakan bahan dan peralatan yang tersedia. Uji lapangan atau pengujian pada sistem pertanian nyata tidak menjadi bagian dari penelitian ini.

### **Batasan Penelitian**

Adapun faktor-faktor yang membatasi cakupan, hasil, atau generalisasi dari penelitian jamur endofit untuk membunuh *Spodoptera frugiperda* dan meningkatkan pertumbuhan jagung;

1. Metode *Fluorescein Diacetate* (FDA) hanya jamur endofit yang masih dalam kondisi hidup (viable) yang dapat terdeteksi. Jamur mati atau tidak aktif mungkin tidak terdeteksi dengan metode ini.

2. Tidak semua spesies jamur akan merespons sama terhadap pemberian FDA. Beberapa jamur mungkin memerlukan kondisi khusus atau substansi tambahan agar dapat terdeteksi secara efektif.
3. FDA berguna untuk menunjukkan keberadaan jamur endofit namun ia tidak memberikan informasi kuantitatif yang spesifik tentang tingkat kolonisasi atau jumlah jamur di dalam jaringan bibit jagung.
4. Deteksi FDA membutuhkan mikroskop fluoresensi atau alat yang mampu mendeteksi sinyal fluoresensi dengan sensitivitas tinggi. Keterbatasan alat atau keahlian dalam penggunaan mikroskop fluoresensi dapat menjadi penghambat dalam memperoleh hasil yang optimal.
5. Penelitian ini hanya menggunakan metode laboratorium untuk mendeteksi kolonisasi jamur endofit pada bibit jagung dan mengukur pertumbuhan tanaman serta dampak terhadap *Spodoptera frugiperda* . Penelitian ini belum menguji efektivitas jamur endofit dalam kondisi lapangan yang lebih kompleks atau dalam sistem pertanian yang lebih luas.

## DAFTAR PUSTAKA

- Abbas, A., Ullah, F., Hafeez, M., Han, X., Zulqar, M., Dara, N., Gul, H., Zhao, C.R., 2022. Biological Control of Fall Armyworm , *Spodoptera frugiperda* . Agronomy 1–16.
- Abrar, Amina, Ali, Z., Mughal, T., Maliki, K., Sarwar, S., Oneed, M., Abbas, M., Qamar, H., Nasir, R., 2020. Effects of entomopathogenic *Aspergillus flavus* on tomato plant (*Solanum lycopersicum*) endophytic activity under agro-climatic condition of Lahore, Punjab-Pakistan. *Pure Appl. Biol.* 9, 517–527. <https://doi.org/10.19045/bspab.2020.90057>
- Abrar, A., Mughal, T.A., Sarwar, S., Oneeb, M., Malik, K., Saif, S., Abbas, M., 2020. *Aspergillus pakistanicus*: Microscopic and phylogenetic analysis of a new entomopathogenic fungi isolated from the soil of the changa manga forest, pakistan. *Appl. Ecol. Environ. Res.* 18, 3795–3804. [https://doi.org/10.15666/aeer/1803\\_37953804](https://doi.org/10.15666/aeer/1803_37953804)
- Access, O., 2015. We Are Intechopen , The World ' S Leading Publisher Of Open Access Books Built By Scientists 1, 114–112.
- Akram, S., Ahmed, A., He, Pengfei, He, Pengbo, Liu, Y., Wu, Y., Munir, S., He, Y., 2023. Uniting the Role of Endophytic Fungi against Plant Pathogens and Their Interaction. *J. Fungi* 9. <https://doi.org/10.3390/jof9010072>
- Akutse, K.S., Kimemia, J.W., Ekesi, S., Khamis, F.M., Ombura, O.L., Subramanian, S., 2019. Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *J. Appl. Entomol.* 143, 626–634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>
- Alex, D., Li, D., Calderone, R., Peters, S.M., 2013. Identification of *Curvularia lunata* by polymerase chain reaction in a case of fungal endophthalmitis. *Med. Mycol. Case Rep.* 2, 137–140. <https://doi.org/10.1016/j.mmcr.2013.07.001>
- Ali, M.P., Haque, S.S., Hossain, M.M., Bari, M.N., Kabir, M.M.M., Roy, T.K., Datta, J., Howlader, M.T.H., Alam, S.N., Krupnik, T.J., 2023. Development and demographic parameters of Fall Armyworm ( *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) when feeding on rice (*Oryza sativa*). *CABI Agric. Biosci.* 4, 1–14. <https://doi.org/10.1186/s43170-023-00162-6>
- An, R., Ahmed, M., Li, H., Wang, Y., Zhang, A., Bi, Y., Yu, Z., 2021. Isolation, purification and identification of biological compounds from *Beauveria* sp. and their evaluation as insecticidal effectiveness against *Bemisia tabaci*. *Sci. Rep.* 11, 1–11. <https://doi.org/10.1038/s41598-021-91574-9>
- Anggraeni, T., Melanie, Putra, R.E., 2011. Cellular and humoral immune defenses of *Oxya japonica* (Orthoptera: Acrididae) to entomopathogenic fungi *Metarhizium anisopliae*. *Entomol. Res.* 41, 1–6. <https://doi.org/10.1111/j.1748-5967.2010.00311.x>
- Arifin, B., Achsani, N.A., Martianto, D., Sari, L.K., Firdaus, A.H., 2019. The Future of Indonesian Food Consumption. *J. Ekon. Indones.* 8, 71–102. <https://doi.org/10.52813/jei.v8i1.13>
- Assefa, F., Ayalew, D., 2019. Status and control measures of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* ) infestations in maize fields in Ethiopia: A review .

