

**TINGKAT SERANGAN *Spodoptera frugiperda*
SERTA KEBERADAAN MUSUH ALAMINYA PASCA INVASI
PADA TANAMAN JAGUNG DI PROVINSI LAMPUNG**

(Disertasi)

**PUJI LESTARI
2134171005**



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

**TINGKAT SERANGAN *Spodoptera frugiperda*
SERTA KEBERADAAN MUSUH ALAMINYA PASCA INVASI
PADA TANAMAN JAGUNG DI PROVINSI LAMPUNG**

Oleh

PUJI LESTARI

Disertasi

Sebagai Salah Satu Syarat untuk Mencapai Gelar
DOKTOR

Pada
Program Studi Doktor Ilmu Pertanian



**PROGRAM STUDI DOKTOR ILMU PERTANIAN
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
2024**

ABSTRAK

Masuknya *Spodoptera frugiperda* menjadi masalah baru dalam upaya peningkatan produksi jagung. Serangan *S. frugiperda* yang terjadi pada seluruh fase pertumbuhan tanaman mengakibatkan menurunnya produktivitas tanaman jagung. Peningkatan populasi yang terjadi dengan cepat juga menjadi faktor penyebab kerusakan yang tinggi pada tanaman. Peningkatan populasi *S. frugiperda* di wilayah baru terjadi karena berbagai faktor diantaranya belum beradaptasinya musuh alami asli (parasitoid dan jamur entomopatogen) dalam menyerang *S. frugiperda*, iklim yang mendukung, dan ketersediaan tanaman inang. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui tingkat serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung pasca invasi di Provinsi Lampung, menemukan parasitoid yang menyerang *S. frugiperda*, menemukan jamur entomopatogen *S. frugiperda*, dan mengetahui potensi metabolit sekunder jamur entomopatogen dalam mematikan *S. frugiperda*. Data tingkat serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung diperoleh dari Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Provinsi Lampung. Survei intensitas kerusakan tanaman dilakukan di Lampung Tengah, Lampung Selatan, Lampung Timur, dan Pringsewu dari tahun 2019-2023. Eksplorasi parasitoid larva dan jamur entomopatogen dilakukan di Kabupaten Pesawaran, Pringsewu, Lampung Selatan, dan Lampung Timur pada tahun 2021-2022. Pengamatan tingkat parasitasi larva, dan isolasi, karakterisasi, identifikasi jamur, uji patogenesis jamur entomopatogen, ekstraksi metabolit sekunder, serta pengujian kemampuan metabolit sekunder dalam mematikan *S. frugiperda* dilakukan di Laboratorium Bioteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Setiap pengujian dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok lengkap (RAKL) dengan 5 ulangan. Data yang diperoleh dianalisis ragam kemudian dilanjutkan dengan uji DMRT 5%. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tingkat serangan *S. frugiperda* di Provinsi Lampung berkorelasi positif dengan curah hujan ($r = 0,45$; $\alpha = 0,05$). Ditemukan empat parasitoid larva *S. frugiperda* yaitu *Senometopia illota*, Genus nr. *Eriborus* sp., *Drino* (*Palexorista*) sp., dan *Chelonus formosanus*. Dua diantara parasitoid tersebut yaitu *S. illota* dan Genus nr. *Eriborus* sp. belum pernah dilaporkan memarasit *S. frugiperda*. Sembilan jamur entomopatogen juga berhasil diisolasi dari larva *S. frugiperda* terinfeksi yaitu *Metarhizium rileyi*, *Geosmithia pallida*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium expansum*, *Beauveria bassiana*, *Sarocladium zeae* 1, dan *Sarocladium zeae* 2. Sporulasi jamur *B. bassiana* lebih tinggi dibanding dengan jamur lain. Viabilitas spora jamur *Cladosporium tenuissimum* menunjukkan nilai tertinggi. Mortalitas larva *S. frugiperda* pasca aplikasi jamur entomopatogen berkisar antara 1-8% dengan mortalitas larva tertinggi pada perlakuan *Sarocladium zeae* 1. *Penicillium citrinum* mengakibatkan kegagalan berpupa sebesar 63,33%. Metabolit sekunder jamur entomopatogen mengakibatkan mortalitas *S. frugiperda* sebesar 22,22 – 71,11%. Metabolit sekunder *S. zeae* 1 mengakibatkan mortalitas tertinggi, metabolit sekunder *B. bassiana*, *C. tenuissimum*, dan *P. citrinum*.

Kata kunci: Jamur entomopatogen, metabolit sekunder, mortalitas larva, parasitoid larva, *Spodoptera frugiperda*

ABSTRACT

The invasion of *Spodoptera frugiperda* has become a new problem in efforts to increase maize production. *S. frugiperda* attacks occur at all stages of plant growth, resulting in decreased maize productivity. The rapid population growth is also a factor causing significant damage to plants. The population increase in new areas is due to several factors, including the lack of adaptation by native natural enemies (parasitoids and entomopathogenic fungi) to attacking *S. frugiperda*, a supportive climate, and the availability of host plants. This research was conducted to determine the level of *S. frugiperda* attacks on corn plants post-invasion in Lampung Province, to find parasitoids attacking *S. frugiperda*, to discover entomopathogenic fungi of *S. frugiperda*, and to determine the potential of secondary metabolites of entomopathogenic fungi in killing *S. frugiperda*. The Plant Protection and Horticulture Agency of Lampung Province provided data on the attack levels of *S. frugiperda* on maize. Surveys of plant damage intensity were conducted in Central Lampung, South Lampung, East Lampung, and Pringsewu from 2019–2023. Larval parasitoids and entomopathogenic fungi were explored in Pesawaran, Pringsewu, South Lampung, and East Lampung in 2021–2022. Observations on larval parasitism rate, isolation, characterization, entomopathogenic identification, entomopathogenic pathogenicity tests, secondary metabolite extraction, and secondary metabolite tests to cause mortality of *S. frugiperda* were conducted at the Biotechnology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. Each test was conducted using a completely randomized block design (CRBD) with five replications. The obtained data were analyzed using variance analysis followed by a 5% DMRT test. The findings revealed that the level of *S. frugiperda* attacks in Lampung Province was positively correlated with rainfall ($r = 0.45$; $\alpha = 0.05$). Four larval parasitoids of *S. frugiperda* were found: *Senometopia illota*, Genus nr. *Eriborus* sp., *Drino (Palexorista)* sp., and *Chelonus formosanus*. Two of these parasitoids, *S. illota* and Genus nr. *Eriborus* sp., have not been previously reported to parasitize *S. frugiperda*. Nine entomopathogenic fungi were also successfully isolated from infected *S. frugiperda* larvae, namely *Metarhizium rileyi*, *Geosmithia pallida*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium expansum*, *Beauveria bassiana*, *Sarocladium zeae* 1, and *Sarocladium zeae* 2. The sporulation of *B. bassiana* was higher compared to other fungi. The spore viability of *C. tenuissimum* showed the highest value. Larval mortality of *S. frugiperda* post-application of entomopathogenic fungi ranged from 1–8%, with the highest larval mortality in the treatment with *Sarocladium zeae* 1. *Penicillium citrinum* caused a pupation failure of 63.33%. The secondary metabolites of entomopathogenic fungi resulted in *S. frugiperda* mortality ranging from 22.22% to 71.11%. The secondary metabolites of *S. zeae* 1 caused the highest mortality, followed by the secondary metabolites of *B. bassiana*, *C. tenuissimum*, and *P. citrinum*.

Keywords: entomopathogenic fungi, secondary metabolite, larval mortality, larval parasitoid, *Spodoptera frugiperda*

**Tingkat Serangan *Spodoptera frugiperda* serta Keberadaan Musuh Alaminya
Pasca Invasi pada Tanaman Jagung di Provinsi Lampung**

Dipersiapkan dan disusun oleh:

PUJI LESTARI
NPM 2134171005

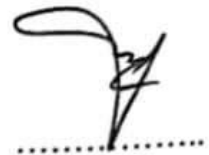
Telah disetujui oleh:

Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.
Promotor

Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
Co-Promotor

Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
Co-Promotor

Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian



Mengesahkan
Dekan Fakultas Pertanian



Dr. Irok Kuswana Futas Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002



Direktur Program Pascasarjana

Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si.
NIP 196403261989021001

**Tingkat Serangan *Spodoptera frugiperda* serta Keberadaan Musuh Alaminya
Pasca Invasi pada Tanaman Jagung di Provinsi Lampung**

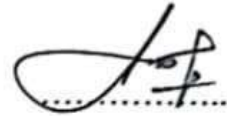
Dipersiapkan dan disusun oleh:

PUJI LESTARI
NPM 2134171005

Telah dipertahankan di depan Dewan Penguji
pada Tanggal: 13 Juni 2024

Dewan Penguji

Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S.
Promotor



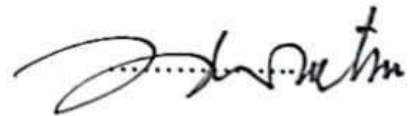
Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P.
Co-Promotor



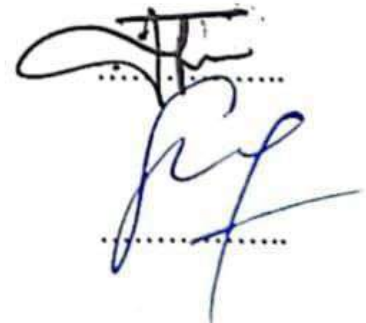
Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr.
Co-Promotor



Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc.
Penguji



Dr. Ir. Witjaksono, M.Sc.
Penguji Eksternal



Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S.
Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian

Mengesahkan
Dekan Fakultas Pertanian
Dr. H. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.
NIP 196411181989021002



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa disertasi yang berjudul “TINGKAT SERANGAN *Spodoptera frugiperda* SERTA KEBERADAAN MUSUH ALAMINYA PASCA INVASI PADA TANAMAN JAGUNG DI PROVINSI LAMPUNG” merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam disertasi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa disertasi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 13 Juni 2024

Penulis,



Puji Lestari
NPM 2134171005

SANWACANA

Alhamdulillah rasa syukur Penulis panjatkan karena disertasi yang berjudul “TINGKAT SERANGAN *Spodoptera frugiperda* SERTA KEBERADAAN MUSUH ALAMINYA PASCA INVASI PADA TANAMAN JAGUNG DI PROVINSI LAMPUNG” dapat diselesaikan tepat waktu. Selama dalam proses penulisan disertasi ini, Penulis memperoleh bimbingan dan bantuan dari berbagai pihak sehingga penyusunan disertasi dapat berjalan dengan lancar. Oleh karena itu, dalam kesempatan ini penulis ingin menyampaikan terima kasih kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Lusmeilia Afriani, D.E.A., I.P.M., selaku Rektor Universitas Lampung dan sebagai penguji disertasi atas saran dan masukan yang diberikan kepada Penulis.
2. Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan sebagai penguji disertasi atas saran yang telah diberikan kepada Penulis.
3. Prof. Dr. Ir. Murhadi, M.Si., selaku Direktur Pascasarjana Universitas Lampung atas persetujuan pada disertasi ini.
4. Prof. Dr. Ir. Slamet Budi Yuwono, M.S., selaku Ketua Program Studi Doktor Ilmu Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung dan juga sebagai pembimbing akademik yang telah meluangkan waktu berkonsultasi.
5. Prof. Dr. Ir. I Gede Swibawa, M.S., selaku Promotor atas bimbingan dan saran selama masa studi.
6. Dr. Yuyun Fitriana, S.P., M.P., selaku Ko-Promotor 1 atas bantuan dan saran dalam penyelesaian disertasi.
7. Dr. Radix Suharjo, S.P., M.Agr., selaku Ko-Promotor 2 atas ide, bantuan, dan saran dalam penyelesaian disertasi.
8. Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc. selaku pembahas yang memberikan banyak masukan pada penulisan disertasi ini.

9. Dr. Ir. Witjaksono, M.Sc. yang telah bersedia menjadi penguji eksternal disertasi.
10. Kemdikbudristek atas pendanaan penelitian melalui Hibah Disertasi Doktor tahun 2023
11. Seluruh keluarga besar Jurusan Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas dukungan dan semangat yang diberikan.
12. PLP Laboratorium Bioteknologi Pertanian, Fakultas Pertanian, Tari Yati dan Yeyen Ilmiasari atas bantuan dalam kegiatan penelitian.
13. Safira Nuraeni dan Muhammad Reza Maulana atas bantuan selama pelaksanaan penelitian.
14. Teman-teman satu angkatan atas semangat dan motivasi untuk dapat menyelesaikan studi tepat waktu dan semua pihak yang membantu kelancaran dalam penulisan disertasi ini.

Disertasi ini bukanlah karya yang sempurna, sehingga Penulis menerima segala bentuk saran demi kebaikan kita bersama. Semoga disertasi ini dapat bermanfaat bagi pengembangan keilmuan di bidang proteksi tanaman.

Bandar Lampung, 13 Juni 2024

Penulis,

Puji Lestari

DAFTAR ISI

HALAMAN JUDUL	i
ABSTRAK	ii
ABSTRACT	iii
HALAMAN PENGESAHAN PEMBIMBING	iv
HALAMAN PENGESAHAN PENGUJI	v
PERNYATAAN	vi
SANWACANA	vii
DAFTAR ISI	ix
DAFTAR TABEL	xii
DAFTAR GAMBAR	xiii
DAFTAR LAMPIRAN	xv
BAB 1. PENDAHULUAN UMUM.....	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	4
1.3 Tujuan Penelitian	4
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Nilai Kebaruan, Kedalaman, dan Luaran Penelitian.....	5
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	7
2.1. <i>Spodoptera frugiperda</i>	7
2.1.1 Penyebaran <i>S. frugiperda</i>	7
2.1.2 Biologi dan Bioekologi <i>S. frugiperda</i>	8
2.1.3 Gejala Serangan <i>S. frugiperda</i> pada Tanaman Jagung	9
2.1.4 Tanaman Inang <i>S. frugiperda</i>	10
2.1.5 Kehilangan Hasil yang Ditimbulkan oleh <i>S. frugiperda</i>	10
2.2 Pengendalian Hayati <i>S. frugiperda</i>	11
2.3. Identifikasi Molekuler.....	14
2.3.1 Polymerase Chain Reaction (PCR).....	14
2.4 Metabolit Sekunder.....	18
BAB 3. KERANGKA PEMIKIRAN	19
BAB 4. TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN	21
BAB 5. TINGKAT SERANGAN <i>Spodoptera frugiperda</i> PASCA INVASI DI PROVINSI LAMPUNG.....	23
5.1 Pendahuluan.....	23
5.2 Bahan dan Metode	24
5.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	24
5.2.2 Identifikasi Morfologi <i>S. frugiperda</i>	24
5.2.3 Luas dan Persentase Serangan <i>S. frugiperda</i>	24

