



Spodoptera frugiperda: hama utama pada tanaman jagung dan strategi pengendaliannya

Dytri Anintyas^{1,3}, Khofifah Nur Indah Safitri¹, Eka Kusumawati^{1,4}, Kholifira Masoyogie^{1,5}, Suskandini Ratih Dirmawati², Titik Nur Aeny², dan Radix Suharjo²

¹Magister Agronomi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung

²Jurusan Proteksi Tanaman, Fakultas pertanian, Universitas Lampung, Bandar Lampung

³Balai Proteksi Tanaman Pangan dan Hortikultura Propinsi Lampung, Bandar Lampung

⁴Balai Pengawasan dan Sertifikasi Benih Tanaman Pangan dan Hortikultura Propinsi Lampung, Bandar Lampung

⁵UPT BPP Marga Pindah Dinas TPH Kabupaten Pesawaran

Abstract: *Spodoptera frugiperda* (FAW), or fall armyworm, is a major invasive pest that attacks corn crops in various tropical and subtropical regions. In recent decades, the global spread of FAW has been accelerated by international trade and climate change. In Indonesia, the presence of this pest was first reported in 2019 in West Sumatra, with attacks spreading to various other areas. The FAW life cycle includes four stages (eggs, larvae, pupae, and imago) with significant levels of plant damage, especially in the larval stage. Various control strategies have been implemented, including integrated pest management (IPM) approaches, such as the use of biological agents (*Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae*), push-pull techniques, and crop rotation. In addition, the development of pest-resistant corn varieties is an important alternative. Recent research has identified two genetic lines of FAW, namely corn and rice lines, which show differences in host preference and resistance to insecticides. This study highlights the need for further development of ecologically based strategies, including exploration of local parasitoids and effective bioinsecticide formulations. In addition, genetic and microbiota analyses offer new potential in understanding FAW population dynamics and its control. These results are expected to be the basis for sustainable pest management in Indonesia and other regions.

Keywords: FAW (Fall Army Worm), imago, *Spodoptera frugiperda*, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*

Pendahuluan

Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) atau *Fall Armyworm* (FAW) adalah hama invasif yang berasal dari kawasan tropis dan subtropis Amerika (Luginbill, 1928). Hama ini telah menyebar ke berbagai belahan dunia, termasuk Afrika, Asia, dan Australia, melalui jalur perdagangan internasional dan migrasi jarak jauh. Di Indonesia, AW pertama kali dilaporkan pada tahun 2019 di Sumatera Barat (Sartiami *et al.* 2020) dan dengan cepat menyebar ke berbagai wilayah lainnya seperti Lampung, Sulawesi Utara, dan Banten (Lestari *et al.*, 2020; Herlinda *et al.*, 2020). Hama ini menyerang berbagai bagian tanaman jagung, seperti daun, batang, bunga, buah, dan titik tumbuh (Ginting *et al.*, 2020).

Siklus hidup FAW yang terdiri dari fase telur, larva, pupa, dan imago memungkinkan reproduksi yang cepat dan tingkat kerusakan yang tinggi. Larva FAW merupakan fase paling

Sitasi: Anintyas D, Safitri KNI, Kusumawati E, Masoyogie K, Dirmawati SR, Aeny TN, dan Suharjo R. 2024. *Spodoptera frugiperda*: Hama Utama pada Tanaman Jagung dan Strategi Pengendaliannya. JPA 2(1) 66 - 80

Artikel masuk: 12 Agustus 2024

Revisi diterima: 30 Agustus 2024

Publikasi online: 2 November 2024

*Penulis korespondensi: Dytri Anintyas (dytria-nintyas@gmail.com)

merusak. Trisyono, *et al.* (2019), menjelaskan bahwa larva menimbulkan kerusakan berat pada tanaman jagung muda (100%). Lestari, *et al.* (2024a) melaporkan bahwa larva instar awal *S. frugiperda* menyebabkan kerusakan ringan. Selain itu, FAW mampu bertahan hidup dengan inang alternatif seperti padi dan tanaman lain di sekitar lahan jagung. Resistensi FAW terhadap insektisida serta adaptasinya terhadap berbagai lingkungan memperumit pengelolaan hama ini, sehingga diperlukan strategi pengendalian yang lebih efektif dan berkelanjutan.