- Cogent Food Agric. 5, 1641902.  
<https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641902>
- Ateka, B., Alemayehu, M., Adgo, E., Assefa, F., Mengist, Y., 2024. Effects of eco-green and inorganic nitrogen fertilizer rates on growth and green pod yield of hot pepper (*Capsicum annum* L.) in Bahir Dar Zuria District of Amhara Region, Ethiopia. *Discov. Sustain.* 5. <https://doi.org/10.1007/s43621-024-00311-5>
- Babu, S.R., Kalyan, R.K., Joshi, S., Balai, C.M., Mahla, M.K., 2019. Report of an exotic invasive pest the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) on maize in Southern Rajasthan. *J. Entomol. Zool. Stud.* 7, 1296–1300.
- Badan Pusat Statistika, 2024. Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Jagung Menurut Provinsi pada Tahun 2023-2024, Badan Pusat Statistik.
- Bakry, M.M.S., Abdel-Baky, N.F., 2024. Impact of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) infestation on maize growth characteristics and yield loss. *Brazilian J. Biol.* 84, 1–16. <https://doi.org/10.1590/1519-6984.274602>
- Balla, A., Bhaskar, M., Bagade, P., Rawal, N., 2020. Yield losses in maize (*Zea mays*) due to fall armyworm infestation and potential IoT-based interventions for its control. *ResqearchGate*.
- Baloch, M.N., Fan, J., Haseeb, M., Zhang, R., 2020. Mapping potential distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Central Asia. *Insects* 11, 1–10.
- Bamisile, B.S., Senyo Akutse, K., Dash, C.K., Qasim, M., Ramos Aguila, L.C., Ashraf, H.J., Huang, W., Hussain, M., Chen, S., Wang, L., 2020. Effects of Seedling Age on Colonization Patterns of Citrus limon Plants by Endophytic *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* and Their Influence on Seedlings Growth. *J. Fungi* 6, 29. <https://doi.org/10.3390/jof6010029>
- Barra-Bucarei, L., González, M.G., Iglesias, A.F., Aguayo, G.S., Peñalosa, M.G., Vera, P.V., 2020. *Beauveria bassiana* multifunction as an endophyte: Growth promotion and biologic control of trialeurodes vaporariorum, (westwood) (hemiptera: Aleyrodidae) in tomato. *Insects* 11, 1–15. <https://doi.org/10.3390/insects11090591>
- Baudron, F., Zaman-Allah, M.A., Chaipa, I., Chari, N., Chinwada, P., 2019. Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Prot.* 120, 141–150.
- Bay, M.M., Anggraeni, T., 2016. Identifikasi Tipe Sel Hemosit Larva Serangga Trigona Sp (Hymenoptera: Apidae) dan Fungsinya Terhadap Pertahanan Tubuh. *Bio – Edu J. Pendidik. Biol.* 1, 39-41.
- Behie, S.W., Jones, S.J., Bidochka, M.J., 2015. Plant tissue localization of the endophytic insect pathogenic fungi *Metarhizium* and *Beauveria*. *Fungal Ecol.* 13, 112–119. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2014.08.001>
- Biswas, S., Kundu, A., Suby, S.B., Kushwah, A.S., Patanjali, N., Shasany, A.K., Verma, R., Saha, S., Mandal, A., 2024. *Lippia alba* — a potential bioresource for the management of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) 1–13. <https://doi.org/10.3389/fpls.2024.1422578>
- da Silva, D.M., Bueno, A. de F., Andrade, K., Stecca, C. dos S., Neves, P.M.O.J., de Oliveira, M.C.N., 2017. Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda*