5.2.4 Data Cuaca di Provinsi Lampung	25
5.2.5 Intensitas Kerusakan Tanaman Jagung	25
5.3 Hasil Penelitian	27
5.3.1 Karakter Morfologi <i>S. frugiperda</i>	27
5.3.2 Luas dan Persentase Serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung ..	27
5.3.3 Intensitas Kerusakan Tanaman Jagung	30
5.3.4. Korelasi Intensitas Kerusakan dengan Curah Hujan	31
5.4 Pembahasan	33
5.5 Simpulan	35
BAB 6. EKSPLORASI DAN IDENTIFIKASI PARASITOID LARVA	
SEBAGAI MUSUH ALAMI <i>Spodoptera frugiperda</i>	
PASCA INVASI DI PROVINSI LAMPUNG	36
6.1 Pendahuluan.....	36
6.2 Bahan dan Metode	37
6.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	37
6.2.3 Eksplorasi Parasitoid.....	38
6.2.4 Observasi Kemunculan Parasitoid di Laboratorium	38
6.2.5 Identifikasi Morfologi Parasitoid	38
6.2.6 Identifikasi Molekuler Parasitoid.....	39
6.3 Hasil Penelitian	41
6.3.1 Parasitoid yang Ditemukan	41
6.3.2 Identitas Parasitoid yang Ditemukan	42
<i>Senometopia illota</i> (Curran, 1927) (Diptera: Tachinidae)	42
<i>Drino (Palexorista)</i> sp.....	43
Genus nr. <i>Eriborus</i> sp. (Hymenoptera: Ichneumonidae)	45
<i>Chelonus formosanus</i> Sonan, 1932 (Hymenoptera: Braconidae)	48
6.3.3 Tingkat Parasitasi.....	50
6.4 Pembahasan	51
6.5 Simpulan	55
BAB 7. EKSPLORASI, IDENTIFIKASI, DAN SKRINING JAMUR	
ENTOMOPATOGEN SEBAGAI MUSUH ALAMI <i>Spodoptera</i>	
<i>frugiperda</i> PASCA INVASI DI PROVINSI LAMPUNG.....	56
7.1 Pendahuluan.....	56
7.2 Bahan dan Metode	57
7.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	57
7.2.2 Eksplorasi dan Skrining	58
7.2.3 Identifikasi Molekuler Jamur Entomopatogen.....	59
7.2.4 Uji Pertumbuhan, Sporulasi, dan Viabilitas Jamur Entomopatogen.	60
7.2.5 Uji Patogenisitas Jamur Entomopatogen	62
7.3 Hasil Penelitian	64
7.3.1 Hasil Eksplorasi, Isolasi, Pemurnian, dan Karakterisasi Morfologi	
Jamur Entomopatogen	64
7.3.2 Identifikasi Molekuler.....	67
7.3.3 Pertumbuhan, Sporulasi, dan Viabilitas Jamur	69
7.3.4 Efek Aplikasi Jamur terhadap Bobot Larva, Aktivitas Makan,	
Pembentukan Pupa, dan Kematian Larva.....	70
7.4 Pembahasan	72
7.5 Simpulan	76

BAB 8. POTENSI METABOLIT SEKUNDER	
JAMUR ENTOMOPATOGEN DALAM MEMATIKAN	
LARVA <i>Spodoptera frugiperda</i>	77
8.1 Pendahuluan.....	77
8.2 Bahan dan Metode	78
8.2.1 Tempat dan Waktu Penelitian	78
8.2.2 Ekstraksi Metabolit Sekunder Jamur Entomopatogen	79
8.2.3 Uji Kemampuan Metabolit Sekunder dalam mematikan <i>S. frugiperda</i>	
.....	79
8.3 Hasil Penelitian.....	80
8.3.1 Efek Metabolit Sekunder terhadap Aktivitas Makan dan Bobot Larva	
<i>S. frugiperda</i>	80
8.3.2 Efek Metabolit Sekunder terhadap Mortalitas Larva dan	
Pembentukan Pupa	81
8.4 Pembahasan	83
8.5 Simpulan	85
BAB 9. PEMBAHASAN UMUM	86
BAB 10. SIMPULAN UMUM	91
DAFTAR PUSTAKA	92
LAMPIRAN	107

DAFTAR TABEL

Tabel 1. Skala kerusakan daun jagung.....	26
Tabel 2. Beberapa genus yang memarasit <i>H. armigera</i> dilaporkan memarasit <i>S. frugiperda</i>	52
Tabel 3. Beberapa genus parasitoid yang memarasit genus <i>Spodoptera</i> ditemukan memarasit <i>S. frugiperda</i>	53
Tabel 4. Primer yang digunakan pada proses amplifikasi DNA entomopatogen	60
Tabel 5. Isolat jamur yang diperoleh dari larva <i>S. frugiperda</i> yang terinfeksi	64
Tabel 6. Sporulasi sembilan isolat jamur entomopatogen	69
Tabel 7. Viabilitas spora sembilan isolat jamur entomopatogen	70
Tabel 8. Bobot larva <i>S. frugiperda</i> setelah aplikasi jamur entomopatogen.....	71
Tabel 9. Mortalitas larva, pembentukan pupa, dan kegagalan berpupa pada larva yang aplikasi jamur entomopatogen	71
Tabel 10. Jamur entomopatogen yang dilaporkan menginfeksi <i>S. frugiperda</i>	75
Tabel 11. Berat pakan termakan (g) oleh larva <i>S. frugiperda</i>	80
Tabel 12. Bobot larva (g) sebelum dan setelah perlakuan metabolit sekunder	80
Tabel 13. Larva berpupa dan gagal berpupa setelah diaplikasi metabolit sekunder	81
Tabel 14. Mortalitas larva <i>S. frugiperda</i> setelah diaplikasi metabolit sekunder....	82

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1. Kelompok telur <i>S. frugiperda</i>	8
Gambar 2. Gejala serangan <i>S. frugiperda</i>	10
Gambar 3. Diagram alir kerangka pemikiran	20
Gambar 4. Alur, tahapan pelaksanaan, dan indikator capaian penelitian.	22
Gambar 5. Denah pengambilan sampel intensitas kerusakan tanaman jagung.	26
Gambar 6. Panduan visual skala kerusakan daun jagung berdasarkan Davis <i>et al.</i> (1992) (Sumber: Pioner, Brazil dalam IRAC, 2021).....	26
Gambar 7. Morfologi larva <i>S. frugiperda</i>	27
Gambar 8. Luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung Tahun 2019-2023	28
Gambar 9. Korelasi curah hujan dan luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung periode tahun 2019 - 2022	28
Gambar 10. Tingkat serangan <i>S. frugiperda</i> pada tanaman jagung di Provinsi Lampung tahun 2019-2023	29
Gambar 11. Peta sebaran serangan <i>S. frugiperda</i> tiap kabupaten di Provinsi Lampung.....	29
Gambar 12. Intensitas kerusakan tanaman jagung di Provinsi Lampung tahun 2019-2023.....	30
Gambar 13. Serangan <i>S. frugiperda</i> pada tanaman jagung.....	31
Gambar 14. Gejala serangan <i>S. frugiperda</i> pada tanaman jagung.....	31
Gambar 15. Hubungan intensitas kerusakan dengan curah hujan di Provinsi Lampung tahun 2019-2022.....	32
Gambar 16. Hubungan intensitas kerusakan tanaman jagung dengan curah hujan tahun 2019-2022 di beberapa kabupaten	32
Gambar 17. Larva <i>S. frugiperda</i> yang mati terparasit	41
Gambar 18. <i>Senometopia illota</i> (Diptera: Tachinidae).....	43
Gambar 19. <i>Drino</i> (Pelexorista) sp. (Diptera: Tachinidae)	43
Gambar 20. Dendogram sampel Tachinidae.....	44
Gambar 21. Genus nr. <i>Eriborus</i> sp.	46
Gambar 22. Pohon filogenik Tribe Limneriini (Campoplegini).....	47
Gambar 23. <i>Chelonus formosanus</i> (Hymenoptera: Braconidae).....	48
Gambar 24. Filogenik analisis <i>Chelonus</i> berdasarkan mtCOI menggunakan metode maximum likelihood dengan 1000x bootstrap.	49
Gambar 25. Tingkat parasitasi parasitoid larva <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung tahun 2021 - 2022.	50
Gambar 26. Tingkat parasitasi beberapa spesies parasitoid larva <i>S. frugiperda</i> di beberapa kabupaten tahun 2021-2022.....	50

Gambar 27. Isolat P11.	64
Gambar 28. Isolat LS11	65
Gambar 29. Isolat LS12	65
Gambar 30. Isolat LS13	65
Gambar 31. Isolat LS21	66
Gambar 32. Isolat LS22	66
Gambar 33. Isolat LS31	67
Gambar 34. Isolat LS32 dan LS33	67
Gambar 35. Pohon filogenetik isolat jamur	68
Gambar 36. Diameter pertumbuhan jamur hingga hari ke-14 setelah inokulasi. .	69
Gambar 37. Aktivitas makan larva <i>S. frugiperda</i> pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen.	70

DAFTAR LAMPIRAN

Lampiran 1. Luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung tahun 2019	107
Lampiran 2. Luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung tahun 2020	107
Lampiran 3. Luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung tahun 2021	108
Lampiran 4. Luas serangan <i>S. frugiperda</i> di Provinsi Lampung tahun 2022	108
Lampiran 5. Rata-rata curah hujan di Provinsi Lampung tahun 2017-2022	109
Lampiran 6. Analisis korelasi rata-rata curah hujan dengan luas serangan <i>S. frugiperda</i> tahun 2019-2022	109
Lampiran 7. Analisis korelasi curah hujan dan Intensitas kerusakan di Kabupaten Pringsewu	109
Lampiran 8. Analisis ragam rata-rata curah hujan dan intensitas kerusakan di Kabupaten Pringsewu	110
Lampiran 9. Analisis korelasi curah hujan dan Intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Tengah	110
Lampiran 10. Analisis ragam rata-rata curah hujan dan intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Tengah	110
Lampiran 11. Analisis korelasi curah hujan dan Intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Timur	110
Lampiran 12. Analisis ragam rata-rata curah hujan dan intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Timur	111
Lampiran 13. Analisis korelasi curah hujan dan Intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Selatan	111
Lampiran 14. Analisis ragam rata-rata curah hujan dan intensitas kerusakan di Kabupaten Lampung Selatan	111
Lampiran 15. Rata-rata intensitas kerusakan tanaman jagung di lokasi survey .	111
Lampiran 16. Tingkat parasitasi setiap parasitoid (%) tahun 2021-2022	112
Lampiran 17. Diameter pertumbuhan jamur entomopatogen (cm)	112
Lampiran 18. Sporulasi jamur entomopatogen (10^7 x spora/ml)	112
Lampiran 19. Viabilitas jamur entomopatogen (%)	113
Lampiran 20. Analisis ragam sporulasi dan viabilitas spora	113
Lampiran 21. Hasil uji Duncan's pada viabilitas jamur	113
Lampiran 22. Rata-rata bobot larva (g) pada hari ke-14 setelah aplikasi suspensi jamur entomopatogen	114
Lampiran 23. Analisis ragam bobot larva	114
Lampiran 24. Rata-rata bobot pakan (g) yang termakan oleh larva	114
Lampiran 25. Rata-rata mortalitas larva (%) pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen	115

Lampiran 26. Rata-rata pembentukan pupa (%) pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen.....	115
Lampiran 27. Rata-rata kegagalan berpupa (%) pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen.....	116
Lampiran 28. Anova persentase mortalitas larva, pembentukan pupa, dan kegagalan berpupa.....	116
Lampiran 29. Uji Duncan's rata-rata persentase pembentukan pupa pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen.....	117
Lampiran 30. Uji Duncan's rata-rata persentase kegagalan berpupa pasca aplikasi suspensi jamur entomopatogen.....	117
Lampiran 31. Rata-rata berat larva (g) pada hari ke-5.....	118
Lampiran 32. Rata-rata berat larva (g) pada hari ke-10.....	118
Lampiran 33. Rata-rata berat larva (g) pada hari ke-14.....	119
Lampiran 34. Rata-rata berat pakan termakan (g) pada hari ke-5	119
Lampiran 35. Rata-rata berat pakan termakan (g) pada hari ke-14	120
Lampiran 36. Rata-rata mortalitas larva (%) pada hari ke-14	120
Lampiran 37. Rata-rata pembentukan pupa (%) pada hari ke-14	121
Lampiran 38. Rata-rata kegagalan berpupa (%) pada hari ke-14	121
Lampiran 39. Analisis ragam rata-rata mortalitas dan pembentukan pupa	122
Lampiran 40. Uji Duncan's mortalitas hari ke-8	123
Lampiran 41. Uji Duncan's mortalitas hari ke-9	123
Lampiran 42. Uji Duncan's mortalitas hari ke-10	124
Lampiran 43. Uji Duncan's mortalitas hari ke-11	124
Lampiran 44. Uji Duncan's mortalitas hari ke-12	125
Lampiran 45. Uji Duncan's mortalitas hari ke-13	125
Lampiran 46. Uji Duncan's mortalitas hari ke-14	126
Lampiran 47. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 9 HSA.....	126
Lampiran 48. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 10 HSA.....	127
Lampiran 49. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 11 HSA.....	127
Lampiran 50. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 12 HSA.....	128
Lampiran 51. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 13 HSA.....	128
Lampiran 52. Uji Duncan's pembentukan pupa pada 14 HSA.....	129

BAB 1. PENDAHULUAN UMUM

1.1 Latar Belakang

Provinsi Lampung merupakan sentra produksi jagung di Indonesia. Hingga tahun 2022, produksi jagung di Provinsi Lampung menempati urutan ketiga setelah Jawa Timur dan Jawa Tengah (BPS, 2017; BPS, 2024). Pada tahun 2022, produksi jagung di Provinsi Lampung mencapai 3.395.199 ton. Pada tahun 2023, produksi jagung di Provinsi Lampung menempati urutan kelima dengan produksi 2.595.743 ton (BPS, 2024). Penurunan produksi ini diduga sebagai dampak dari kemarau panjang dan serangan ulat grayak *S. frugiperda*.

Kemampuan makan *S. frugiperda* yang tinggi mengakibatkan hama ini dapat merusak tanaman dalam waktu singkat. Larva *S. frugiperda* menyerang seluruh fase tanaman jagung (Santos *et al.*, 2003). Larva instar awal memakan epidermis daun hingga membentuk jendela putih memanjang. Larva instar ketiga memakan dan menetap di titik tumbuh tanaman jagung, sehingga jika daun terbuka akan terlihat lubang pada daun (Navik *et al.*, 2021; Trisyono *et al.*, 2019). *S. frugiperda* juga merusak bunga jantan dan juga tongkol jagung. Kerusakan paling parah diakibatkan oleh larva instar akhir (Capinera, 2020; Nonci *et al.*, 2019).

Ulat grayak *S. frugiperda* adalah hama invasif yang berasal dari Amerika Selatan. Hama invasif adalah spesies yang sebelumnya belum ada di suatu wilayah kemudian masuk dan berkembang dengan baik di wilayah tersebut sehingga menjadi masalah, mengganggu ekosistem, dan juga dapat mengancam biodiversitas (Radiansyah *et al.*, 2015). Penyebaran *S. frugiperda* terjadi pada tahun 2016 dari Amerika Selatan ke Afrika (Sharanabasappa *et al.*, 2018). Hama ini kemudian

ditemukan di India, Myanmar, Filipina, dan Thailand pada tahun 2018 (IPPC, 2018).

Ulat grayak *S. frugiperda* pertama kali ditemukan di Indonesia pada tahun 2019. Hama ini ditemukan menyerang tanaman jagung di Sumatera Barat (Nonci *et al.*, 2019), Lampung (Trisyono *et al.*, 2019; Lestari *et al.*, 2020), dan juga Jawa Barat (Maharani *et al.*, 2019; Sartiami *et al.*, 2020). Invasi *S. frugiperda* pada tanaman jagung di Provinsi Lampung dilaporkan pertama kali oleh Laboratorium Pengamatan Hama dan Penyakit Tanaman Gading Rejo. Hama ini merusak tanaman jagung di Kecamatan Adiluwih Kabupaten Pringsewu (Jumari, 2019; komunikasi pribadi).