Berbagai pendekatan telah diterapkan, termasuk pengelolaan hama terpadu (IPM), penggunaan agen hayati seperti *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*, serta pengembangan varietas tanaman yang tahan terhadap serangan hama. Namun, keberhasilan metode ini bervariasi tergantung pada kondisi lokal dan karakteristik genetik FAW. Penelitian terbaru menunjukkan adanya dua galur genetik FAW (jagung dan padi), yang menunjukkan perbedaan biologi dan tingkat resistensi. Oleh karena itu, diperlukan pengkajian karakteristik biologis, distribusi, dan dampak *Spodoptera frugiperda* terhadap tanaman jagung di Indonesia. Selain itu, tulisan ini juga mengeksplorasi berbagai strategi pengelolaan hama yang berpotensi efektif, termasuk pendekatan berbasis hayati dan inovasi teknologi ramah lingkungan, guna mendukung pengembangan pengelolaan hama yang berkelanjutan di Indonesia dan kawasan lainnya.

Sejarah *Spodoptera frugiperda* masuk ke Indonesia

Spodoptera frugiperda J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) atau lebih dikenal sebagai *Fall Armyworm* (FAW) atau Ulat grayak, merupakan salah satu spesies hama serangga yang berasal dari wilayah tropis dan subtropis Amerika (Luginbill, 1928). Hama ini mulai menginvasi negara-negara di Afrika, seperti Nigeria, Ghana, dan Kamerun. Dalam kurun waktu dua tahun, hama ini telah menyebar ke lebih dari 20 negara di kawasan Sub-Sahara. Pada Mei 2018, *S. frugiperda* terdeteksi di Asia, termasuk India, Thailand, Sri Lanka, Bangladesh, Vietnam, dan Laos. (Kuate *et al.*, 2019). Keberadaan ulat grayak jagung di Indonesia pertama kali dilaporkan oleh Sartiami *et al.* (2020), yang menemukan hama ini di Sumatera Barat pada 26 Maret 2019. Setelah itu, laporan lainnya menyebutkan bahwa *Spodoptera frugiperda* telah menyebar ke berbagai wilayah, termasuk Banten, Bengkulu, Lampung, Sumatera Selatan, dan Sulawesi Utara (Lestari *et al.*, 2020; Herlinda *et al.*, 2020). Hama ini menyerang berbagai bagian tanaman jagung, seperti daun, batang, bunga, buah, dan titik tumbuh (Ginting *et al.*, 2020).

Taksonomi dan siklus hidup *Spodoptera frugiperda*

Kalshoven (1981) ulat grayak diklasifikasikan sebagai berikut:

Domain	: Eukaryota
Kingdom	: Metazoa
Phylum	: Arthropoda
Subphylum	: Urinamia
Class	: Insecta
Subclass	: Pterygota
Ordo	: Lepidoptera
Family	: Noctuidae
Subfamily	: Noctuinae

Genus : *Spodoptera*
Spesies : *Spodoptera frugiperda*.

Siklus hidup *Spodoptera frugiperda* dapat diklasifikasikan menjadi empat tahap yang terdiri dari telur, larva, pupa, dan imago.

a. **Telur.** Telur dari *S. frugiperda* diletakkan secara kelompok berkisar 200-300 telur (Nadrawati *et al.*, 2019). Telur *S. frugiperda* memiliki bentuk bulat pipih dengan ukuran telur 0,15 mm x 0,17 mm. Telur yang baru diletakkan berwarna hijau dan ada yang berwarna kecoklatan. Warna telur akan berubah warna menjadi keabu-abuan ketika akan menetas (Karlina *et al.*, 2022).