- (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. *Sci. Agric.* 74, 18–31.
- de Oliveira Barbosa Bitencourt, R., Corrêa, T.A., Santos-Mallet, J., Santos, H.A., Lowenberger, C., Moreira, H.V.S., Gôlo, P.S., Bittencourt, V.R.E.P., da Costa Angelo, I., 2023. *Beauveria bassiana* interacts with gut and hemocytes to manipulate *Aedes aegypti* immunity. *Parasites and Vectors* 16, 1–12. <https://doi.org/10.1186/s13071-023-05655-x>
- Density, C., Against, T.V., 2019. Conidial Density and Viability of *Beauveria bassiana* Isolates from Java and Sumatra 1, 335–349.
- Early, R., González-Moreno, P., Murphy, S.T., Day, R., 2018. Forecasting the global extent of invasion of the cereal pest *Spodoptera frugiperda*, the fall armyworm. *NeoBiota* 25–50. <https://doi.org/10.3897/neobiota.40.28165>
- Elfita, Mardiyanto, Fitrya, Larasati, J.E., Julinar, Widjajanti, H., Muharni., 2019. Antibacterial activity of *Cordyline fruticosa* leaf extracts and its endophytic fungi extracts. *Biodiversitas J. Biol. Divers.* 20, 3804–3812.
- Enríquez-Vara, J.N., Crdoba-Aguilar, A., Guzmán-Franco, A.W., Alatorre-Rosas, R., Contreras-Garduño, J., 2012. Is survival after pathogen exposure explained by host's immune strength? A test with two species of white grubs (Coleoptera: Scarabaeidae) exposed to fungal infection. *Environ. Entomol.* 41, 959–965. <https://doi.org/10.1603/EN12011>
- 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, 6652–6660. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231264>
- Feng, M.G., Khachatourians, G.G., Poprawski, T.J., 2010. Production, Formulation and Application of the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* for Insect Control: Current Status. *Biocontrol Sci. Technol.* 4, 3–34. <https://doi.org/10.1080/09583159409355309>
- Fiorotti, J., Menna-barreto, R.F.S., Gôlo, P.S., Coutinho-rodrigues, C.J.B., Oliveira, R., Bitencourt, B., Spadacci-morena, D.D., Angelo, C., Matos, R.S., 2019. Ultrastructural and Cytotoxic Effects of *Metarhizium robertsii* Infection on *Rhipicephalus microplus* Hemocytes. *Front. Physiol.* 10, 1–17. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.00654>
- Ganiger, P.C., Yeshwanth, H.M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A.R.V., Chandrashekara, K., 2018a. Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India. *Curr. Sci.* 115, 621–623. <https://doi.org/10.18520/cs/v115/i4/621-623>
- Ganiger, P.C., Yeshwanth, H.M., Muralimohan, K., Vinay, N., Kumar, A.R.V., Chandrashekara, K., 2018b. Occurrence of the new invasive pest, fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in the maize fields of Karnataka, India. *Curr. Sci.* 115, 621–623.
- Ginting, S., Zarkani, A., Sumarni, T., 2020. Natural Incidence Of Entomopathogenic Fungus *Nomuraea rileyi* ON *Spodoptera frugiperda* Infesting Corn. *ting al. J. HPT Trop.* 20.
- Groote, H. De, Kimenju, S.C., Munyua, B., Palmas, S., Kassie, M., Bruce, A., 2020. Agriculture , Ecosystems and Environment Spread and impact of fall armyworm ( *Spodoptera frugiperda* J . E . Smith ) in maize production areas