Keberadaan *S. frugiperda* di Provinsi Lampung perlu mendapat perhatian yang serius. Hal ini penting mengingat bahwa Lampung adalah salah satu sentra produksi jagung. Menurut Hruska (2019) tanaman jagung adalah inang utama hama *S. frugiperda*. Keberadaan hama ini juga perlu diwaspadai menimbulkan kerusakan pada tanaman lain, karena *S. frugiperda* bersifat polifag. Lebih dari 100 spesies tanaman dilaporkan menjadi inang *S. frugiperda* (Sharanabasappa *et al.*, 2018). Di Brazil, sebanyak 353 spesies tanaman dari 76 famili dilaporkan menjadi inang *S. frugiperda* (Montezano *et al.*, 2018). *S. frugiperda* juga dapat ditemukan pada *ryegrass*, gandum, sorgum, *millet* (Pitre *et al.*, 1983; Hruska, 2019), dan tebu (Srikanth *et al.*, 2018, Song *et al.*, 2020).

Serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung menimbulkan masalah, yaitu penurunan produksi dan peningkatan biaya pengendalian. Menurut Overton *et al.* (2021), *S. frugiperda* mempengaruhi perekonomian karena menyebabkan kehilangan hasil yang signifikan. Di Zambia, serangan *S. frugiperda* mengakibatkan kehilangan hasil jagung sebesar 35% (Rwomushana *et al.*, 2018). Oleh karena itu, hama ini menjadi perhatian global (Koffi *et al.*, 2020). Di Indonesia, produksi jagung menurun 10,61% pada tahun 2023 (BPS, 2024). Salah satu penyebab penurunan produksi jagung ini diduga karena adanya serangan hama *S. frugiperda*.

Munculnya hama invasif ini memicu penggunaan insektisida yang intensif pada tanaman jagung. Saat ini, insektisida menjadi pilihan utama dalam mengendalikan hama *S. frugiperda*. Berdasarkan informasi dari petani jagung, aplikasi insektisida pasca invasi *S. frugiperda* sebanyak 5-7 kali dalam satu musim tanam (Purwanto, 2023; komunikasi pribadi). Hal ini tentunya mengakibatkan peningkatan biaya produksi dalam usaha tani jagung. Selain itu, penggunaan insektisida yang intensif juga berdampak negatif terhadap lingkungan, kesehatan manusia, kesehatan ternak, dan serangga berguna seperti polinator, dan musuh alami. Penggunaan insektisida yang intensif juga dapat menimbulkan resistensi *S. frugiperda*.

Berbagai teknik pengendalian *S. frugiperda* sedang diteliti dan dikembangkan. Teknik pengendalian yang dikembangkan diantaranya merakit tanaman tahan terhadap *S. frugiperda* dan pengendalian hayati dengan memanfaatkan musuh alami. Peneliti tengah mengembangkan tanaman transgenik yang mengekspresikan protein Cry1Ab, VIP3Aa20, Cry1A.105, dan Cry2Ab2 yang secara bersama-sama akan memberikan ketahanan tanaman jagung terhadap serangga golongan Lepidoptera dalam cakupan yang lebih luas (Niu *et al.*, 2016). Selain itu, *mating disruption pheromone* yaitu suatu senyawa yang dapat menggagalkan perkawinan imago *S. frugiperda* juga dikembangkan dan telah diaplikasikan negara-negara di Afrika seperti Tanzania (O'Malley, 2024).

Pengendalian hayati dapat dilakukan dengan memanfaatkan parasitoid dan entomopatogen. Parasitoid dan jamur entomopatogen merupakan musuh alami yang potensial dalam mengendalikan populasi *S. frugiperda*. Molina-Ochoa *et al.* (2003) melaporkan terdapat 150 spesies parasitoid yang ditemukan di Amerika dan Caribbean Basin. Jamur *Metarhizium anisopliae* dilaporkan memiliki kemampuan sebagai entomopatogen *S. frugiperda* di Kenya (Akutse *et al.*, 2019). *Cotesia icipi* memarasit *S. frugiperda* dengan persentase parasitasi dalam kisaran 33,8% di Ethiopia (Sisay *et al.*, 2018). Sejak pertama kali invasi *S. frugiperda* hingga saat ini, belum tersedia informasi mengenai status terkini *S. frugiperda*, musuh alami baik parasitoid maupun jamur entomopatogen *S. frugiperda* di Provinsi Lampung. Oleh karena itu, perlu dikaji status terkini *S. frugiperda* di Provinsi Lampung,

parasitoid dan jamur entomopatogen *S. frugiperda* serta potensi metabolit sekundernya dalam mematikan *S. frugiperda*.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan uraian latar belakang di atas, rumusan masalah penelitian ini adalah:

1. Bagaimana tingkat serangan *S. frugiperda* di Provinsi Lampung pasca invasi?
2. Jenis parasitoid apa saja yang berasosiasi dengan *S. frugiperda* di Provinsi Lampung?
3. Jenis entomopatogen apa saja yang ditemukan menginfeksi *S. frugiperda* di Provinsi Lampung dan bagaimana patogenesisnya?
4. Apakah metabolit sekunder jamur entomopatogen dapat menghambat pertumbuhan, perkembangan, dan mematikan larva *S. frugiperda*?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan dilaksanakan penelitian ini adalah:

1. Mempelajari dan mendokumentasikan tingkat serangan *S. frugiperda* di Provinsi Lampung pasca invasi.
2. Menemukan dan mempelajari parasitoid *S. frugiperda* di Provinsi Lampung.
3. Menemukan dan mempelajari jamur entomopatogen *S. frugiperda* di Provinsi Lampung.
4. Mempelajari metabolit sekunder jamur entomopatogen yang memiliki potensi dalam menghambat pertumbuhan, perkembangan, dan mematikan larva *S. frugiperda*.

1.4 Manfaat Penelitian

Manfaat teoritis hasil penelitian ini adalah untuk pengembangan ilmu yaitu Ilmu Hama Tumbuhan dan Pengendalian Hayati. Secara praktis hasil penelitian ini bermanfaat bagi pengambil kebijakan, petani, dan juga pengusaha. Bagi pengambil kebijakan dan petani, hasil penelitian ini dapat dijadikan rujukan dalam penggunaan musuh alami. Bagi perusahaan, hasil penelitian ini bermanfaat dalam menentukan

musuh alami yang dapat dikembangkan dalam skala besar. Dengan demikian, penggunaan insektisida dapat dikurangi sehingga dampak negatif dari penggunaan insektisida kimia sintetik dapat ditekan, serta mendukung sistem pertanian berkelanjutan.

1.5 Nilai Kebaruan, Kedalaman, dan Luaran Penelitian

Sejak tersebarnya *S. frugiperda* ke Afrika, Eropa, dan Asia, penelitian mengenai *S. frugiperda* telah banyak dilakukan. Akan tetapi, belum ada laporan terkait status terkini hama *S. frugiperda* di Provinsi Lampung pasca invasi, parasitoid yang ditemukan memarasit hama *S. frugiperda* di Provinsi Lampung, jamur entomopatogen yang menginfeksi *S. frugiperda* di pertanaman jagung di Provinsi Lampung, dan penggunaan metabolit sekunder jamur entomopatogen dalam mematikan *S. frugiperda*. Oleh karena itu, penelitian ini penting untuk dilakukan.

Nilai kebaruan hasil penelitian ini adalah:

1. Diperoleh informasi terkini tingkat serangan *S. frugiperda* pasca invasi di Provinsi Lampung.
2. Ditemukan spesies parasitoid yang belum pernah dilaporkan memarasit *S. frugiperda*.
3. Ditemukan jamur entomopatogen yang belum pernah dilaporkan menginfeksi *S. frugiperda*.
4. Diperoleh metabolit sekunder yang memiliki kemampuan mematikan *S. frugiperda*

Kedalaman penelitian ini adalah:

1. Penelitian terkait tingkat serangan *S. frugiperda* dikaji dengan menganalisis luas serangan *S. frugiperda*, sebaran *S. frugiperda*, menghitung intensitas kerusakan, dan menganalisis hubungan curah hujan dengan luas serangan serta intensitas kerusakan di Provinsi Lampung.
2. Parasitoid yang ditemukan selain diidentifikasi secara morfologi juga diidentifikasi secara molekuler.

3. Jamur entomopatogen juga diidentifikasi secara morfologi dan molekuler serta diuji patogenisitasnya pada larva *S. frugiperda*.
4. Jamur entomopatogen yang ditemukan diekstraksi metabolit sekundernya dan diuji potensinya sebagai bahan pengendali *S. frugiperda*.

Luaran yang dihasilkan dari penelitian disertasi ini adalah:

1. Publikasi internasional (Q3) “The Population Dynamics of *Spodoptera frugiperda* after its Invasion in Lampung Province, Indonesia”. *Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*. 24(1): 98-108. (Published)
URL: <https://jhpttropika.fp.unila.ac.id/index.php/jhpttropika/article/view/789>.
2. Publikasi internasional (Q3) “New parasitoids of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province Indonesia”. *Journal of Asia Pacific Biodiversity*. (Accepted).
3. Publikasi internasional Jamur entomopatogen dan kemampuan metabolit sekundernya dalam mematikan *S. frugiperda*. (Draf).
4. Buku “*Spodoptera frugiperda*: Biologi dan Musuh Alaminya”. (Draf).
5. Paten sederhana dari hasil penelitian jamur entomopatogen dan metabolit sekunder (Draf).

BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

Spodoptera frugiperda adalah spesies invasif di Indonesia yang mengolonisasi habitat secara masif. Spesies invasif memiliki kemampuan menyerang dan berkompetisi dengan spesies asli sehingga mendominasi lingkungan barunya (Radiansyah *et al.*, 2015). *S. frugiperda* adalah hama asli Amerika bagian selatan yang merupakan wilayah tropis. Penyebaran hama ini terjadi pada tahun 2016 ke Benua Afrika, Eropa, dan Asia (CABI, 2019). Hama ini menimbulkan masalah di wilayah yang diinvasi. Kehilangan hasil akibat serangan *S. frugiperda* cukup signifikan. Pengendalian *S. frugiperda* yang umum digunakan adalah menggunakan insektisida. Namun pengendalian dengan insektisida menimbulkan dampak yang negatif terhadap kesehatan, lingkungan dan organisme non target. Informasi lengkap *S. frugiperda* penting untuk diketahui, diantaranya penyebaran, biologi, tanaman inang, dan identitas musuh alaminya.

2.1. *Spodoptera frugiperda*

2.1.1 Penyebaran *S. frugiperda*

Spodoptera frugiperda adalah hama asli Amerika, hama ini tidak pernah dilaporkan menyerang di wilayah lain, hingga pada tahun 2016 *S. frugiperda* dilaporkan menginvasi Afrika. Dalam waktu singkat, *S. frugiperda* dilaporkan di 30 negara di Afrika (Insecticide Resistance Action Committee, 2018). Pada tahun 2018, hama ini dilaporkan menyerang tanaman jagung di Karnataka, India (Sharanabasappa *et al.*, 2018), Thailand, Srilanka, dan Myanmar, (IPPC, 2018; IPPC, 2019). *S. frugiperda* telah menyebar ke negara-negara tropis dan subtropis di benua Amerika, Afrika, dan juga Asia (Prasanna *et al.*, 2018).

Penyebaran *S. frugiperda* diduga terjadi karena aktivitas perdagangan komoditas pertanian antar negara (Sartiarni *et al.*, 2020). *S. frugiperda* pertama kali dilaporkan di Indonesia pada tahun 2019 yang menyerang tanaman jagung di Sumatera Barat (Nonci *et al.*, 2019), Lampung (Trisyono *et al.*, 2019; Lestari *et al.*, 2020), dan Jawa Barat (Maharani *et al.*, 2019; Sartiarni *et al.*, 2020). Saat ini, *S. frugiperda* ditemukan di seluruh wilayah produksi jagung di Indonesia (Lubis *et al.*, 2020).

2.1.2 Biologi dan Bioekologi *S. frugiperda*

Spodoptera frugiperda adalah serangga hama dari Ordo Lepidoptera. Golongan serangga ini mengalami metamorfosis sempurna diawali dengan fase telur, larva yang terdiri dari 6 instar, pupa, dan ngengat (Nonci *et al.*, 2019). *S. frugiperda* memiliki siklus hidup selama 1 bulan, bersifat nokturnal. *S. frugiperda* meletakkan telur pada malam hari di permukaan daun jagung (Gambar 1). Kelompok telur dilindungi oleh selaput tipis dan rambut. Dalam satu kelompok telur, terdapat 100-300 butir telur. Saat baru diletakkan umumnya telur akan berwarna putih kehijauan, kemudian warna akan berubah menjadi lebih gelap cenderung kecoklatan pada saat akan menetas. Pada musim panas, telur akan menetas dalam waktu tiga hari. Imago betina mampu bertelur hingga 4 kali (Cruz *et al.*, 1999).



Gambar 1. Kelompok telur *S. frugiperda*. (dokumentasi pribadi).

Perkembangan *S. frugiperda* ditentukan oleh ketersediaan pakan dan suhu lingkungan. *S. frugiperda* melewati enam instar larva dengan karakteristik morfologi kepala memiliki garis berbentuk huruf Y terbalik berwarna kekuningan. Pada abdomen kedelapan terdapat bintik yang umum disebut dengan pinacula. Pinacula tersusun membentuk persegi. Pada sisi dorso-lateral, terdapat garis yang

lurus membentang dari anterior ke posterior berwarna kuning, dan di bagian bawah garis kuning tersebut terdapat garis yang lebih lebar menyerupai pita berwarna lebih gelap (Lestari *et al.*, 2020). Larva *S. frugiperda* mengalami beberapa perubahan warna. Neonat berwarna pucat, beberapa variasi warna ditemukan pada fase selanjutnya. Variasi warna *S. frugiperda* dapat berupa hijau muda pada instar kedua dan ketiga. Pada instar akhir warna larva cenderung menjadi coklat. Larva instar ketiga hingga instar akhir merupakan fase yang paling mudah untuk diidentifikasi. Fase larva melewati 12 hingga 20 hari sebelum prepupa. Perbedaan waktu antar individu ini bergantung pada pakan dan suhu lingkungan. Larva kemudian akan berpupa selama 12-14 hari sebelum akhirnya menjadi imago (Nonci *et al.*, 2019).

Lebar bentangan sayap ngenat *S. frugiperda* antara 3-4 cm. Ngenat memiliki dua pasang sayap yang berbeda warna yaitu coklat gelap pada sayap depan dan putih keabu-abuan pada sayap belakang. Imago betina lebih besar dibandingkan dengan imago jantan. Pada bagian tengah sayap imago jantan, terdapat tanda berupa warna putih. Corak sayap imago betina cenderung samar dan berwarna abu-abu hingga coklat muda. Lama hidup ngenat berlangsung selama seminggu (Nonci *et al.*, 2019; Maharani *et al.*, 2019). Berdasarkan pengalaman pemeliharaan di laboratorium, diketahui bahwa imago betina mampu meletakkan telur hingga empat kali dalam satu siklus hidup.