b. **Larva.** Stadia larva mempunyai 6 instar masing-masing rentang waktu (hari) berkisar antara 2,4-3,4. Setiap instar yang akan berubah maka warna pada larva akan ikut berubah, kulit abdomen dan kulit kepala akan ikut terlepas. Panjang tubuh larva instar 1-6 berkisar 0,43 mm – 3,55 mm dan lebar tubuh larva berkisar 0,12 mm – 0,47 mm (Karlina *et al.*, 2022). Larva *S. frugiperda* pada tanaman jagung memiliki ukuran yang lebih panjang dibandingkan larva pada tanaman padi (Maharani, *et al.* 2019). Larva menimbulkan kerusakan berat pada tanaman jagung muda (100%) (Trisono, *et al.* 2019). Lestari, *et al.* (2024) melaporkan larva instar awal *S. frugiperda* menyebabkan kerusakan ringan. Larva instar pertama akan memakan permukaan daun, menciptakan garis-garis transparan memanjang (menimbulkan gejala parah dengan memakan daun di titik tumbuh. Gejala kerusakan terlihat saat daun telah terbuka). Maharani, *et al.* (2019) melaporkan Larva instar akhir *S. frugiperda* dapat menyebabkan kerusakan semua bagian tanaman pada tanaman jagung.



Gambar 1. Karakteristik morfologi *S. frugiperda* (A) empat spot hitam pada segmen abdomen terakhir, (B) huruf Y terbalik pada bagian kepala, (C) strip memanjang disepanjang tubuh (Herlinda, *et al.*, 2022)

c. **Pupa.** Pada stadia pupa yang baru terbentuk masih lunak dan berwarna oren. Pupa yang telah terbentuk sempurna mengeras dan warna akan semakin coklat. Ukuran pupa 1,60 mm x 0,52 mm dengan berat 0,19 gram (Karlina *et al.*, 2022). Durasi periode pupa sekitar 9 hingga 12 hari (Sharanabasappa, *et al.* 2018) dan biasa ditemukan pada kedalaman 2-8 cm di dalam tanah (CABI, 2019).

d. **Imago.** Pada stadia imago, *Spodoptera frugiperda* memiliki sayap berwarna kecoklatan. Imago jantan memiliki pola yang khas sedangkan imago betina tidak memiliki pola yang khas. Rata-rata imago jantan lebih besar dibandingkan imago betina (Karlina *et al.*, 2022). Umur imago betina *S. frugiperda* pada tanaman jagung 5,7 hari lebih pendek dibandingkan pada padi, dan imago jantan *S. frugiperda* pada jagung juga lebih pendek, 4,82 hari dibandingkan tanaman padi (Maharani, *et al.* 2019).

Inang, gejala serangan, dan dampak ekonomi.

Spodoptera frugiperda merupakan hama invasif (Maharani *et al.*, 2019) dan polifag. Hama ini dapat menyerang 76 famili tanaman dan beberapa inang yang umum diserang, diantaranya Poaceae, Asteraceae, dan Fabaceae (Montezano *et al.* 2018). Serangan dari hama ini dapat menyebabkan kerusakan ekonomi pada tanaman inang diantaranya ditemukan pada tanaman pangan (jagung, sorgum, padi, kedelai), tanaman serat (kapas) (Montezano *et al.* 2018; Overton *et al.* 2021), tanaman hortikultura (apel, anggur, jeruk, pepaya, persik, dan stroberi), rerumputan dan gulma (*Digitaria* spp., *Sorghum halepense*; *Ipomoea purpurea*, *Cyperus* spp., *Amaranthus* spp., dan *Cenchrus tribuloides* (CABI, 2019).

Gejala serangan awal serangan ulat grayak pada tanaman jagung terlihat pada daun, ditandai dengan adanya gigitan halus larva yang membentuk pola seperti jendela transparan memanjang. Pola ini bervariasi, mulai dari yang kecil hingga melebar di permukaan daun. Gejala ini disebabkan oleh aktivitas makan larva instar muda, yaitu instar pertama dan kedua, yang hanya mengonsumsi lapisan permukaan daun. Pada tahap serangan lanjut, larva instar akhir memakan hampir seluruh bagian daun, menyebabkan bentuk daun menjadi tidak beraturan. Selain itu, pucuk tanaman sering kali patah akibat dimakan larva, dan area sekitar tanaman dipenuhi dengan sejumlah besar sisa kotoran (feses) dari hama tersebut (Mamahit *et al.*, 2020). Lestari *et al.* (2024) melaporkan bahwa serangan *S. frugiperda* pada tanaman jagung bersifat sporadis. Di satu lahan, larva dari berbagai instar sering ditemukan menyebabkan variasi dalam tingkat keparahan kerusakan.