- of Kenya. *Agric. Ecosyst. Environ.* 292, 106804. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>
- Gurulingappa, P., McGee, P.A., Sword, G., 2011. Endophytic *Lecanicillium lecanii* and *Beauveria bassiana* reduce the survival and fecundity of *Aphis gossypii* following contact with conidia and secondary metabolites. *Crop Prot.* 30, 349–353. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.11.017>
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwandi, S., 2021a. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenecity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* . *Biodiversitas J. Biol. Divers.* 22, 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220262>
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwandi, S., 2021b. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenecity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* . *Biodiversitas* 22, 1051–1062. <https://doi.org/10.13057/BIODIV/D220262>
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., Suwandi, Suparman, Hamidson, H., Hasbi, Setiawan, A., Verawaty, M., Elfita, Arsi, 2020. Toxicity of entomopathogenic fungal culture filtrate of lowland and highland soil of South Sumatra (Indonesia) against *Spodoptera litura* larvae. *Biodiversitas* 21, 1839–1849. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210510>
- H Kara, O.A.M.A., 2014. *Manual of techniques in invertebrate pathology*, Paper Knowledge . Toward a Media History of Documents.
- Habisukan, U.H., Elfita, Widjajanti, H., Setiawan, A., Kurniawati, A.R., 2021. Diversity of endophytic fungi in syzygium aqueum. *Biodiversitas* 22, 1129–1137. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220307>
- Harrison, R.D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Scha, U., Berg, J. Van Den, 2019. Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith ) management : Providing low-cost , smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Environ. Manage.* 243, 318–330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011>
- Herlinda, Siti, Efendi, R.A., Suharjo, R., Setiawan, A., 2020a. New emerging entomopathogenic fungi isolated from soil in South Sumatra ( Indonesia ) and their filtrate and conidial insecticidal activity against *Spodoptera litura*. *Biodiversitas* 21, 5102–5113.
- Herlinda, S., Fajriah, A.J., Suparman, Anggraini, E., Elfita, Setiawan, A., Verawaty, M., Hasbi, Arsi, 2020. Insecticidal activity of filtrate of *Beauveria bassiana* cultures incubated under the temperatures of 25°C and 34 °c against larvae *Spodoptera litura*. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 468. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012010>
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwandi, S., Suharjo, R., 2022a. Endophytic fungi from South Sumatra ( Indonesia ) in seed-treated corn suppressing *Spodoptera frugiperda* growth. *Biodiversitas* 23, 6013–6020. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231156>
- Herlinda, Siti, Gustianingtyas, M., Suwandi, S., Suharjo, R., Sari, J.M.P., Lestari, R.P., 2021a. 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. *Egypt. J. Biol. Pest Control* 31. <https://doi.org/10.1186/s41938-021-00470-x>
- Herlinda, S., Gustianingtyas, M., Suwandi, S., Suharjo, R., Sari, J.M.P., Suparman,



- Hamidson, H., Hasyim, H., 2022b. Endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) in seed-treated corn suppressing *Spodoptera frugiperda* growth. *Biodiversitas* 23, 6013–6020. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d231156>
- Herlinda, Siti, Octariati, N., Suwandi, S., 2020b. Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas* 21, 2955–2965.
- Herlinda, Siti, Octariati, N., Suwandi, S., Hasbi, 2020c. Exploring entomopathogenic fungi from south sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas* 21, 2955–2965. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210711>
- Herlinda, Siti, Oktareni, S.S., Anggraini, E., Verawaty, M., Lakitan, B., 2020d. Effect of Application of UV Irradiated *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on Larval Weight and Mortality of *Spodoptera litura* 8, 64–70.
- 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 Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 912, 0–8. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/912/1/012019>
- Herlinda, S., Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., Suwandi, S., 2022c. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 21, 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- Herlinda, Siti, Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., Suwandi, S., 2021b. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- Herlinda, Siti, Suharjo, R., Elbi Sinaga, M., Fawwazi, F., Suwandi, S., 2021c. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia and its damage in maize. *J. Saudi Soc. Agric. Sci.* 21, 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- 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, 3576–3582. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210821>
- Jaramillo-Barrios, C.I., Barragán Quijano, E., Monje Andrade, B., 2019. Populations of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) cause significant damage to genetically modified corn crops. *Rev. Fac. Nac. Agron. Medellin* 72, 8953–8962. <https://doi.org/10.15446/rfnam.v72n3.75730>
- 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 Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 911. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/911/1/012056>
- Karenina, T., Herlinda, S., Irsan, C., Pujiastuti, Y., 2020. Community structure of arboreal and soil-dwelling arthropods in three different rice planting indexes in freshwater swamps of South Sumatra, Indonesia 21, 4839–4849.
- Kaur, R., Mavi, G.K., Raghav, S., Khan, I., 2019. Pesticides Classification and its