2.1.3 Gejala Serangan *S. frugiperda* pada Tanaman Jagung

Larva *S. frugiperda* dikenal sangat aktif dalam merusak tanaman. Serangan *S. frugiperda* mengakibatkan menurunnya produktivitas tanaman jagung (Maharani *et al.*, 2019). Seluruh stadia larva *S. frugiperda* hidup dan menyerang tanaman jagung dari awal tanam hingga menjelang panen (Santos *et al.*, 2003). Larva instar awal memakan epidermis daun (Navik *et al.*, 2021) hingga membentuk jendela putih memanjang (Trisyono *et al.*, 2019) (Gambar 2A). Titik tumbuh pada tanaman jagung menjadi tempat yang paling disukai oleh larva setelah memasuki instar ketiga. Larva akan menetap dan makan bagian daun yang masih menggulung, sehingga jika daun terbuka akan terlihat lubang pada daun (Trisyono *et al.*, 2019) (Gambar 2B). Serangan berat *S. frugiperda* pada daun akan menghabiskan seluruh

bagian daun kecuali tulang daun. *S. frugiperda* juga ditemukan merusak bunga jantan, bunga betina, dan tongkol jagung. Kerusakan paling parah diakibatkan oleh larva instar akhir (Capinera, 2020; Nonci *et al.*, 2019). Tanda adanya serangan *S. frugiperda* adalah adanya kotoran berwarna coklat kemerahan dan mirip dengan serbuk gergaji pada bagian yang diserang (Nonci *et al.*, 2019).



Gambar 2. Gejala serangan *S. frugiperda*; A. Jendela transparan pada daun tanaman jagung; B. Gejala serangan pada titik tumbuh (dokumentasi pribadi).

2.1.4 Tanaman Inang *S. frugiperda*

Tanaman jagung adalah tanaman inang yang paling disukai oleh *S. frugiperda* (Hruska, 2019) walaupun hama ini diketahui memiliki kisaran inang yang luas (100-353 spesies tanaman) (Montezano *et al.*, 2018; Sharanabasappa *et al.*, 2018). Hama *S. frugiperda* juga dapat ditemukan pada *ryegrass*, gandum, sorgum, *millet*, tebu, padi, dan sayuran (Srikanth *et al.*, 2018, Song *et al.*, 2020; Pitre *et al.*, 1983; Hruska, 2019; Sharanabasappa *et al.*, 2018).

2.1.5 Kehilangan Hasil yang Ditimbulkan oleh *S. frugiperda*

Hama *S. frugiperda* dinyatakan sebagai hama penting yang mengakibatkan kehilangan hasil dan berdampak signifikan pada perekonomian (Overton *et al.*, 2021). Akibat serangan *S. frugiperda* terjadi penurunan hasil dan peningkatan biaya pengendalian. Di beberapa negara, insektisida kimia sintetis digunakan sebagai langkah tanggap darurat terhadap invasi *S. frugiperda* (Prasanna *et al.*, 2018). Invasi *S. frugiperda* di Afrika berakibat dikeluarkannya kebijakan penggunaan berbagai jenis insektisida untuk tindakan darurat pengendalian (Kumela *et al.*, 2018),

sehingga mengakibatkan tingginya angka penggunaan insektisida. Di Brazil, aplikasi insektisida dalam satu musim tanam jagung mencapai lima kali aplikasi (Ribeiro *et al.*, 2014). Kondisi yang sama juga terjadi di Indonesia, petani melakukan aplikasi insektisida lebih dari empat kali dalam satu musim tanam.

Kehilangan hasil akibat serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung dilaporkan di seluruh dunia. Variasi kehilangan hasil terjadi antar negara misalnya di Brazil mencapai 34% (Lima *et al.*, 2009), di Zimbabwe dilaporkan 11,57% (Baudron *et al.*, 2019), di Kenya >30% (Groote *et al.*, 2020), India mencapai 33% (Balla *et al.*, 2019). Amerika Serikat kehilangan hasil jagung antara 5-20% (Capinera, 2020), dan Zambia 35% (Rwomushana *et al.*, 2018). Keberadaan *S. frugiperda* saat ini menjadi perhatian global (Koffi *et al.*, 2020). Hingga saat ini kehilangan hasil akibat serangan *S. frugiperda* di Indonesia belum pernah dilaporkan.

2.2 Pengendalian Hayati *S. frugiperda*

Pengendalian hayati merupakan pengendalian organisme pengganggu tumbuhan (OPT) yang ramah lingkungan dengan memanfaatkan makhluk hidup sebagai musuh alaminya. Komponen utama dari pengendalian hayati adalah musuh alami yaitu parasitoid, predator, dan entomopatogen (Sopialena, 2018). Berbeda dengan pengendalian alami, dalam pengendalian hayati terdapat campur tangan manusia dalam prosesnya. Pengendalian alami adalah pengendalian populasi hama karena musuh alaminya yang terjadi secara alamiah (Susilo, 2017). Keberhasilan pengendalian hayati terukur jika populasi hama dapat diturunkan pada posisi keseimbangan.

Jamur entomopatogen merupakan salah satu musuh alami hama dari kelompok serangga. Musuh alami menekan kepadatan populasi hama dengan mengakibatkan kematian, pertumbuhan abnormal, dan juga kegagalan menjadi imago. Pemanfaatan jamur entomopatogen sebagai musuh alami memiliki potensi yang sangat baik untuk dikembangkan sebagai pengendalian alternatif selain penggunaan insektisida kimia sintetik. Penggunaan jamur entomopatogen dapat mengurangi ketergantungan terhadap insektisida kimia sintetik, sehingga dapat mengurangi

dampak negatif dari aplikasi insektisida. Beberapa jamur entomopatogen yang digunakan secara luas dalam pengendalian hama secara hayati yaitu *Metarhizium anisopliae*, *Beauveria bassiana*, *Nomuraea* sp., *Paecilomyces fumosoroseus* (= *Isaria fumosorosea*), *Aspergillus* sp., *Verticillium* sp. (Prayogo, 2006). Masih banyak jamur entomopatogen lain yang dapat digunakan sebagai musuh alami dalam pengendalian hayati. *M. anisopliae* diketahui dapat mengakibatkan kematian *S. frugiperda* di Kenya (Akutse *et al.*, 2019). *Cladosporium tenuissimum* SE-10, *Penicillium citrinum* CTD-24, dan *Beauveria bassiana* ZK-5 menunjukkan efek yang signifikan terhadap kematian telur dan juga mampu menurunkan kemampuan makan pada larva instar ketiga *S. frugiperda* (Idrees *et al.*, 2021).

Parasitoid juga dapat digunakan sebagai pengendali populasi *S. frugiperda*. Parasitoid yaitu serangga yang fase pradewasanya hidup sebagai parasit pada serangga lain. Namun fase imago parasitoid hidup bebas dengan sumber pakan berasal dari tumbuhan (Herlinda dan Irsan, 2015). Berbagai spesies parasitoid dilaporkan memarasit *S. frugiperda* di daerah asalnya. Di Amerika dan Caribbean ditemukan 150 spesies parasitoid dari kelompok Hymenoptera, Diptera, dan Nematoda parasit (Molina-Ochoa *et al.*, 2003). Di negara-negara yang diinvasi oleh *S. frugiperda*, parasitoid lokal juga telah dilaporkan memarasit hama invasif tersebut diantaranya *Cotesia icipi* di Kenya (Sisay *et al.*, 2018), *Chelonus* sp. di Benin, Ghana, dan India (Agboyi *et al.*, 2020; Tapa-Yotto *et al.*, 2021; Gupta *et al.*, 2020).

Penerapan pengendalian hayati melalui tahapan introduksi, augmentasi, dan konservasi sangat menentukan keberhasilannya. Namun, dalam beberapa kasus, proses introduksi atau memasukkan musuh alami dari negara asal hama invasif tidak dapat dilakukan, sehingga optimalisasi musuh alami lokal adalah jalan yang dapat ditempuh. Oleh karena itu, upaya menemukan musuh alami sangat penting untuk dilakukan.

Pengendalian hayati saat ini banyak dikembangkan. Keunggulan dari pengendalian hayati adalah ramah lingkungan sehingga mendukung pertanian berkelanjutan. Dalam pengendalian hayati, terdapat dua syarat yang harus dipenuhi sehingga

metode pengendalian ini dapat disebut dengan pengendalian hayati yaitu berkecukupan diri (*self-sustenance*) dan populasi musuh alami terpaut kepadatan dengan hama target (*density dependence*). Tanpa terpenuhinya kedua syarat tersebut, maka sebuah pengendalian tidak dapat disebut sebagai pengendalian hayati (Susilo, 2017), sehingga perlu dilakukan upaya konservasi bagi musuh alami yang telah dilepaskan. Penanaman tanaman refugia dapat dilakukan untuk upaya konservasi musuh alami.

Penggunaan varietas tahan dapat dipadukan dengan pengendalian hayati dan mendukung keberhasilan pengendalian hayati. Varietas tahan berperan dalam mengendalikan populasi hama, karena varietas tahan dapat bertahan dari serangan hama. Terdapat dua tipe ketahanan tanaman yaitu ketahanan vertikal dan ketahanan horizontal. Ketahanan vertikal terbatas pada satu atau sedikit genotipe tertentu. Sifat ini dikenalkan oleh satu atau sedikit gen pada tanaman. Ketahanan horizontal adalah ketahanan tanaman yang ditunjukkan terhadap kisaran luas genotipe hama.

Walaupun ketahanan vertikal memiliki keberhasilan yang signifikan, namun karena adanya tekanan genetik yang cukup kuat dapat mempercepat timbulnya reaksi serangga hama dengan membentuk biotipe baru. Ketahanan horizontal sulit diperoleh karena sifat penurunannya yang kompleks sehingga cukup sulit untuk digabungkan dengan sifat lain. Namun pada ketahanan ini, serangga hama lebih lambat membentuk biotipe baru. Ketahanan tanaman juga dapat dikelompokkan berdasarkan cara sifat ketahanan tersebut diturunkan. Ketahanan oligonenik yang ditentukan oleh satu atau sedikit gen dapat diturunkan melalui gen dominan dan resesif. Ketahanan poligenik atau ketahanan minor yaitu sifat ketahanan yang ditentukan oleh banyak gen. Setiap gen menyumbangkan sedikit sifat ketahanan. Salah satu contoh ketahanan poligenik terjadi pada tanaman jagung yang tahan terhadap penggerek batang jagung *Ostrinia* sp.

Mekanisme ketahanan genetik tanaman dapat berupa antixenosis atau ketidaksukaan hama terhadap inang dan antibiosis. Antixenosis didasarkan pada antixenosis morfologi dan antixenosis kimiawi. Antixenosis kimiawi terjadi karena tanaman mengeluarkan senyawa kimia yang bersifat allelokimia sehingga menolak

kehadiran serangga pada tanaman. Sedangkan antixenosis morfologi adalah bentuk tanaman yang menyulitkan serangga untuk menyerang dan hidup pada tanaman. Tanaman juga dapat bersifat antibiosis bagi serangga. Serangga akan mengalami penyimpangan fisiologis bahkan mengalami kematian setelah memakan tanaman yang mengandung senyawa antibiotik. Contoh antibiosis pada tanaman jagung adalah adanya kandungan glucoside yang mengakibatkan tanaman jagung tahan terhadap penggerek batang *Ostrinia* sp. (Untung, 1993). Dasar inilah yang digunakan untuk pengembangan tanaman GMO (*genetic modified organism*).

Penggunaan varietas tahan juga dapat mengurangi ketergantungan terhadap insektisida, berkontribusi dalam ekonomi hijau dengan menciptakan sistem pertanian yang ramah lingkungan. Integrasi varietas tahan dan metode pengendalian hayati dapat menghasilkan pendekatan yang efektif dalam pengelolaan hama tanaman.

2.3. Identifikasi Molekuler

Identifikasi molekuler dilakukan untuk memastikan identitas musuh alami yaitu parasitoid dan jamur entomopatogen yang telah diidentifikasi secara morfologi. Identifikasi molekuler diawali dengan proses ekstraksi DNA, dilanjutkan dengan PCR, sekuensing hasil PCR, dan analisis filogenetik. Ekstraksi DNA adalah proses mengeluarkan DNA dari dalam sel yang diawali dengan proses lisis atau menghancurkan dinding sel. Dilanjutkan dengan memisahkan DNA dengan protein, pencucian materi genetik, dan resuspensi dengan menambahkan larutan *buffer*.

2.3.1 Polymerase Chain Reaction (PCR)

PCR dikembangkan pada tahun 1980-an oleh Kary Mullis adalah suatu metode yang revolusioner. PCR adalah cara untuk sintesis untai DNA baru dari DNA *polimerase*. Untai DNA baru akan berpasangan dengan DNA *template*. DNA *polimerase* hanya dapat menambahkan nukleotida ke gugus 3'-OH yang ada, sehingga dalam prosesnya diperlukan primer untuk menambahkan nukleotida

pertama (NCBI, 2017). Dalam proses PCR diperlukan beberapa komponen yaitu DNA *template*, primer, Buffer, dNTPs (Deoxynucleotide Triphosphates), MgCl₂, dan enzim DNA *polimerase*.

Tahapan dalam proses PCR yaitu: pra-denaturasi DNA templat, denaturasi DNA *template*, penempelan primer pada *template* (*annealing*), pemanjangan primer (*extension*) dan pematapan (*postextension*). Denaturasi, *annealing*, dan pemanjangan primer merupakan tahapan yang berulang. Setiap siklusnya terjadi duplikasi jumlah DNA. Pemisahan untai ganda DNA *template* (*unamplified DNA*) dilakukan dengan denaturasi termal, kemudian dilakukan pendinginan pada suhu tertentu agar primer menempel pada DNA target (*anneal primer*). Dengan adanya dNTPs (dATP, dCTP, dGTP, dTTP) dan buffer yang sesuai maka DNA *polimerase* dapat digunakan untuk memperpanjang primer (*extend primer*). Siklus PCR berlangsung 20-40 siklus (Handoyo & Rudiretna, 2000).

DNA Template

DNA *template* berfungsi sebagai cetakan dalam membentuk molekul DNA baru yang sama. DNA *template* harus mengandung fragmen DNA target, dapat berupa DNA kromosom, DNA plasmid ataupun fragmen DNA. DNA *template* disiapkan dengan metode lisis sel dan isolasi DNA kromosom atau DNA plasmid dengan menggunakan metode standar. Lisis merupakan metode yang dapat digunakan secara umum dengan prinsip merusak dinding sel namun tidak merusak DNA. Dalam proses lisis digunakan buffer lisis untuk menghindari kerusakan DNA. Tahapan yang lebih kompleks terjadi dalam metode isolasi DNA kromosom atau DNA plasmid. Isolasi DNA kromosom atau DNA plasmid pada prinsipnya adalah merusak dinding sel, kemudian dilanjutkan dengan pemisahan DNA kromosom atau DNA plasmid dari komponen-komponen lain, sehingga diperoleh kualitas DNA yang lebih baik dan murni (Handoyo & Rudiretna, 2000).