Gambar 2. Gejala kerusakan larva *S. frugiperda* pada jagung: (A) massa telur pada permukaan daun, (B) larva memakan daun, (C) larva memakan lingkaran daun, (D) kotoran larva berwarna coklat mirip serbuk gergaji, (E) larva memakan batang jagung, (F) larva memakan bunga jagung (Vebryanti, 2023).

Di Indonesia, serangan hama ini menyebabkan tingkat kerusakan tanaman jagung bervariasi, yakni 26,50-70% Lampung (Lestari *et al.*, 2020), 66,41% di Bali, 70% di Kabupaten Minahasa, Sulawesi Utara (Mamahit *et al.*, 2020), 34-76% di Kabupaten Ende, dan 85-100% di Nusa Tenggara Timur (Pu'u & Mutiara, 2021). Serangan *S. frugiperda* mempunyai pengaruh terhadap tingkat kerusakan. Semakin tinggi populasi hama maka tingkat kerusakan akan semakin tinggi (Sari *et al.*, 2023). Sukmasari *et al.* (2023) melaporkan bahwa intensitas serangan hama *S. frugiperda* pada 42 dan 56 HST mempengaruhi bobot per kelobot jagung. Varietas Bisi 2 dan Bisi 99 memberikan hasil paling optimal dibandingkan rata-rata varietas Bisi 18 yang ditanam.

Kerusakan yang disebabkan oleh *Spodoptera frugiperda* berdampak signifikan pada ekonomi, terutama pada tanaman jagung, dengan tingkat kerusakan global diperkirakan mencapai 73%, terutama di negara-negara berkembang yang paling terdampak (Guo *et al.*, 2018). Di Afrika pada tahun 2017, potensi kehilangan hasil akibat serangan ulat grayak jagung diperkirakan mencapai 8,3 hingga 20,6 juta ton per tahun, karena tidak adanya metode pengendalian yang efektif. Kerugian ini setara dengan 21% hingga 53% dari rata-rata produksi tahunan selama lebih dari tiga tahun. Beberapa negara yang terdampak parah meliputi Ghana, yang mengalami kehilangan hasil hingga 45%, dan Zambia sebesar 40%. Sementara itu, Kenya kehilangan sekitar 924 ribu ton (34%) pada tahun 2017 dan 883 ribu ton (32%) pada tahun 2018 (De Groote *et al.*, 2020).

Keragaman Genetik *Spodoptera frugiperda*

Keragaman genetik *S. frugiperda* berdasarkan host strain terdiri atas strain jagung (CS) dan strain padi (RS) yang keduanya dapat di temukan di pertanaman jagung. CS ditemukan pada kelompok rumput besar seperti jagung dan sorgum sedangkan RS ditemukan pada kelompok rerumputan seperti padi dan rumput muda (Pashley, 1986). CS dianggap lebih menyukai tanaman jagung, sorgum, dan kapas, sedangkan RS lebih utama menyerang padi dan rumput lainnya (Kenis *et al.*, 2023). Ginting, *et al.* (2021) melaporkan CS lebih menyukai tanaman jagung sebagai inangnya dan tidak dapat menyerang padi. Namun, RS juga akan menyerang jagung ketika tanaman ini dibudidayakan secara berdekatan. Laporan ini dibuktikan di laboratorium bahwa jagung merupakan inang oviposisi yang disukai oleh kedua strain tersebut (Ingber, *et al.* 2021).

Keragaman genetik *Spodoptera frugiperda* di Indonesia pertama kali dilaporkan oleh Sartiami *et al.* (2020), yang menyebutkan bahwa strain *S. frugiperda* yang ditemukan di Banten adalah RS. Di Lampung, strain *S. frugiperda* yang ditemukan pada tanaman jagung juga dikonfirmasi sebagai RS oleh Lestari *et al.* (2020). Sementara itu, di Sumatera Selatan ditemukan keberadaan CS dan RS (Herlinda *et al.*, 2021) dan di Bogor ditemukan kehadiran dari dua strain *S. frugiperda* (Fahmi, *et al.*, 2023). Penyebaran strain *S. frugiperda*, baik strain jagung (C) maupun strain padi (R), dapat merugikan berbagai tanaman pertanian, tidak hanya jagung, tetapi juga padi dan tanaman penting lainnya.