- Impact on Environment. Int. J. Curr. Microbiol. Appl. Sci. 8, 1889–1897. <https://doi.org/10.20546/ijcmas.2019.803.224>
- Khatun, R., Hossain, K.S., Mandal, B.K., 2019. Entomopathogenic fungus spores in the larval habitat water of *Culex quinquefasciatus* mosquito in Dhaka city , Bangladesh. J. Entomol. Zool. Stud. 7, 512–522.
- Kuate, A.F., Hanna, R., Doumtsop Fotio, A.R.P., Abang, A.F., Nanga, S.N., Ngatat, S., Tindo, M., Masso, C., Ndemah, R., Suh, C., Fiaboe, K.K.M., 2019. Correction: *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants(PLoS ONE (2019) 14:4 (e0215749) DOI: 10.1371/journal.pone.0215749). PLoS One 14, 1–18.
- 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., 2020a. Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung province, Indonesia. Biodiversitas 21, 1670–1677. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210448>
- Lestari, P., Budiarti, A., Fitriana, Y., Susilo, F.X., Swibawa, I.G., 2020b. Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province , Indonesia. Biodiversitas 21, 1670–1677. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210448>
- Lihanto, 2019. Pengenalan fall armyworm (FAW), in: Dinas Pertanian Dan Pangan Kab. Kulonprogo, UPT Penyuluhan Pertanian, Balai Penyuluhan Pertanian Wates.
- Lima, M.S., Silva, P.S.L., Oliveira, O.F., Silva, K.M.B., Freitas, F.C.L., 2010. Corn Yield Response To Weed And Fall Armyworm Controls1. Planta Daninha 103–111.
- Maharani, Y., Puspitaningrum, D., Istifadah, N., Hidayat, S., Ismail, A., 2021. Biology and Life Table Of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize and Rice. Serangga 26, 161–174.
- Manganyi, M.C., Ateba, C.N., 2020. Untapped potentials of endophytic fungi: A review of novel bioactive compounds with biological applications. Microorganisms 8, 1–25. <https://doi.org/10.3390/microorganisms8121934>
- Mascarin, G.M., Jaronski, S.T., 2016. The production and uses of *Beauveria bassiana* as a microbial insecticide. World J. Microbiol. Biotechnol. 32.
- Mcgrath, D.M., Huesing, J.E., Jepson, P.C., Peschke, V.M., Prasanna, B.M., Krupnik, T.J., 2021. Fall Armyworm Scouting, Action Thresholds, and Monitoring. Fall Armyworm Asia A Guid. Integr. Pest Manag. 21–42.
- Mohammadi, M., Alaei, M., Bajalan, I., 2016. Phytochemical screening, total phenolic and flavonoid contents and antioxidant activity of *Anabasis setifera* and *Salsola tomentosa* extracted with different extraction methods and solvents. Orient. Pharm. Exp. Med. 16, 31–35. <https://doi.org/10.1007/s13596-016-0220-3>
- Montezano, Débora G, Specht, A., Sosa-gómez, D.R., Brasília, U. De, 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera : Noctuidae ) in the Americas. Dep. Entomology 26 (2).
- Montezano, Débora G., Specht, A., Sosa-Gómez, D.R., Roque-Specht, V.F., Sousa-Silva, J.C., 2018. Host Plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. Dep. Entomology 26(2), 286–300.

- Moustafa, M.A.M., El-Said, N.A., Alfuhaid, N.A.A., Abo-Elinin, F.M.A., Mohamed, R.M.B., Aioub, A.A.A., 2024. Monitoring and Detection of Insecticide Resistance in *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae): Evidence for Field-Evolved Resistance in Egypt. *Insects* 15. <https://doi.org/10.3390/insects15090705>
- Muhadjir, F., 2018. Karakteristik Tanaman Jagung. *Karakteristik Tanam. Jagung*.
- Mukkun, L., Kleden, Y.L., Simamora, A.V., 2021a. Detection of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Intl J Trop Drylands* 5, 20–26.
- Mukkun, L., KLEDEN, Y.L., SIMAMORA, A.V., 2021b. Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia. *Int. J. Trop. Drylands* 5, 20–26. <https://doi.org/10.13057/tropdrylands/t050104>
- Mwamburi, L.A., 2021. Endophytic fungi, *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*, confer control of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), in two tomato varieties. *Egypt. J. Biol. Pest Control* 3.
- Nabila, S., Suharti, S., Tarman, K., 2024. Investigated of marine endophytic fungi *Aspergillus terreus* extract's antibacterial activity against *Salmonella Typhimurium*. *IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci.* 1359. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1359/1/012093>
- Nagoshi, R.N., Koffi, D., Agboka, K., Tounou, K.A., Banerjee, R., Jurat-Fuentes, J.L., Meagher, R.L., 2017. Comparative molecular analyses of invasive fall armyworm in Togo reveal strong similarities to populations from the eastern United States and the Greater Antilles. *PLoS One* 12, 1–15. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0181982>
- 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. *J. Int. Soc. Southeast Asian Agric. Sci.* 26, 17–29.
- Nicoletti, R., Andolfi, A., Becchimanzi, A., Salvatore, M.M., 2023. Anti-Insect Properties of *Penicillium* Secondary Metabolites. *Microorganisms* 11, 1–32. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051302>
- Novianti, V., Indradewa, D., Rachmawati, D., 2020. Selection of local swamp rice cultivars from Kalimantan (Indonesia) tolerant to iron stress during vegetative stage. *Biodiversitas* 21, 5650–5661. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211210>
- Nunilahwati, H., Herlinda, S., Irsan, C., Pujiastuti, Y., Khodijah, K., Meidelima, D., 2013. Uji Efikasi Bioinsektisida Jamur Entomopatogen Berformulasi Cair Terhadap *Plutella xylostella* (L.) di Laboratorium. *J. Hama dan Penyakit Tumbuh. Trop.* 13, 52–60. <https://doi.org/10.23960/j.hppt.11352-60>
- Omomowo, I.O., Amao, J.A., Abubakar, A., Ogundola, A.F., Ezediuno, L.O., Bamigboye, C.O., 2023. A review on the trends of endophytic fungi bioactivities. *Sci. African* 20. <https://doi.org/10.1016/j.sciaf.2023.e01594>
- Otim, M.H., Tay, W.T., Walsh, T.K., Kanyesigye, D., Adumo, S., Abongosi, J., Ochen, S., Sserumaga, J., Alibu, S., Abalo, G., Asea, G., Agona, A., 2018. Detection of sister-species in invasive populations of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) from Uganda. *PLoS One*