Primer

Primer yaitu suatu oligonukleotida pendek yang mempunyai urutan nukleotida yang komplementer dengan urutan nukleotida DNA template. Primer sangat menentukan keberhasilan proses PCR. Fungsi primer dalam PCR yaitu sebagai pembatas fragmen DNA target yang akan diamplifikasi. Selain itu, primer juga menyediakan gugus -OH pada ujung 3' yang diperlukan dalam proses ekstensi DNA. Primer dapat didesain berdasarkan urutan DNA yang diketahui maupun dari urutan protein yang dituju. Untuk memperoleh data urutan DNA dan protein dapat mengakses *database* dari GenBank. Perancangan primer dapat dilakukan dengan dasar hasil analisis homologi dari DNA dan juga protein kerabat dekat target, jika urutan DNA dan juga protein yang dituju belum diketahui. Primer yang dirancang harus memenuhi kriteria panjang primer, komposisi primer, melting temperatur, dan juga interaksi antar primer.

Panjang primer umumnya antara 18 – 30 basa. Panjang primer kurang dari ketentuan tersebut dapat mengakibatkan terjadinya penempelan primer pada tempat yang tidak diinginkan (*mispring*). Hal ini karena spesifisitas primer terlalu rendah. Namun, panjang primer yang melebihi 30 basa juga tidak dapat meningkatkan spesifisitas primer yang signifikan, tetapi menimbulkan biaya yang lebih tinggi. Komposisi primer juga perlu diperhatikan, yaitu dengan menghindari urutan nukleotida yang sama. Hal ini akan mempengaruhi spesifisitas dari primer itu sendiri. Persentase jumlah basa G dan C sebaiknya sama atau lebih besar dari persentase jumlah G dan C pada DNA target. Primer dengan persentase jumlah C dan G yang lebih rendah dari DNA target tidak dapat menempel secara efektif pada tempat yang dituju sehingga efisiensi PCR menurun. Pada ujung 3' sebaiknya adalah nukleotida G dan C, hal ini karena nukleotida A dan T toleran terhadap *mismatch* sehingga dapat menurunkan spesifitas primer.

Selain panjang primer dan komposisi primer, *melting temperature* juga menjadi faktor penting. *Melting temperature* adalah suhu pada saat 50% dari *double helix* terpisah. *Melting temperature* sangat menentukan suhu annealing yang akan digunakan pada proses PCR. *Melting temperature* primer sebaiknya berkisar 50-65 °C. *Self-homology* dan *cross-homology* merupakan interaksi primer-primer yang

harus dihindari untuk menghindari terjadinya misrpiming dan penurunan spesifitas primer (Handoyo & Rudiretna, 2000).

dNTPs (Deoxynucleotide Triphosphates)

dNTPs bertindak sebagai building block DNA yang diperlukan dalam pemanjangan DNA pada proses PCR. dNTPs akan menempel pada ujung 3' gugus -OH dari primer baru yang komplemen dengan DNA *template*. dNTPs adalah campuran yang terdiri dari deoksiadenosin trifosfat, deoksitimidin trifosfat, dan deoksiguanosin trifosfat (dATP, dTTP, dan dCTP). Konsentrasi dNTPs harus ditentukan untuk proses PCR (Handoyo & Rudiretna, 2000).

Buffer PCR dan MgCl₂

Buffer PCR akan menjamin kondisi pH medium, buffer diperlukan dalam proses PCR karena reaksi PCR hanya akan berlangsung pada kondisi pH tertentu. Dalam proses PCR juga memerlukan ion Mg²⁺ yang berasal MgCl₂. Ion Mg²⁺ bertindak sebagai kofaktor dan berfungsi menstimulasi aktivitas DNA polimerase. MgCl₂ ini akan meningkatkan interaksi primer dengan template yang membentuk senyawa antara (komplek larut dengan dNTP). Konsentrasi MgCl₂ berpengaruh pada spesifitas dan perolehan hasil pada proses PCR. Buffer PCR umumnya sudah mengandung senyawa MgCl₂. Namun pemisahan buffer dan MgCl₂ dapat memudahkan dalam menentukan variasi konsentrasi yang diperlukan (Handoyo & Rudiretna, 2000).

Enzim DNA Polimerase

Enzim DNA polimerase berfungsi sebagai katalis pada tahap pemanjangan DNA. Enzim DNA polimerase diisolasi dari bakteri yang bersifat termofilik atau hipertermofilik, sehingga enzim dapat bersifat stabil pada suhu 95 °C. DNA polimerase diperlukan untuk mengamplifikasi fragmen DNA panjang. Untuk memperoleh hasil PCR yang baik, diperlukan optimasi terhadap jenis DNA polimerase, suhu, dan juga konsentrasi yang berkaitan dengan dNTPs, MgCl₂ dan DNA polimerase; buffer PCR, dan waktu (Handoyo & Rudiretna, 2000).

2.4 Metabolit Sekunder

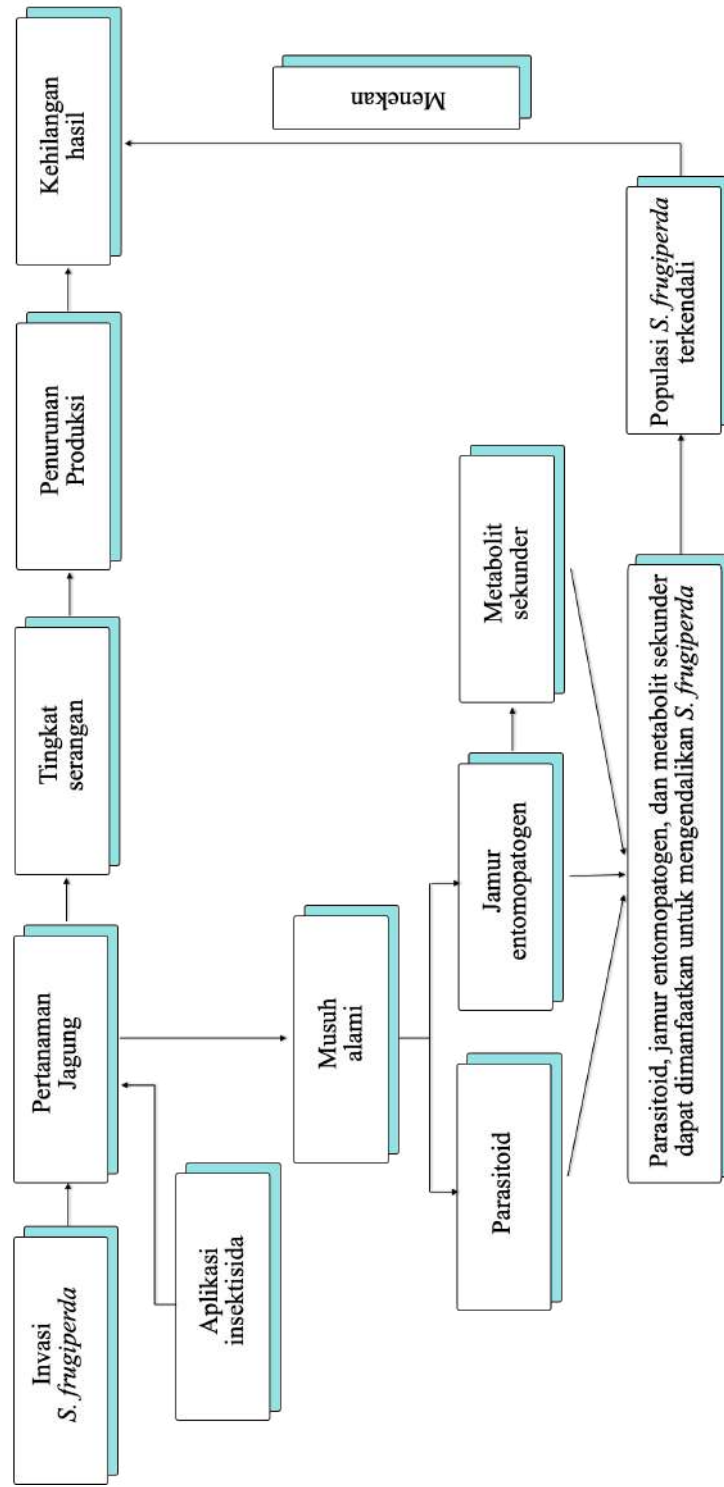
Metabolit sekunder adalah senyawa yang diproduksi oleh mikroorganisme, flora dan juga fauna. Metabolit sekunder disintesis dari senyawa metabolit primer berupa asetil Ko-A, asam amino, dan senyawa-senyawa lain (Soesanto, 2014). Senyawa metabolit sekunder diproduksi dalam kondisi tertekan (Syarifuddin *et al.*, 2020; Soesanto, 2014). Senyawa metabolit sekunder dapat berupa senyawa beracun, feromon, pigmen, dan senyawa lainnya, sehingga banyak dimanfaatkan sebagai alternatif pengendalian OPT. Kandungan senyawa metabolit sekunder yang berupa flavonoid, alkaliod, dan terpenoid memiliki aktivitas insektisida (Wulandari *et al.*, 2018).

Mode of action dari metabolit sekunder bergantung dari jenis racun yang terkandung pada senyawa metabolit dan juga jenis inang. Cara kerja metabolit sekunder hampir sama dengan racun insektisida yaitu mengganggu saraf, mengganggu penyerapan nutrisi serangga, mengganggu penyerapan air, dan juga merusak permukaan kulit serangga sehingga serangga rentan terhadap infeksi jamur. Gangguan dari racun metabolit sekunder tersebut meningkatkan mortalitas serangga hama (Wang *et al.*, 2021).

BAB 3. KERANGKA PEMIKIRAN

Provinsi Lampung adalah salah satu sentra produksi jagung di Indonesia. Invasi *S. frugiperda* ke pertanaman jagung di Provinsi Lampung menimbulkan masalah serius. Serangan *S. frugiperda* berdampak pada kerusakan tanaman jagung. Informasi mengenai tingkat serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung pasca invasi di Provinsi Lampung penting untuk diketahui. Serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung juga dapat mengakibatkan penurunan produksi dan kehilangan hasil. Selain itu, serangan *S. frugiperda* pada pertanaman jagung juga mengakibatkan peningkatan biaya pengendalian hama. Penggunaan insektisida yang berlebihan juga berdampak negatif terhadap lingkungan dan organisme bukan sasaran termasuk polinator, musuh alami, dekomposer, dan organisme lain yang keberadaannya bermanfaat bagi ekosistem.

Pada pertanaman jagung terdapat musuh alami baik berupa parasitoid maupun jamur entomopatogen. Musuh alami ini dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan populasi *S. frugiperda*. Perlu ditemukan parasitoid yang dapat mengendalikan *S. frugiperda*, demikian juga untuk jamur entomopatogen. Selain itu, jamur entomopatogen yang diperoleh mungkin dapat diekstraksi metabolit sekundernya. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh jamur entomopatogen mungkin dapat bersifat racun bagi serangga. Dengan demikian, musuh alami dan metabolit sekunder dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan populasi *S. frugiperda*. Populasi *S. frugiperda* dan tingkat serangannya yang rendah akan dapat menekan kehilangan hasil pada tanaman jagung (Gambar 3).



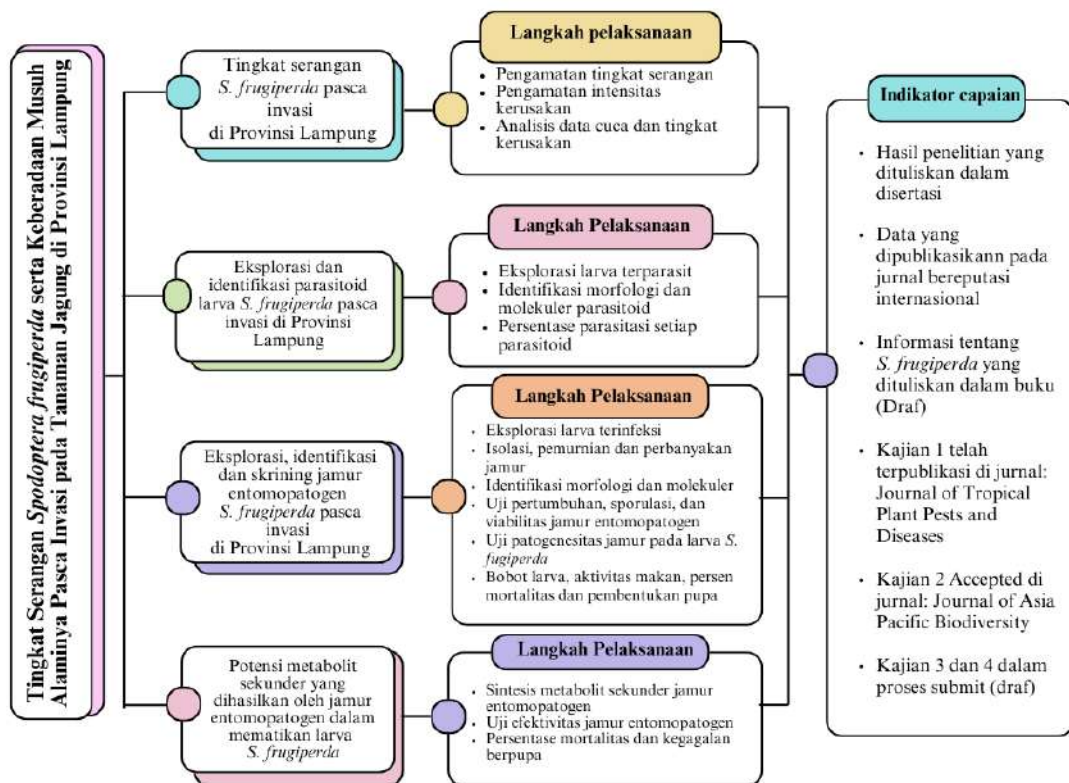
Gambar 3. Diagram alir kerangka pemikiran.

BAB 4. TAHAPAN DAN RUANG LINGKUP PENELITIAN

Disertasi ini memuat empat kajian yaitu:

1. Tingkat serangan *S. frugiperda* pasca invasi di Provinsi Lampung.
2. Eksplorasi dan identifikasi parasitoid larva sebagai musuh alami *S. frugiperda* pasca invasi di Provinsi Lampung.
3. Eksplorasi, identifikasi, dan skrining jamur entomopatogen sebagai musuh alami *S. frugiperda* pasca invasi di Provinsi Lampung.
4. Potensi metabolit sekunder jamur entomopatogen dalam mematikan larva *S. frugiperda*.

Ulat grayak *S. frugiperda* merupakan hama invasif yang berkembang sangat cepat di Indonesia. Masuknya hama invasif umumnya tidak disertai oleh musuh alaminya, sehingga populasi hama di wilayah baru meningkat dengan cepat. Pertumbuhan populasi hama akan mengikuti kurva eksponensial sampai ada faktor pembatas populasi, salah satunya adalah musuh alaminya. Dibutuhkan waktu adaptasi bagi musuh alami lokal untuk dapat mengendalikan *S. frugiperda*. Penelitian pertama dilakukan untuk mengetahui tingkat serangan *S. frugiperda* pasca invasi. Penelitian kedua dilakukan untuk mengetahui keberadaan parasitoid yang berpotensi mengendalikan *S. frugiperda*. Penelitian ketiga adalah eksplorasi identifikasi, dan skrining jamur entomopatogen yang menginfeksi *S. frugiperda*. Dengan dilakukan penelitian kedua dan ketiga, akan diketahui jenis parasitoid dan entomopatogen yang paling baik untuk dikembangkan sebagai musuh alami *S. frugiperda*. Penelitian keempat dilakukan untuk mengetahui potensi metabolit sekunder dalam mengendalikan *S. frugiperda*. Secara ringkas alur penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 4.