Penyebaran FAW

Adaptasi perilaku yang digunakan oleh banyak spesies Lepidoptera untuk memperluas jangkauan geografis mereka ke wilayah yang tidak dapat mendukung populasi permanen dengan migrasi jarak jauh tahunan. *Spodoptera frugiperda* tidak dapat bertahan hidup di musim dingin yang parah, namun penyebaran terjadi setiap tahun di seluruh Amerika Serikat bagian tengah dan timur, meluas hingga ke utara hingga Kanada. Populasi yang terinfestasi adalah migran yang melewati musim dingin di Florida selatan dan Texas-Meksiko selatan (Luginbill 1928). Pola berulang dari pergerakan populasi skala besar dari lokasi sumber yang ditentukan menjadikan ulat grayak sebagai sistem model yang berpotensi ampuh untuk mempelajari faktor-faktor yang memengaruhi pergerakan jarak jauh serangga terbang (Muller 1985; Wolf *et al.* 1990).

Model migrasi ulat grayak mengungkap karakteristik waktu, intensitas, dan penyebaran geografis populasi yang berbeda dari daerah sumber perkembangbiakan musim dingin di Texas selatan dan Florida selatan. Pendekatan pemodelan yang unik menghubungkan

pertumbuhan dan infestasi daerah produksi jagung, perkembangan generasi dan ketersediaan ngengat ulat grayak, dan migrasi ngengat ulat grayak untuk memperkirakan distribusi ngengat musiman di AS di sebelah timur Pegunungan Rocky. Ngengat migran dari generasi F1 ulat grayak di daerah sumber perkembangbiakan musim dingin diperkirakan telah tiba di wilayah campuran tenggara AL–GA pada bulan April. Generasi kelima ngengat yang dihasilkan dari infestasi awal jagung di daerah sumber perkembangbiakan musim dingin di Texas selatan dan Florida diperkirakan telah tiba di wilayah campuran timur laut PA–Mid-Atlantic pada bulan Agustus (Westbrook, *et al.* 2015).

Populasi FAW di Afrika berasal dari Asia dan Asia Tenggara, seperti Malaysia, yang membuktikan bahwa FAW sudah ada di wilayah ini sebelum tahun 2016 (Tay *et al.*, 2022). Mendukung hal ini, FAW dilaporkan sebagai hama pada rumput di Vietnam pada tahun 2008, hal ini menunjukkan keberadaannya lebih awal di Asia Tenggara sebelum wabah jagung besar (Vu, 2008, dan Nguyen & Vu, 2009, sebagaimana dilaporkan dalam Tay *et al.*, 2022. Selain itu, FAW sudah ada di Indonesia pada tahun 2015, dan mungkin bahkan lebih awal, yaitu sebelum tahun 2014 (Gilligan & Passoa, 2014; Tay *et al.*, 2023). Memahami penyebaran global FAW menyoroti peran penting perdagangan internasional dalam memfasilitasi penyebaran spesies invasif (Tay *et al.*, 2022). Pergerakan global komoditas segar yang terkontaminasi FAW secara signifikan berkontribusi terhadap masuknya mereka ke wilayah non-asli. Catatan sejarah menunjukkan intersepsi FAW melalui bahan tanaman di luar Dunia Baru dimulai sebelum tahun 1984 di Inggris dan Wales (Seymour *et al.*, 1985). Bahkan sebelumnya, FAW pertama kali terdeteksi di Israel pada tahun 1967, diyakini berpotensi berasal dari Karibia (Wiltshire, 1977). Namun, deteksi ini kemudian dipertanyakan, karena dianggap sebagai kesalahan identifikasi atau populasi sementara yang tidak pernah terbentuk (CIE, 1985; EFSA Panel on Plant Health (PLH) *et al.*, 2017.)