- 13, 1–18.
- Pan, Y., Zhang, S., Zhang, M., 2024. The impact of entrepreneurship of farmers on agriculture and rural economic growth: Innovation-driven perspective. *Innov. Green Dev.* 3, 100093. <https://doi.org/10.1016/j.igd.2023.100093>
- Pereira, V., Figueira, O., Castilho, P.C., 2024. Flavonoids as Insecticides in Crop Protection—A Review of Current Research and Future Prospects. *Plants* 13. <https://doi.org/10.3390/plants13060776>
- Pertiwi, M.D., Chanifah, C., Arianti, F.D., Romdon, A.S., Komalawati, K., Minarsih, S., Wibawa, W., Djarot, I.N., Bahua, H., Paminto, A.K., Gayatri, S., Rahadian, R., Triastono, J., 2024. *Pr ep rin t n ot pe er re v Pr ep rin t n ot pe er v ed*. Elsevier.
- Pilkington, L.J., Messelink, G., Lenteren, J.C. Van, Le, K., 2010. “ Protected Biological Control ” – Biological pest management in the greenhouse industry. *Biol. Control* 52, 216–220. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.05.022>
- Prabawati, G., Herlinda, S., Pujiastuti, Y., 2019. The abundance of canopy arthropods in South Sumatra ( Indonesia ) freshwater swamp main and ratooned rice applied with bioinsecticides and synthetic insecticide 20, 2921–2930. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d201021>
- Putri, W.K., Khotimah, S., Linda, R., 2015. Jamur Rizosfer Sebagai Agen Antagonis Pengendali Penyakit Lapuk Fusarium Pada Batang Tanaman Karet (*Hevea brasiliensis* MuellArg). *J. Protobiont* 4, 14–18.
- Ramanujam, B., Poornesha, B., Shylesha, A.N., 2020. Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egypt. J. Biol. Pest Control* 30. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>
- Resquín-romero, G., Garrido-jurado, I., Delso, C., Ríos-moreno, A., Quesada-moraga, E., 2016. Transient endophytic colonizations of plants improve the outcome of foliar applications of mycoinsecticides against chewing insects. *Elsevier* 136, 23–31. <https://doi.org/10.1016/j.jip.2016.03.003>
- Rinaldi, R., Samingan, Iswadi, 2016. Isolasi dan Identifikasi Jamur pada Proses Pembuatan Pliek U. *Pros. Semin. Nas. Biot.* 273–280.
- Rizal, L.M., Hereward, J.P., Brookes, D.R., Furlong, M.J., Walter, G.H., 2024. Hidden diversity within *Beauveria* and *Metarhizium* – Comparing morphology, barcoding, multilocus phylogenies and whole-genome sequences. *Fungal Ecol.* 67, 101304. <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2023.101304>
- Rizali, A., Putri, S.D.P.S., Doananda, M., 2021. Invasion of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* , a new invasive pest , alters native herbivore attack intensity and natural enemy diversity. *Biodiversitas* 22, 3482–3488. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220847>
- Rizkie, L., Herlinda, S., . Suwandi, Irsan, C., . Susilawati, Lakitan, B., 2017. Kerapatan Dan Viabilitas Konidia *Beauveria bassiana* Dan *Metarhizium anisopliae* Pada Media in Vitro Ph Rendah. *J. Hama Dan Penyakit Tumbuh. Trop.* 17, 119. <https://doi.org/10.23960/j.hptt.217119-127>
- Ruslan, K., 2021. Food and horticulture crop productivity in Indonesia. *Food Hortic. Crop Product. Indones.* 46.
- Russianzi, W., Anwar, R., Triwidodo, H., 2021. Biostatistics of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in maize plants in Bogor , West Java , Indonesia.