Gambar 4. Alur, tahapan pelaksanaan, dan indikator capaian penelitian.

BAB 10. SIMPULAN UMUM

Simpulan umum dari penelitian ini adalah:

1. Luas serangan *S. frugiperda* tertinggi terjadi pada tahun 2020 dengan intensitas kerusakan hingga 51,38%. Luas serangan menurun pada tahun 2021-2022 dan cenderung meningkat kembali pada tahun 2023 dengan intensitas kerusakan mencapai 63,33%. Luas serangan berkorelasi positif dengan curah hujan ($r = 0,45$; $\alpha = 0,05$).
2. Ditemukan empat parasitoid larva *S. frugiperda* di Provinsi Lampung, yaitu *S. illota*, Genus nr. *Eriborus* sp., *Drino (Palexorista)* sp., dan *C. formosanus*. Dua spesies yaitu *S. illota* dan Genus nr. *Eriborus* sp. pertama kali dilaporkan memarasit *S. frugiperda*. Genus nr. *Eriborus* sp. merupakan parasitoid yang potensial dengan tingkat parasitasi tertinggi.
3. Ditemukan sembilan isolat jamur entomopatogen yaitu *Metarhizium rileyi*, *Geosmithia pallida*, *Penicillium citrinum*, *Aspergillus flavus*, *Cladosporium tenuissimum*, *Penicillium expansum*, *Beauveria bassiana*, *Sarocladium zeae* 1, dan *Sarocladium zeae* 2. Aplikasi suspensi jamur entomopatogen tersebut mengakibatkan kematian larva sebesar 1,33-8,00%. Aplikasi suspensi *P. citrinum* mengakibatkan kegagalan berpupa hingga 63,33%.
4. Jamur entomopatogen yang ditemukan pada penelitian ini memproduksi metabolit sekunder yang dapat menyebabkan mortalitas *S. frugiperda*. Mortalitas yang disebabkan oleh metabolit sekunder sembilan isolat jamur bervariasi yaitu 22,22-71,11%. Mortalitas tertinggi disebabkan oleh metabolit sekunder *Sarocladium zeae* 1 yaitu 71,11% dan *B. bassiana* yaitu 64,44%.

DAFTAR PUSTAKA

- Abang AF, Nanga SN, Fotso Kuate A, Kouebou C, Suh C, Masso C, Saethre MG, & Fiaboe KKM. 2021. Natural enemies of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in different agro-ecologies. *Insects*. 12(6): 509. <https://doi.org/10.3390/insects12060509>.
- Agboyi LK, Georgen G, Baseh P, Manesah SA, Clottey VA, Glikpo R, Buddi A, Cafà G, Offord L, Day R, Rwomushana I, & Kenis M. 2020 Parasitoid complex of fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, in Ghana and Benin. *Insects* 11(2): 68. <https://doi.org/10.3390/insects11020068>.
- Agusta A & Jamal Y. 2008. Produksi metabolit utama (-)-Citrinin, pada kultur jamur endofit *Penicillium* sp. dari tanaman teh. *Biota*. 13(3): 164-168.
- Akutse KS, Kimemia JW, Ekesi S, Khamis FM, Ombura OL, & Subramanian S. 2019. Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Appl Entomol*. 143(6): 626–634. <http://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Alam MM. 1979. Attempts at the biological control of major insect pests of maize in: Barbados, WI. Symp. On maize and peanut. *Proc Caribbean Food Crops Soc*. 15: 127-135. Paramaribo, Suriname, Nov. 13- 18, 1978. <http://doi.org/10.22004/ag.econ.263088>.
- Al-Keridis LA. 2015. Application of *Penicillium* sp. as Entomopathogenic Fungi to Control the Red Rust Beetle *Tribolium castaneum* (Hbst.) (Coleoptera:Tenebrionidae). *Biosci Biotech Res Asia*. 12(spl.edn.2): 7-12. <http://dx.doi.org/10.13005/bbra/2165>.
- Ariyanto EF, Abadi AL, & Djauhari S. 2013. Keanekaragaman jamur endofit pada daun tanaman padi (*Oryza sativa* L.) dengan sistem pengelolaan hama terpadu (PHT) dan konvensional di Desa Bayem, Kecamatan Kasembon, Kabupaten Malang. *Jurnal HPT*. 1(2): 37-51.
- Arreguin-Perez CA, Miranda-Miranda E, Folch-Mallol JL, & Cossío-Bayúgar R. 2023. Identification of virulence factors in entomopathogenic *Aspergillus flavus* isolated from naturally infected *Rhipicephalus microplus*. *Microorganisms*. 11(8): 2107. <http://doi.org/10.3390/microorganisms11082107>.
- Arunthirumeni M, Vinitha G, & Shivakumar MS. 2023. Antifeedant and larvicidal activity of bioactive compounds isolated from entomopathogenic fungi *Penicillium* sp. for the control of agricultural and medically important insect

- pest (*Spodoptera litura* and *Culex quinquefasciatus*). *Parasitol Int.* 92:102688. <http://doi.org/10.1016/j.parint.2022.102688>
- Ashley TR. 1979. Classification and distribution of fall armyworm parasites. *Fla Entomol.* 62(2): 114–123. <https://doi.org/10.2307/3494087>.
- Assante G, Maffi D, Saracchi M, Farina G, Moricca S, & Ragazzi A. 2004. Histological studies on the mycoparasitism of *Cladosporium tenuissimum* on urediniospores of *Uromyces appendiculatus*. *Mycol Res.* 108(2):170-82. <http://doi.org/10.1017/s0953756203008852>.
- Astuti K, Prasetyo OR, & Khasanah IN. 2020. *Analisis produktivitas jagung dan kedelai di Indonesia 2020 (Hasil Survey Ubinan)*. Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2017. Provinsi Lampung dalam Angka 2017. <https://lampung.bps.go.id/publication/2017/08/11/9f3e06a09ebc3306f2f013c0/provinsi-lampung-dalam-angka2017.html>.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2024. Luas Panen dan Produksi Jagung di Indonesia 2023 (Angka Tetap). Badan Pusat Statistik. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik Provinsi Lampung (BPS Lampung). 2023. Iklim. <https://lampung.bps.go.id/subject/151/iklim.html#subjekViewTab3>.
- Bahar MdH, Backhouse D, Gregg PC, & Mensah R. 2011. Efficacy of a *Cladosporium* sp. fungus against *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae), other insect pests and beneficial insects of cotton. *Biocon. Sci Technol.* 21(12): 1387–1397. <https://doi.org/10.1080/09583157.2011.622036>.
- Balla A, Bhaskar M, Bagade P, & Rawal N. 2019. Yield losses in maize (*Zea mays*) due to fall armyworm infestation and potential IoT-based interventions for its control. *J Entomol Zool Stud.* 7(5): 920-927.
- Baloch MN, Fan J, Haseeb M, & Zhang R. 2020. Mapping potential distribution of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Central Asia. *Insects.* 11(3): 172. <https://doi.org/10.3390/insects11030172>.
- Bar D, Gerling D, & Rossler Y. 1979. Bionomics of the principal natural enemies Attacking *Heliotis armigera* in cotton field in Israel. *Environ Entomol.* 8(3): 468-474. <https://doi.org/10.1093/ee/8.3.468>.
- Baranov N. 1934. Zur kenntnis der parasitären raupenfliegen der Salomonen, Neubritanniens, der Admiralitäts-Inseln, der Fidschi-Inseln und Neukaledoniens, nebst einer bestimmungstabelle der orientalischen Sturmia-Arten. *Veterinarski Arhiv.* 4: 472–485.
- Bateman C, Šigut M, Skelton J, Smith KE, & Hulcr J. 2016. Fungal associates of the *Xylosandrus compactus* (Coleoptera: Curculionidae, Scolytinae) are spatially segregated on the insect body. *Environ Entomol.* 45(4): 883–890.
- Baudron F, Zaman-Allah MA, 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.
- Bhusal S & Chapagain E. 2020. Threats of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) incidence in Nepal and it's integrated management-A review. *J Agric Nat Res.* 3(1): 345–359. <https://doi.org/10.3126/janr.v3i1.27186>.
- Broad G. 2011. Identification key to the subfamilies of Ichneumonidae (Hymenoptera). Dept. of Entomology, The Natural History Museum, Cromwell Road, London SW7 5BD, UK.
- CABI. 2019. Invasive spesies compondueum: *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). <https://www.cabi.org/isc/datasheet/29810>
- Canico A, Mexia A, & Santos L. 2020. First report of native parasitoids of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Mozambique. *Insects.* 11(9): 615. <https://doi.org/10.3390/insects11090615>.
- Cantrell BK. 1986. An updated host catalogue for the Australian Tachinidae (Diptera). *J Aust ent soc.* 25: 255-265. <https://doi.org/10.1111/j.1440-6055.1986.tb01112.x>
- Capinera JL. 2020. Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Insecta: Lepidoptera: Noctuidae), IFAS Extension. Available online: <https://edis.ifas.ufl.edu/publication/in255> (accessed on 24 November 2022).
- Casmuze A, Juárez ML, Socías MG, Murúa MG, Prieto S, Medina S, Willink E, & Gastaminza G. 2010. Review of the host plants of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Rev Soc Entomol Argent.* 69: 209–231.
- Chaudhari SV & Nikam PK. 1999. Host plant preference of *Senometopia illota* to *Helicoverpa armigera* on pigeonpea and chickpea. *J Biol Cont.* 13: 15-18.
- Chu YI. 1979. Insect pests of corn at Kediri, Jawa Timur, Indonesia. *Plant Prot Bull (Taiwan)* 21(4): 397-402.
- Cruz I, Figueiredo MLC, Oliveira AC, & Vasconcelos CA. 1999. Damage of *Spodoptera frugiperda* (Smith) in different maize genotypes cultivated in soil under three levels of aluminium saturation. *Intl J Pest Manag.* 45: 293-296.
- Day R, Abrahams P, Bateman M, Beale T, Clottey V, Cock M, Colmenarez Y, Corniani N, Early R, Godwin J, Gomez J, Moreno PG, & Murphy ST. 2017. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. *Outlooks Pest Manag.* 28: 196–201. http://doi.org/10.1564/v28_oct_02.
- Davis FM, Ng SS, & Williams WP. 1992. Visual rating scales for screening whorl-stage corn for resistance to fall armyworm. *Technical Bulletin-Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station.* 186: 1–9.
- Direktorat Perlindungan Tanaman Pangan. 2018. Petunjuk teknis pengamatan dan pelaporan organisme pengganggu tumbuhan dan dampak perubahan iklim (OPT-DPI). Direktorat Jenderal Tanaman Pangan, Kementerian Pertanian Republik Indonesia, Jakarta, Indonesia.

- Diyasti F & Amalia AW. 2021. Peran perubahan iklim terhadap kemunculan OPT baru *Agroscript*. 3(1): 57–69.
- Dorémus T, Jouan V, Urbach S, Cousserans F, Wincker P, Ravallec M, Wajnberg E, & Volkoff AN. 2013. *Hyposoter didymator* uses a combination of passive and active strategies to escape from the *Spodoptera frugiperda* cellular immune response. *J Insect Physiol*. 59(4): 500–508. <http://doi.org/10.1016/j.jinsphys.2013.02.010>
- Dorji U, Khando D, Kinley C, & Jamtsho T. 2022. Preliminary inventory of native natural enemy species of the new pest; the Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Bhutan Journal of Natural Resources and Development*. 9(1): 44-53.
- Elawati NE, Kusdiantyni E, & Pujiyanto S. 2018. Karakteristik dan sifat kinetika enzim kitinase asal jamur entomopatogen *Beauveria bassiana*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBi)*. 5(1):1. <http://doi.org/10.29122/jbbi.v5i1.2587>.
- Espinel-Ingroff A. 2000. Germinated and Nongerminated Conidial Suspensions for Testing of Susceptibilities of *Aspergillus* spp. to amphotericin B, Itraconazole, Posaconazole, Ravuconazole, and Voriconazole. *Antimicrobial agents and chemotheraphy*. 45(2): 605-607.
- Fadhillah, Efita, Muharni, Yohandini H, & Widjajanti H. 2019. Chemical compound isolated from antioxidant active extract of endophytic fungus *Cladosporium tenuissimum* in *Swietenia mahagoni* leaf stalks. *Biodiversitas*. 20(9): 2645-2650. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d200929>.
- Fakeer M, Hammam GH, Joo JH, Hussein KA. 2024. Applicability of entomopathogenic fungi and essential oils against the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Int J Trop Insect Sci*. 44: 53–61. <https://doi.org/10.1007/s42690-023-01134-z>.
- Feldmann F, Rieckmann U, & Winter S. 2019. The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa—What should be done next?. *J Plant Di. Prot*. 126(5): 97–101. <https://doi.org/10.1007/s41348-019-00204-0>.
- Freed S, Feng-Liang J, Naeem M, Sun-Xiang Ren & Hussian M. 2012. Toxicity of proteins secreted by entomopathogenic fungi against *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae). *Int J Agric Biol*. 14(2): 291-295. http://www.fspublishers.org/published_papers/37590_..pdf.
- Goergen G, Kumar PL, Sankung SB, Togola A, & Tamò M, 2016. First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith)(Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa. *PLoS One*. 11(10): 1-9. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0165632>.
- Groote HD, Kimenju SC, Munyua B, Palmas S, Kassie M, & Bruce A. 2020. Spread and impact of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) in maize production areas of Kenya. *Agr Ecosyst Environ*. 292: 1-10. <http://doi.org/10.1016/j.agee.2019.106804>.