Pada negara Eropa, khususnya Belanda, telah mengumpulkan dokumen mengenai intersepsi FAW dalam beberapa tahun terakhir. Antara Januari 1995 dan Mei 2017, setidaknya 46 intersepsi tercatat, dengan kejadian paling awal pada Mei 2005. Sebagian besar intersepsi di Belanda ini melibatkan pengiriman dari Suriname. Keberadaan FAW secara historis di Asia Tenggara, khususnya di Indonesia, mungkin terkait dengan pergerakannya dari Suriname. Antara tahun 1890 dan 1939, Indonesia dan Suriname memiliki hubungan yang melibatkan migrasi orang dan komoditas. Sekitar 33.000 imigran Jawa, bersama dengan individu dari Tiongkok dan India, bermigrasi ke Suriname untuk bekerja di perkebunan tebu. Sebelum Perang Dunia II, sekitar 20–25 persen dari migran ini kembali ke Jawa (Allen, 2011). Pada tahun 1954, 1.200 orang Jawa tambahan kembali ke Indonesia untuk mendirikan koperasi pertanian di Tongar, Sumatera bagian barat (Djasmadi *et al.*, 2010). Migrasi ini kemungkinan melibatkan beberapa jalur seperti Jawa dan Suriname. Misalnya, varietas jagung Suriname yang dikembangkan pada tahun 1917, berasal dari Jawa dan Timur. Meskipun tidak ada bukti langsung masuknya FAW melalui migrasi ini, perlu dicatat bahwa FAW dikenal sebagai hama utama di Suriname selama era tersebut (Segeren & Sharma, 1978).

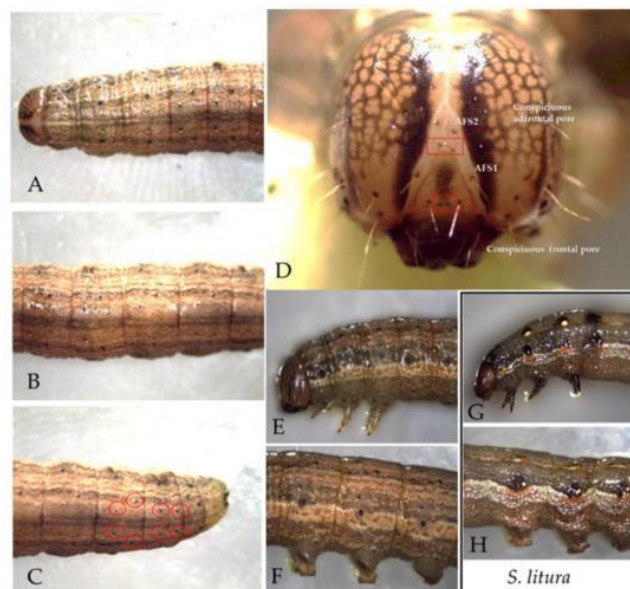
Rute potensial lain untuk penyebaran FAW ke Asia Tenggara adalah melalui hubungannya dengan rumput Para, *Brachiaria mutica* (Forssk.) Stapf, inang alternatif untuk FAW di Suriname dan Amerika (USDA, 1975; van Dinther, 1955). Rumput Para, yang berasal dari Afrika bagian barat dan utara atau Amerika Selatan, telah dibudidayakan sebagai tanaman penggembalaan setidaknya sejak tahun 1849 dan diperkenalkan ke banyak negara tropis (Cameron & Kelly, 1970; Parsons, 1972; Smith, 1979). Selanjutnya, rumput ini telah

dinaturalisasi di sebagian besar wilayah Asia Tenggara, India, dan Australia. Di Indonesia, rumput ini dianggap sebagai spesies asing invasif (Setyawati *et al.*, 2015). Walaupun hubungan historis ini menunjukkan kemungkinan rute masuknya FAW ke Asia Tenggara, penting untuk mempertimbangkan bahwa banyak catatan dan laporan sejarah bisa jadi merupakan hasil dari kesalahan identifikasi spesies.

Berbagai spesies *Spodoptera* yang terdapat di Indonesia

Dari 10 spesies yang telah dilaporkan sejauh ini, setidaknya ada lima spesies yang penting secara ekonomi. Ini termasuk *S. exigua* (Hübner 1808), *S. litura* (Fabricius 1775), *S. mau-ritia* (Boisduval 1833), *S. excepta* (Walker 1857), dan *S. frugiperda* (Kalshoven, 1981; Sartiami *et al.*, 2020; Trisyono *et al.*, 2019; Viette, 1963). Fase-fase *Spodoptera* yang berbeda, seperti solitaria atau gregaria, diketahui menunjukkan variasi dalam pewarnaan larva dan karakteristik lainnya, sehingga menimbulkan tantangan untuk identifikasi spesies yang akurat (Brown & Dewhurst, 1975). Khususnya, membedakan antar spesies bisa sangat sulit karena variasi ini. Misalnya, morfotipe hijau *S. frugiperda* sering disalah artikan sebagai *S. exigua* (Passoa, 1991).