- Biodiversitas 22, 3463–3469. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220655>
- Russo, M.L., Jaber, L.R., Scorsetti, A.C., Vianna, F., Cabello, M.N., Pelizza, S.A., 2021. Effect of entomopathogenic fungi introduced as corn endophytes on the development, reproduction, and food preference of the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. J. Pest Sci. (2004). 94, 859–870. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01302-x>
- Russo, M.L., Jaber, L.R., Scorsetti, A.C., Vianna, F., Cabello, M.N., Pelizza, S.A., 2020. Effect of entomopathogenic fungi introduced as corn endophytes on the development, reproduction, and food preference of the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda*. J. Pest Sci. (2004). <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01302-x>
- Russo, M.L., Scorsetti, A.C., Vianna, M.F., Cabello, M., Ferreri, N., Pelizza, S., 2019. Insect endophytic effects of *Beauveria bassiana* on. J. Insects 10, 1–9.
- Sahayaraj, K., 2014. Role of Entomopathogenic Fungus in Pest Management. ResqearchGate. <https://doi.org/10.1007/978-81-322-1877-7>
- Sánchez-rodríguez, A.R., Raya-díaz, S., Zamarreño, Á.M., García-mina, J.M., Carmen, M., Quesada-, E., 2017. Title: An endophytic *Beauveria bassiana* strain increases spike production in bread and durum wheat plants and effectively controls cotton leafworm (*Spodoptera littoralis*) larvae. Biol. Control. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2017.01.012>
- Sari, J.M.P., Herlinda, S., Suwandi, S., 2022. Endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) in seed-treated corn seedlings Affecting development of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae). Egypt. J. Biol. Pest Control 32. <https://doi.org/10.1186/s41938-022-00605-8>
- Sari, J.M.P., Herlinda, S., Suwandi, S., Elfita, 2023. Effect of *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* on the growth of *Spodoptera frugiperda* by seed inoculation. Biodiversitas 24, 2350–2357. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d240449>
- Sari, S.P., Suliansyah, I., Nelly, N., Hamid, H., Obel, 2024. Description of damage and loss of corn production caused by *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera Noctuidae) in West Sumatera, Indonesia. IOP Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 1306. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1306/1/012002>
- Sartiami, 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 Conf. Ser. Earth Environ. Sci. 468. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>
- Sciences, E., Management, I.P., 2020. Host suitability of poaceous and broad leaf plants for Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) (Lepidoptera: Noctuidae).
- Sharma, L., Oliveira, I., Torres, L., Marques, G., 2018. Entomopathogenic fungi in Portuguese vineyards soils: Suggesting a ‘Galleria-Tenebrio-bait method’ as bait-insects galleria and tenebrio significantly underestimate the respective recoveries of metarhizium (robertsii) and beauveria (bassiana). MycoKeys 38, 1–23.
- Shikano, I., 2017. Evolutionary Ecology of Multitrophic Interactions between Plants, Insect Herbivores and Entomopathogens. J. Chem. Ecol. 43, 586–598. <https://doi.org/10.1007/s10886-017-0850-z>
- Shrivastava, G., Ownley, B.H., Augé, R.M., Toler, H., Dee, M., Vu, A., Köllner,