- Guerra WD, Guerra ALLD, Ribas LN, Gonçalves RM, & Mastrangelo T. 2014. Molecular Identification of a Parasitic Fly (Diptera: Tachinidae) from the Introduced *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Entomol Ornithol Herpetol.* 3: 131. <http://doi.org/10.4172/2161-0983.1000131>.
- Gupta A, Yadavalli L, Varshney R, Shylesha AN, & van-Achterberg C. 2020. *Chelonus formosanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae) an egg-larval parasitoid of the invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) amenable to laboratory mass production in India. *J. Entomol. Zool. Stud.* 8(1): 1521-1524.
- Hall TA. 1999. BioEdit: A user-friendly biological sequence alignment editor and analysis program for Windows 95/98/NT. *Nucl AcidS.* 41: 95-98.
- Handoyo D & Rudiretna A. 2000. Prinsip umum dan pelaksanaan Polymerase Chain Reaction (pcr) [General Principles and Implementation of Polymerase Chain Reaction]. *Unitas.* 9 (1): 17-29.
- Hatem AE, Shower DM, & Vargas-Osuna E. 2016. Parasitism and optimization of *Hyposoter didymator* (Hymenoptera: Ichneumonidae) rearing on *Spodoptera littoralis* and *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol.* 109(3): 1058-1063. <https://doi.org/10.1093/jee/tow028>.
- Hay-Roe MM, Meagher RL, & Nagoshi RN. 2013. Effect of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) strain and diet on oviposition and development of the parasitoid *Euplectrus platyhyphenae* (Hymenoptera: Eulophidae). *Biol Control.* 66(1): 21-26. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2013.03.003>.
- Herlinda S, Gustianingtyas M, Suwandi, Suharjo R, Sari JMP, & Lestari RP. 2021. Endophytic fungi confirmed as entomopathogens of the new invasive pest, the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), infesting maize in South Sumatra, Indonesia. *Egypt J Biol Pest Control.* 31(124): 1-13. <http://doi.org/10.1186/s41938-021-00470-x>.
- Herlinda S, Gustianingtyas M, Suwandi S, Suharjo R, Sari JMP, Suparman, Hamidson H, & Hasyim H. 2022. Endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) in seed-treated corn suppressing *Spodoptera frugiperda* growth. *Biodiversitas.* 23(11): 6013-6020. <http://doi.org/10.13057/biodiv/d231156>.
- Hernandez-Trejo A, Estrada-Drouaillet B, López-Santillán JA, Rios-Velasco C, Rodríguez-Herrera R, Osorio-Hernández E. 2019. Effects of Native Entomopathogenic Fungal Strains and Neem Extract on *Spodoptera frugiperda* on Maize. *Southwestern Entomologist.* 44(1): 117-124. <https://doi.org/10.3958/059.044.0113>.
- Hruska AJ. 2019. Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CAB Rev.* 14(043): 1-11.
- Idrees A, Qadir ZA, Akutse KS, Afzal A, Hussain M, Islam W, Waqas MS, Bamisile BS, & Li J. 2021. Effectiveness of Entomopathogenic Fungi on Immature Stages and Feeding Performance of Fall Armyworm, *Spodoptera*

- frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) Larvae. *Insects*. 12(11):1044. DOI: <https://doi.org/10.3390/insects12111044>.
- Idrees A, Afzal A, Qadir ZA, Jun L. 2023. Virulence of entomopathogenic fungi against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) under laboratory conditions. *Frontiers in Physiology*. 14. 1107434. <http://doi.org/10.3389/fphys.2023.1107434>
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2018. *Integrated Pest Management (IPM) & Insect Resistance Management (IRM) for Fall Armyworm in South African Maize*. IRAC. South Africa. 21 p.
- Insecticide Resistance Action Committee (IRAC). 2021. Integrated Pest Management (IPM) & Insect Resistance Management (IRM) for Fall Armyworm in South African Maize. <https://irac-online.org/documents/ipm-irm-for-fall-armyworm-in-s-african-maize/>. Accessed March 2023.
- IITA. 2016. First report of outbreaks of the “Fall Armyworm” on the African continent. IITA Bulletin. No 2330. <http://bulletin.iita.org/index.php/2016/18First-report-of-outbreaks-of-the-fall-armyworm-on-the-african-continent/>
- IPPC. 2018. First detection of Fall Armyworm on the border of Thailand. IPPC Official Pest Report, No THA-03/1. FAO: Rome, Italy. <http://www/ippc.int/>.
- IPPC. 2019. First Detection Report of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in Myanmar. IPPC Official Pest Report, No. MMR-19/2. Rome, Italy. <http://www/ippc.int/>.
- Islam T, Gupta DR, Surovy MZ, Mahmud NU, Mazlan N, & Islam T. 2019. Identification and application of a fungal biocontrol agent *Cladosporium cladosporioides* against *Bemisia tabaci*. *Biotechnology & Biotechnological Equipment*. 33(1): 1698–1705. <https://doi.org/10.1080/13102818.2019.1695541>.
- Jones D. 1985. Endocrine interaction between host (Lepidoptera) and parasite (Cheloninae, Hymenoptera): Is the host or the parasite in control? *Ann Entomol Soc Am*. 78(2): 141–148. <https://doi.org/10.1093/aesa/78.2.141>.
- Kaur M, Chadha P, Kaur S, & Kaur A. 2021. *Aspergillus flavus* induced oxidative stress and immunosuppressive activity in *Spodoptera litura* as well as safety for mammals. *BMC Microbiol*. 21:180. <https://doi.org/10.1186/s12866-021-02249-4>.
- Kemp ND, Vaughan MM, McCormick SP, Brown JA, & Bakker B. 2020. *Sarocladium zeae* is a systemic endophyte of wheat and an effective biocontrol agent against Fusarium head blight. *Biol Control*. 149. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104329>.
- Koffi D, Kyerematen R, Eziah VY, Agboka K, Adom M, & Meagher RL. 2020. Natural enemies of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in Ghana. *Fla Entomol*. 103 (1): 85–90. <https://doi.org/10.1653/024.103.0414>.

- Kolařík M, Kubátová A, Pažoutová S, & šrůtka P. 2004. Morphological and molecular characterisation of *Geosmithia putterillii*, *G. pallida* comb. nov. and *G. flava* sp. nov., associated with subcorticolous insects. *Mycol Res.* 108(9): 1053-1069. <https://doi.org/10.1017/S0953756204000796>
- Kumar S, Tamura K, & Stecher G. 2016. MEGA7: Molecular evolutionary genetics analysis version 7.0 for bigger datasets. *Mol Biol Evol.* 33: 1870-1874
- Kumela T, Simiyu J, Sisay B, Likhayo P, Mendesil E, Gohole L, & Tefera T. 2018. Farmers' knowledge, perceptions, and management practices of the new invasive pest, fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Ethiopia and Kenya. *Intl J Pest Manag.* 64: 1-9. <http://doi.org/10.1080/09670874.2017.1423129>
- Lestari P, Budiarti A, Fitriana Y, Susilo FX, Swibawa IG, Sudarsono H, Suharjo R, Hariri AM, Purnomo, Nuryasin, Solikhin, Wibowo L, Jumari, & Hartaman M. 2020. Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province, Indonesia. *Biodiversitas.* 21(4): 1670-1677.
- Lestari P, Swibawa IG, Fitriana Y, Suharjo R, Utomo SD, & Hartaman M. 2024. The Population Dynamics of *Spodoptera frugiperda* After Its Invasion in Lampung Province, Indonesia. *J Trop Plant Pests Dis.* 24: 98-108. <http://doi.org/10.23960/j.hptt.12498-108>.
- Lima MS, Silva PSL, Oliveira OF, Silva KMB, & Freitas FCL. 2009. Corn yield responds to weed and fall armyworm controls. *Plant Daninha.* 28(1): 103-111.
- Lira EC, Bolzan A, Nascimento ARB, Amaral FSA, Kanno RH, Kaiser IS, & Omoto C. 2020. Resistance of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) to spinetoram: inheritance and cross-resistance to spinosad. *Pest Manag Sci.* 76: 2674–2680.
- Liu JF, Zhao HY, Song YF, Yu YC, & Yang MF. 2022. A chromosome-level genome assembly of the parasitic wasp *Chelonus formosanus* Sonan 1932 (Hymenoptera: Braconidae). *Genome Biol Evol.* 14(1): <http://doi.org/10.1093/gbe/evac006>.
- Liu Q, Johnson LJ, Applegate ER, Arfmann K, Jauregui R, Larking A, Mace WJ, Maclean P, Walker T, & Johnson RD. 2022. Identification of genetic diversity, pyrrolic acid-producing strains and transmission modes of endophytic *Sarocladium zeae* Fungi from *Zea* Crops. *Microorganisms.* 10(7):1415. <https://doi.org/10.3390/microorganisms10071415>
- Lubis AAN, Anwar R, Soekarno BPW, Istiaji B, Sartiami D, Irmansyah, & Herawati D. 2020. Serangan ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung di Desa Petir, Kecamatan Daramaga, Kabupaten Bogor dan potensi pengendaliannya menggunakan *Metarhizium Rileyi*. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat.* 2(6): 931-939.
- Luginbill P. 1928. The Fall Army Worm. *Technical Bulletin.* No. 3. United States Department of Agriculture, Washington DC.

- Ma J, Wang YP, Wu MF, Bo-Ya Gao BY, Liu J, Lee GS, Otuka A, & Hul G. 2019. High risk of the Fall Armyworm invading into Japan and the Korean Peninsula via overseas migration. *J of Appl Entomol.* 13(9): 1-10. <http://doi.org/10.1111/jen.12679>
- Maharani Y, Dewi VK, Puspasari LT, Rizkie L, Hidayat Y, & Dono D. 2019. Cases of Fall Army Worm *Spodoptera frugiperda* J. E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Attack on Maize in Bandung, Garut and Sumedang District, West Java. *Jurnal Cropsaver.* 2(1): 38-46.
- Mani M & Krishnamoorthy A. 1983. Recovery of two exotic parasites, *Trichogramma brasiliensis* [Hym.: Trichogrammatidae] and *Eucelatoria bryani* [Dip.: Tachinidae] from *Heliothis armigera* [Lep.: Noctuidae] in tomato fields. *Entomophaga.* 28: 401-405. <https://doi.org/10.1007/BF02372194>.
- Marsh PM. 1978. The Braconid parasites (Hymenoptera) of *Heliothis* species (Lepidoptera: Noctuidae). *Proc Entomol Soc Wash.* 80: 15-36.
- Meagher RL, Nagoshi RN, Stuhl C, & Mitchell ER. 2004. Larval development of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on different cover crop plants. *Fla Entomol.* 87(4): 454-460. [https://doi.org/10.1653/0015-4040\(2004\)087\[0454:LDOFAL\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1653/0015-4040(2004)087[0454:LDOFAL]2.0.CO;2)
- Mitchell ER. 1979. Monitoring adult populations of the fall armyworm. *Fla Entomol.* 62(2): 91-98. <https://doi.org/10.2307/3494085>
- Molina-Ochoa J, Carpenter JE, Heinrichs EA, & Foster JE. 2003. Parasitoids and parasites of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas and Caribbean Basin: an inventory. *Fla Entomol.* 86(3): 254-289.
- Montezano DG, Specht A, Sosa-Gomez DR, Roque-Specht VF, SousaSilva JC, Paula-Moraes, Peterson JA, & Hunt TE. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *Afr Entomol.* 26(2): 286-300. <http://doi.org/10.4001/003.026.0286>.
- Mulyani F, Soesanto L, Sastyawan WMR, & Mujiono. 2022. Aplikasi metabolit sekunder jamur entomopatogen terhadap wereng batang coklat (*Nilaparvata lugens* stall.) in planta. *Media Pertanian.* 7(1): 13-22.
- Mulyatni AS, Priyatmojo A, & Purwantara A. 2011. Sekuen Internal Transcribed Spacer (ITS) DNA ribosomal *Oncobasidium theobromae* dan jamur sekerabat pembeding. *Menara Perkebunan.* 79 (1): 1-5.
- Nasini G, Arnone A, Assante G, Bava A, Moricca S, & Ragazzi A. 2004 Secondary mould metabolites of *Cladosporium tenuissimum*, a hyperparasite of rust fungi. *Phytochemistry.* (65)14: 2107-2111. <https://doi.org/10.1016/j.phytochem.2004.03.013>.
- Navik O, Shylesha AN, Patil J, Venkatesan T, Lalitha Y, & Ashika TR. 2021. Damage, distribution and natural enemies of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. smith) under rainfed maize in Karnataka, India. *Crop Protection.* 143: 1-7. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105536>.

- NCBI. 2017. Polymerase Chain Reaction (PCR). National Library of Medicine, National Center for Biotechnology Information. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/probe/docs/techpcr/>.
- Nei M & Kumar S. 2000. Molecular evolution and phylogenetics. Oxford University Press, New York.
- Ngangambe MH & Mwatawala MW. 2020. Effects of entomopathogenic fungi (EPFs) and cropping systems on parasitoids of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) on maize in eastern central, Tanzania. *Biocon Sci Technol.* 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1080/09583157.2020.1726878>.
- Nguyen HC, Lin K-H, Nguyen TP, Le HS, Ngo KN, Pham DC, Tran TN, Su C-H, & Barrow CJ. 2023. Isolation and Cultivation of *Penicillium citrinum* for Biological Control of *Spodoptera litura* and *Plutella xylostella*. *Fermentation.* 9(5):438. <https://doi.org/10.3390/fermentation9050438>
- Nicoletti R, Andolfi A, Becchimanzi A, & Salvatore MM. 2023. Anti-Insect Properties of *Penicillium* Secondary Metabolites. *Microorganisms.* 11(5): 1302. <https://doi.org/10.3390/microorganisms11051302>.
- Niu Y, Head GP, Price PA, & Huang F. 2016. Performance of Cry1A.105-selected fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) on transgenic maize plants containing single or pyramided Bt genes. *Crop Protection.* 88: 79-87. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2016.06.005>.
- Nonci N, Kalqutny SH, Mirsam H, Muis A, Azrai M, & Aqli M. 2019. *Pengenalan Fall Army Worm (Spodoptera frugiperda J.E.Smith) Hama Baru pada Tanaman Jagung di Indonesia.* Balai Penelitian Serealia. Maros.
- O'Hara JE, Shima H, & Zhang C. 2009. Annotated catalogue of the Tachinidae (Insecta: Diptera) of China. *Zootaxa.* 2190(1): 1- 236. <https://doi.org/10.11646/zootaxa.2190.1.1>.
- O'Hara JE, Henderson SJ, & Wood DM. 2020. Preliminary checklist of the Tachinidae (Diptera) of the world. Canadian National Collection of Insects, Agriculture and Agri-Food Canada 960 Carling Avenue, Ottawa, Ontario, Canada, K1A 0C6.
- Okuma DM, Cuenca A, Nauen R, & Omoto C. 2022. Large-Scale Monitoring of the Frequency of Ryanodine Receptor Target-Site Mutations Conferring Diamide Resistance in Brazilian Field Populations of Fall Armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Insects.* 13(7): 1-17. <https://doi.org/10.3390/insects13070626>.
- O'Malley T. 2024. Pheromone-based mating disruption to control *Spodoptera frugiperda*: Possibilities and Constraints for smallholders. Swedish University of Agricultural Sciences. Alnarp.
- Otim MH, Adumo SA, Opio M, Kanyesigye D, Opolot NH, & Tay WT. 2021. Parasitoid Distribution and Parasitism of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Different Maize Producing Regions of Uganda. *Insects.* 12(2): 121. <https://doi.org/10.3390/insects12020121>

- Overton K, Maino JL, Day R, Umina PA, Bett B, Carnovale D, Ekesi S, Meagher R, & Reynolds OL. 2021. Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection*. 45(105641): 1-15. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105641>
- Passao S. 1991. Color identification of economically important Spodoptera larvae in Honduras (Lepidoptera: Noctuidae). *Insecta Mundi*. 5(3-4): 185-196.
- Pawar CS, Bhatnagar VS, & Jadhav DR. 1989. *Campoletis chlorideae* Uchida (Hymenoptera: Ichneumonidae) as a parasite of *Helicoverpa armigera* (Hub.) (Lepidoptera: Noctuidae) in southwest India. *Proc. Indian Acad. Sci. (Anim Sci)*. 98: 259-265. <https://doi.org/10.1007/BF03179407>.
- Permana EI & Diyasti F. 2022. Uji metabolit sekunder *metarhizium* spp. untuk pengendalian kumbang janur kelapa. *Agroscrip J Appl Agric Sci*. 4(2): 94-105. <https://doi.org/10.36423/agroscrip.v4i2.1122>.
- Pitt JI. 1979. Geosmithia gen. nov. for *Penicillium lavendulum* and related species. *Can J Bot*. 57(19): 2021-2030. <http://doi.org/10.1139/b79-252>.
- Pitre HN, Mulrooney JE, & Hogg DDB. 1983. Fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) oviposition: crop preferences and egg distribution on plants. *J Econ Entomol*. 76: 463-466.
- Prasanna BM, Huesing JE, Eddy R, & Peschke VM. 2018. Fall Armyworm in Africa: A Guide for Integrated Pest Management, 1st ed. CIMMYT. Mexico City. Mexico.
- Prayogo Y. 2006. Sebaran dan efikasi berbagai genus cendawan entomopatogen terhadap *Riptortus linearis* pada kedelai di Lampung dan Sumatra Selatan. *J Trop Plant Pests and Dis*. 6(1): 8-20. <http://doi.org/10.23960/j.hppt.1614-22>.
- Price PW. 1997. Insect Ecology. Third Edition. Jhon Wiley & Sons Inc. New York.
- Purkan, Baktir A, & Sayyidah AR. 2016. Produksi Enzim Kitinase dari *Aspergillus niger* menggunakan Limbah Cangkang Rajungan Sebagai Induser. *Jurnal Kimia Riset*. 1(1): 34-41. <https://doi.org/10.20473/jkr.v1i1.2440>
- Purnamasari MI, Prihatna C, Gunawan AW, & Suwanto A. 2012. Isolasi dan identifikasi secara molekuler *Ganoderma* spp. yang berasosiasi dengan penyakit busuk pangkal batang di kelapa sawit. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. 8 (1): 9-15.
- Radiansyah AD, Susmianto A, Siswanto W, Tjitrosoedirdjo S, Djohor DJ, Setyawati T, Sugianti B, Ervandiari I, Harmono S, Fauziah, Alaydrus R, Arta AP, & Gunadharma N. 2015. *Strategi Nasional dan Arah Rencana Aksi Pengelolaan Jenis Asing Invasif di Indonesia*. Deputi Bidang Pengendalian Kerusakan Lingkungan dan Perubahan Iklim, Kementerian Lingkungan Hidup dan Kehutanan Republik Indonesia. Jakarta.
- Ramanujam B, Poornesha B, Shylesha AN. 2020. Effect of entomopathogenic fungi against invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize. *Egypt J Biol Pest Control*. 30(100): 1-5. <https://doi.org/10.1186/s41938-020-00291-4>.