Selanjutnya, pada tahun 1985, para peneliti mengidentifikasi dua strain berbeda dari *S. frugiperda* berdasarkan tanaman inang tempat mereka diisolasi: strain jagung dan padi (Pashley, 1986; Pashley *et al.*, 1985). Meskipun bukti menunjukkan bahwa lingkungan tanaman inang memengaruhi morfologi sayap (Cañas-Hoyos *et al.*, 2014), kedua galur tersebut tetap identik secara morfologi. Penelitian terbaru oleh Herlinda *et al.* (2022) telah mengidentifikasi dua galur genetik *S. frugiperda* (galur padi dan jagung) yang tumbuh di jagung di Indonesia.



Gambar 3. Perbandingan morfologi *S. frugiperda* dan *S. litura*. (A-F) *S. frugiperda*; (G-H) *S. litura*. (Andrianto *et al.*, 2024)

Strategi dan Manajemen Pengendalian

Pengendalian secara kultur teknis. Pengendalian secara kultur teknis bertujuan untuk menciptakan lingkungan yang mendukung pertumbuhan tanaman namun tidak menguntungkan bagi perkembangan hama, seperti melalui rotasi tanaman, tumpangsari,

penggunaan mulsa, dan pengolahan tanah yang baik. Untuk mengendalikan ulat grayak jagung, rotasi dengan tanaman seperti bunga matahari atau kacang-kacangan, serta teknik push-pull dengan tanaman penghalau dan tanaman perangkap, telah diterapkan. Tanaman seperti *Desmodium* sp. dari famili Leguminosae yang ditanam di antara tanaman jagung membantu menolak hama (*push*) dan menarik hama ke tanaman perangkap (*pull*). Selain itu, tanaman ini juga memperbaiki kualitas tanah, menjaga kelembaban, dan meningkatkan kesuburan melalui fiksasi nitrogen (Khan *et al.*, 2011).

Teknologi *push-pull* telah terbukti efektif mengendalikan ulat grayak jagung *S. frugiperda* di Kenya, Uganda, dan Tanzania, dengan penurunan populasi hama sebesar 82,7% dan kerusakan tanaman berkurang hingga 89,7% (Kebede & Shimalis, 2019). Pengendalian serupa dengan teknik tumpangsari juga diterapkan di beberapa negara, seperti Ethiopia, Nepal, dan Indonesia, dengan hasil yang mengurangi serangan ulat grayak secara signifikan (Assefa *et al.*, 2019; Bhusal & Chapagain, 2020; Valentin & Thaha, 2019).

Penggunaan feromon. Pengendalian ulat grayak *S. frugiperda* dapat memanfaatkan penggunaan feromon. Feromon merupakan senyawa yang dihasilkan imago betina lepidoptera untuk menarik imago jantan untuk melangsungkan perkawinan. Penggunaan feromon dapat menekan laju natalitas dari hama ordo lepidoptera. Akibatnya populasi ulat akan terus turun karena ngengat betina tidak menghasilkan keturunan berupa ulat (Swibawa, *et al.* 2022). Feromon umumnya dimanfaatkan sebagai perangkap masal berbasis feromon (*mass trapping*) dan pengacau kawin atau feromon seks (*mating disruption*). Beberapa feromon yang sudah masuk dan berlisensi di Indonesia diantaranya fero-exi, fero-grayak, fero-PBPK, fero-lanas, fero-ostri (Triani, *et al.* 2021). Mamahit, *et al.* (2022) menyebutkan Feromon sex sangat prospektif untuk dikembangkan karena memiliki keanekaragaman hayati yang luas dan potensinya untuk diterapkan di lapang dalam upaya monitoring hama dan pengambilan keputusan dan strategi pengendalian hama *S. frugiperda* yang efektif.