- T.G., Chen, F., 2015. Colonization by arbuscular mycorrhizal and endophytic fungi enhanced terpene production in tomato plants and their defense against a herbivorous insect. symbiosis. <https://doi.org/10.1007/s13199-015-0319-1>
- Siagian, M., Skywalker, A.L., 2018. Morfologi Tanaman dan Fase Pertumbuhan Jagung, in: Academia.
- Silva, A.C.L., Silva, G.A., Abib, P.H.N., Carolino, A.T., Samuels, R.I., 2020. Endophytic colonization of tomato plants by the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* for controlling the South American tomato pinworm, *Tuta absoluta*. CABI Agric. Biosci. 1, 1–9. <https://doi.org/10.1186/s43170-020-00002-x>
- Singh, H.B., Keswani, C., Reddy, M.S., Sansinenea, E., García-Estrada, C., 2019. Secondary metabolites of plant growth promoting rhizomicroorganisms: Discovery and applications, Secondary Metabolites of Plant Growth Promoting Rhizomicroorganisms: Discovery and Applications. <https://doi.org/10.1007/978-981-13-5862-3>
- Singleton, P., Sainsbury, D., 1981. Introduction to bacteria: For students in the biological sciences.
- Society, T.B., Club, T.B., 1916. Morphology of the Flowers of Zea mays Author ( s ): Paul Weatherwax Source : Bulletin of the Torrey Botanical Club , Mar . , 1916 , Vol . 43 , No . 3 ( Mar . , 1916 ), Published by : Torrey Botanical Society Stable URL : <https://www.jstor.org/stable/2479625>. torrey Bot. Soc. 43, 127–144.
- Specht, A., Roque-Specht, V.F., 2016. Immature stages of *Spodoptera cosmioides* (Lepidoptera: Noctuidae): Developmental parameters and host plants. Zoologia 33, 1–10. <https://doi.org/10.1590/S1984-4689zool-20160053>
- Sreelakshmi, P., Mathew, T.B., 2017. Development of castor based oligidic diet for tobacco caterpillar , *Spodoptera litura* ( Fabricius ) and its comparative study with other artificial and natural diets Development of castor based oligidic diet for tobacco caterpillar , *Spodoptera litura* ( F.
- Suryadi, Y., Priyatno, T.P., Samudra, I.M., Susilowati, D.N., Lawati, N., Kustaman, E., 2016. Partial Purification and Characterization of Chitinase from Entomopathogens, *Beauveria bassiana*, Isolate BB200109. J. AgroBiogen 9, 77.
- Tall, S., Meyling, N. V, 2018. Probiotics for Plants ? Growth Promotion by the Entomopathogenic Fungus *Beauveria bassiana* Depends on Nutrient Availability. Microb. Ecol.
- 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. Int. J. Biol. Chem. Sci. 13, 1011. <https://doi.org/10.4314/ijbcs.v13i2.35>
- Trisyono, Y.A., Suputa, Aryuwandari, V.E.F., Hartaman, M., Jumari, 2019. Occurrence of Heavy Infestation by the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* , a New Alien Invasive Pest , in Corn in Lampung Indonesia. Perlindungan Tanam. Indones. 23, 156–160. <https://doi.org/10.22146/jpti.46455>
- Valero-Jiménez, C.A., Debets, A.J.M., Van Kan, J.A.L., Schoustra, S.E., Takken, W., Zwaan, B.J., Koenraadt, C.J.M., 2014. Natural variation in virulence of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana* against malaria mosquitoes.

- Malar. J. 13, 1–8. <https://doi.org/10.1186/1475-2875-13-479>
- Wan, J., Huang, C., LI, C. you, ZHOU, H. xu, REN, Y. lin, LI, Z. yuan, XING, L. sheng, ZHANG, B., QIAO, X., LIU, B., LIU, C. hui, XI, Y., LIU, W. xue, WANG, W. kai, QIAN, W. qiang, MCKIRDY, S., WAN, F. hao, 2021. Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). J. Integr. Agric. 20, 646–663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6)
- Wang, H., Peng, H., Li, W., Cheng, P., Gong, M., 2021. The Toxins of *Beauveria bassiana* and the Strategies to Improve Their Virulence to Insects. Front. Microbiol. 12, 1–11. <https://doi.org/10.3389/fmicb.2021.705343>
- Wei, Q. yang, Liu, Y. ni, 2021. Method for observing *Beauveria bassiana* colonization in plants. MethodsX 8, 101364. <https://doi.org/10.1016/j.mex.2021.101364>
- Wilberts, L., 2023. Use Of Endophytic Entomopathogenic Fungi To Improve Biological.
- Yadav, B., Jogawat, A., Rahman, M.S., Narayan, O.P., 2021. Secondary metabolites in the drought stress tolerance of crop plants: A review. Gene Reports 23. <https://doi.org/10.1016/j.genrep.2021.101040>
- 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, 3378–3387. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d2206xx>
- Zhang, D. dan, Xiao, Y. tao, Xu, P. jun, Yang, X. ming, Wu, Q. lin, Wu, K. ming, 2021. Insecticide resistance monitoring for the invasive populations of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China. J. Integr. Agric. 20, 783–791. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63392-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63392-5)
- Zhao, X., Luo, T., Huang, S., Peng, N., Yin, Y., Luo, Z., Zhang, Y., 2021. A novel transcription factor negatively regulates antioxidant response, cell wall integrity and virulence in the fungal insect pathogen, *Beauveria bassiana*. Environ. Microbiol. 23, 4908–4924. <https://doi.org/10.1111/1462-2920.15397>