- Ratnasingham S & Hebert PDN. 2007. BOLD: The barcode of life data system (www.barcodinglife.org). *Mol Ecol Notes*. 7: 355-364. <http://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2006.01678.x>.
- Rai PS. 1974. Record of *Chelonus formosanus* Sonan (Hymenoptera: Braconidae), a parasite of *Spodoptera litura* (Fabricius) from Mysore State. *Current Science*. 43(1): 30 ref. 2.
- Ratnasingham S & Hebert PDN. 2013. A DNA-based registry for all animal species: The barcode index number (BIN) system. *PLoS ONE*. 8(8): e66213. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0066213>.
- Ribeiro LP, Dequech STB, Camera C, Sturza VS, Poncio S, & Vendramim JD. 2014. Vertical and temporal distribution of *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) egg masses, parasitized and non-parasitized, on maize plants. *Maydica*. 59: 315–320.
- Russo ML, Jaber LR, Scorsetti AC, Vianna F, Cabello MN, Pelizza SA. 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*. 94: 859–870. <https://doi.org/10.1007/s10340-020-01302-x>
- Rwomushana I, Bateman M, Beale T, Beseh P, Cameron K, Chiluba M, Clotley V, Davis T, Day R, Early R, Godwin J, Gonzalez-Moreno P, Kansime M, Kenis M, Makale F, Mugambi I, Murphy S, Nunda W, Phiri N, Pratt C, & Tambo J. 2018. Fall armyworm: impacts and implications for Africa. Evidence NoteUpdate. CAB International. Dapat diakses di <https://www.invasive-species.org/wp-content/uploads/sites/2/2019/02/FAW-Evidence-Note-October-2018.pdf>.
- Sabrosky & Curtis W. 1981. A partial revision of the genus *Eucelatoria* (Diptera, Tachinidae), including important parasites of *Heliothis*. *US Dept Agric Tech Bull*. 1635: 18 pp.
- Santos LM, Redaelli LR, Diefenbach LMG, & Efrom CFS. 2003. Larval and pupal stage of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in sweet and field corn genotypes. *Braz J Biol*. 63(4): 627–633.
- Sari SP, Suliansyah I, Nelly N, & Hamid H. 2020. The occurrence of *Spodoptera frugiperda* attack on maize in West Pasaman District, West Sumatra, Indonesia. *IOP Conf. Series: Earth Environ Sci*. 741: 012020. doi:10.1088/1755-1315/741/1/012020.
- Sari SP, Nelly N, Hindrayani, & Yaherwandi. 2023. Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on corn plants in West Sumatera. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci*. 1160: 012045 <http://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/012045>.
- Sartiami D, Dadang, Harahap IS, Kusumah YM, & Anwar R. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conf. Series: Earth Environ Sci*. 468: 012021. <http://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>.

- Shaker NO, Ahmed GMM, Ibrahim HYE-S, El-Sawy MM, Mostafa ME-H, & Ismail HNAE-R. 2019. Secondary Metabolites of the Entomopathogenic Fungus, *Cladosporium cladosporioides* and its Relation to Toxicity of Cotton Aphid, *Aphis gossypii* (Glov.). *Int J Entomol Nem.* 5(1): 115-120.
- Sharanabasappa, Kalleshwaraswamy CM, Asokan R, Mahadeva Swamy HM, Maruthi MS, Pavithra HB, Hedge K, Navi S, Prabhu ST, & Goergen G. 2018. First report of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) an alien invasive pest on maize in India. *Pest Management in Horticultural Ecosystem.* 24(1): 23-29.
- Sharanabasappa S, Kalleshwaraswamy CM, Poorani J, Maruthi MS, Pavithra HB, & Diraviam J. 2019 Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae), a recent invasive pest on maize in South India. *Fla Entomol.* 102(3): 619–623. <https://doi.org/10.1653/024.102.0335>
- Shen Z, Zang ZY, Dai P, Xu W, Nkunica POY, & Zang LS. 2023 Identification of *Chelonus* sp. from Zambia and Its Performance on Different Aged Eggs of *Spodoptera frugiperda*. *Insects.* 14(1): 61. <https://doi.org/10.3390/insects14010061>
- Shi P, Zhong L, Sandhu HS, Ge F, Xu X, & Chen W. 2012. Population decrease of *Scirpophaga incertulas* (Walker) (Lepidoptera: Pyralidae) under climate warming. *Ecol Evol.* 2(1): 58–64. <https://doi.org/10.1002/ece3.69>
- Sisay B, Simiyu J, Malusi P, Likhayo P, Mendesil E, Elibariki N, Wakgari M, Ayalew G, & Tefera T. 2018. First report of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), natural enemies from Africa. *J Appl Entomol.* 142: 800–804.
- Soesanto L. 2014. Metabolit Sekunder Agensia Pengendali Hayati: Terobosan Baru Pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman Perkebunan. https://www.researchgate.net/profile/Loekas-Soesanto/publication/278261729_Terobosan_baru_atasi_pengganggu_tanaman/links/557e6f5f08aec87640dc668b/Terobosan-baru-atasi-pengganggu-tanaman.pdf. Diakses 1 April 2024.
- Song XP, Liang YJ, Zhang XQ, Qin ZQ, Wei JJ, Li YR, & Wu JM. 2020. Intrusion of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in sugarcane and its control by drone in China. *Sugar Tech.* 22:734-737. <http://doi.org/10.1007/s12355-020-00799-x>
- Sopialena. 2018. *Pengendalian Hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba*. Mulawarman University Press. Samarinda
- Srikanth J, Nandagopal G, Balasubramanian S, Ramasubramanian T, Mahesh P, Saravanan L, Salin KP, Chitra N, & Muthukumar M. 2018. First report of occurrence of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in sugarcane from Tamil Nadu, India. *Journal of Sugarcane Research.* 8(2): 195-202.
- Supartha IW, Susila IW, Sunari AS, Mahaputra IGF, Yudha IKW, & Wiradana PA. 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. <http://doi.org/10.13057/biodiv/d220645>.
- Supeno B, Tarmizi, Haryanto H, & Ernawati NML. 2021 Parasitoid of fall armyworm larvae, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on maize at Lombok Island. *Proc ICST con. 2*: 460-466.
- Syahnen, Sirait DDN, & Pinem SE. 2014. *Teknik Uji Mutu Agens Pengendali Hayati (APH) di Laboratorium*. Laboratorium Lapangan Balai Besar Perbenihan dan Proteksi Tanaman Perkebunan (BBPPTP). Medan.
- Syarifuddin A, Kamal S, Yuliasuti F, Pradani MPK, & Septianingrum NMAN. 2020. Ekstraksi dan identifikasi metabolit sekunder dari isolat A16 serta potensinya sebagai antibakteri terhadap *Escherichia coli*. *Jurnal Bioteknologi & Biosains Indonesia (JBBI)*: 6(2): 210-218. <https://doi.org/10.29122/jbbi.v6i2.3516>
- Szepliget G. 1914. Afrikanische Braconiden des Konigl. Zoologischen Museums in Berlin. *Mitteilungen aus dem Zoologischen Museum in Berlin* 7:153-230.
- Tamura K, Battistuzzi FU, Billings-Ross P, Murillo O, & Filipiński A. 2012. Estimating Divergence Times in Large Molecular Phylogenies. *Proc Natl Acad Sci*. 109:19333-19338.
- Tepa-Yotto GT, Tonnang HEZ, Goergen G, Subramanian S, Kimathi E, Abdel-Rahman EM, Flø D, Thunes KH, Fiaboe KKM, Niassy S, Bruce A, Mohamed SA, Tamò M, Ekesi S, & Sæthre MG. 2021. Global habitat suitability of *Spodoptera frugiperda* (JE. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae): Key parasitoids considered for its biological control. *Insects*. 12: 273. <https://doi.org/10.3390/insects12040273>.
- Townsend CHT. 1927. Fauna sumatrensis. (Beitrag Nr. 50). Diptera Muscoidea III. *Supplementa Entomologica*. (16): 56–76.
- Trisyono YA, Suputa, Aryuwandari VEB, Hartaman M, & Jumari. 2019. Occurrence of Heavy Infestation by the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda*, a New Alien Invasive Pest, in Corn in Lampung Indonesia. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 23(1): 156–160.
- Tschorsnig HP & Herting B. 1994. The Tachinids (Diptera: Tachinidae) of Central Europe: Identification keys for the species and data on distribution and ecology. Staatliches Museum für Naturkunde (Museum am Löwentor), Rosenstein 1, D-70191 Stuttgart.
- Untung K. 1993. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta. Hal 15-17
- van-Achterberg C. 1993. Illustrated key to the subfamilies of the Braconidae (Hymenoptera: Ichneumonoidea). National Natuurhistorisch Museum, Postbust 9517, 2300 RA Leiden, The Netherlands.
- van der Wulp FM. 1893. Eenige Javaansche Tachininen. *Tijdschrift voor Entomologie* 36: 159-188. <https://doi.org/10.15468/39omei>.

- Virla EG, Colomo MV, Berta C, & Valverde YL. 1999. El complejo de los parasitoides del “gusano cogollero” del maíz, *Spodoptera frugiperda*, en la República Argentina (Insecta: Lepidoptera). *Neotrópica*. 45: 3-12.
- Walker F. 1858. Catalogue of the Dipterous Insects collected in the Aru Islands by Mr. A. R. Wallace, with Descriptions of New Species. *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology*. 3(10): 77–110. <http://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1858.tb02413.x>.
- Walker F. 1859. Catalogue of the dipterous insects collected at Makassar in Celebes, by Mr. A.R. Wallace, with descriptions of new species. [Cont.] *Journal of the Proceedings of the Linnean Society of London. Zoology*. 4 (1860): 97–144. <https://doi.org/10.1111/j.1096-3642.1859.tb00187.x>.
- Wang X, Radwan MM, Taráwneh AH, Gao J, Wedge DE, Rosa LH, Cutler HG, & Cutler SJ. 2013. Antifungal activity against plant pathogens of metabolites from the endophytic fungus *Cladosporium cladosporioides*. *J Agric Food Chem*. 61(19):4551-5. doi: 10.1021/jf400212y.
- 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) : 1–11.
- White TJ, Bruns T, Lee S, & Taylor J. 1990. Amplification and direct sequencing of fungal ribosomal RNA genes for phylogenetics. Pp 315-321.
- Wicklow DT, Poling SM, & Summerbell RC. 2008. Occurrence of pyrrocidine and dihydroresorcylyde production among *Acremonium zeae* populations from maize grown in different regions. *Can J Plant Pathol*. 30: 425–433.
- Wicklow DT & Poling SM. 2009. Antimicrobial activity of pyrrocidines from *Acremonium zeae* against endophytes and pathogens of maize. *Phytopathology*. 99: 109–115.
- Wilson D. 1995. Endophyte: the evolution of a term, and clarification of its use and definition. *Oikos*. 73(2): 274–276.
- Wiratno. 2023. Aplikasi metabolit sekunder sebagai pestisida alami untuk melawan OPT. BRIN. <https://www.brin.go.id/news/116571/aplikasi-senyawa-metabolit-sekunder-sebagai-pestisida-alami-untuk-melawan-opt>. Diakses 1 April 2024.
- Wirdateti, Indriana E, & Handayani. 2016. Analisis Sekuen DNA Mitokondria Cytochrome Oxidase I (COI) mtDNA pada Kukang Indonesia (*Nycticebus* spp.) sebagai Penanda Guna Pengembangan Identifikasi Spesies. *Jurnal Biologi Indonesia*. 12(1): 119-128.
- Wright VF, Casas EDL, & Harein PK. 1980. Evaluation of *Penicillium* Mycotoxins for Activity in Stored-product Coleoptera. *Environ Entomol* 9(2): 217–221, <https://doi.org/10.1093/ee/9.2.217>
- Wulandari I, Kuspradini H, & Kusuma IW. 2018. Analisis metabolit sekunder lima jenis tumbuhan berkayu dari genus *Litsea*. *Agrifor*. 27(2): 275-280.
- Xiao-xu S, Chao-xing H, Hui-ru J, Qiu-lin W, Xiu-jing S, Sheng-yuan Z, Yu-ying J, & Kong-ming W. 2021. Case study on the first immigration of fall

- armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. *J Integr Agric.* 20(3): 664–672.
- Yan XR, Wang ZY, Feng SQ, Zhao ZH, & Li ZH. 2022. Impact of temperature change on the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* under global climate change. *Insects.* 13(11): 981. <https://doi.org/10.3390/insects13110981>
- Yee KN, Aye MM, Htain NN, Oo AK, Kyi PP, Thein MM, & Saing NN. 2019. First Detection Report of the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) on Maize in Myanmar. https://www.ippc.int/static/media/files/pestreport/2019/01/11/Detection_report_of_FAW_in_Myanmar.pdf.
- Yu SJ. 1991. Insecticide Resistance in the Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pestic Biochem Physiol.* 39: 84-91
- Yu SJ, Nguyen SN, & Abo-Elghar GE. 2003. Biochemical characteristics of insecticide resistance in the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith). *Pestic Biochem Physiol.* 77: 1–11. [http://doi.org/10.1016/S0048-3575\(03\)00079-8](http://doi.org/10.1016/S0048-3575(03)00079-8).
- Yuan RZ, Zhou JJ, Shu XH, Ye XQ, Tang P, & Chen XX. 2022. The mitochondrial genome of *Chelonus formosanus* (Hymenoptera: Braconidae) with novel gene orders and phylogenetic implications. *Arch Insect Biochem Physiol.* 111: e21870. <https://doi.org/10.1002/arch.21870>.