Penggunaan varietas unggul. Memilih varietas jagung yang tahan terhadap ulat grayak sangat penting sebagai langkah preventif untuk mengurangi kerusakan yang disebabkan oleh serangan hama ini. Penggunaan varietas tahan dapat mengurangi ketergantungan pada insektisida, sehingga membantu mengurangi biaya produksi serta dampak negatif terhadap lingkungan. Selain itu, dengan adanya ketahanan alami pada tanaman, petani dapat memastikan hasil panen yang lebih stabil dan produktivitas yang lebih tinggi, meskipun serangan hama ulat grayak terus meningkat. Varietas jagung tertentu dapat mencegah serangan ulat grayak (*Spodoptera frugiperda*) melalui mekanisme pertahanan yang melibatkan sifat antixenosis, antibiosis, dan toleransi (Sholihat *et al.*, 2021).

Penelitian yang dilakukan oleh Deden *et al.* (2022) menunjukkan bahwa jenis varietas jagung mempengaruhi preferensi peletakan telur, intensitas kerusakan, dan tingkat serangan *Spodoptera frugiperda*. Varietas jagung seperti Lorenza, Glory, Exotic Pertiwi, Bicolour Sweet, dan Sweet Boy memiliki preferensi tinggi sebagai tempat peletakan telur *S. frugiperda*, dengan varietas Sweet Boy menunjukkan preferensi tertinggi. Selain itu, varietas Glory dan Sweet Boy memiliki intensitas kerusakan yang lebih tinggi dibandingkan varietas lainnya akibat serangan *S. frugiperda*, dengan kerusakan tertinggi mencapai 3% pada varietas Sweet Boy. Intensitas serangan *S. frugiperda* pada varietas Sweet Boy (9,14%), Sweet Lady (8,19%), dan Super Sweet (7,34%) lebih tinggi dibandingkan dengan varietas lainnya dalam perlakuan

tersebut. Sukmasari *et al.* (2023) melaporkan Varietas Bisi 2 dan Bisi 99 memberikan hasil paling optimal dibandingkan rata-rata varietas Bisi 18 yang ditanam.

Pengendalian hayati. Pemanfaatan agen pengendali hayati seperti parasitoid, bakteri, cendawan, nematoda, dan virus, yang sejalan dengan prinsip kedua dari Pengelolaan Hama Terpadu (PHT), yaitu pemanfaatan musuh alami (Prabaningrum, 2022). Beberapa musuh alami dari kelompok parasitoid yang dapat dieksplorasi potensinya untuk pengendalian *S. frugiperda* yaitu parasitoid larva gregarius dari ordo Hymenoptera dan soliter parasitoid dari ordo Diptera famili Tachinidae. Parasitoid tersebut ditemukan menyerang *Mythimna separata* yang terdapat pada ekosistem yang sama dengan *S. frugiperda* (Maharani, *et al.* 2019). Cendawan entomopatogen yang dilaporkan efektif dalam mengendalikan *Spodoptera frugiperda* antara lain *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium rileyi*, dan *Beauveria bassiana*. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat lokal jamur *Beauveria* sp. efektif dalam menyebabkan mortalitas larva *Spodoptera frugiperda*. *Beauveria* sp. mengandung senyawa antibiosis, termasuk stilbenes, saponin, serta metabolit oosporein dan beauvericin. Toksin beauvericin diketahui mengganggu fungsi hemolimfa dan nukleus pada serangga inang yang terinfeksi. Ghany (2015) menyatakan bahwa toksin yang dihasilkan oleh jamur ini, yang merupakan produk metabolit sekunder, tidak hanya menyebabkan kematian serangga inang melalui efek toksiknya, tetapi juga melalui kerusakan mekanis akibat penetrasi jamur ke dalam tubuh serangga inang.



Gambar 4. Pengendalian dengan BVR (a) Larva *Spodoptera frugiperda* perlakuan kontrol; (b) Larva *Spodoptera frugiperda* yang terinfeksi jamur *Beauveria* sp.; (c) Larva *Spodoptera frugiperda* yang terinfeksi jamur *Metarhizium* sp. (Nababan, 2022)

Penelitian Thalib *et al.* (2013) menunjukkan bahwa *Beauveria* sp., selain lebih patogenik terhadap larva Lepidoptera, juga memiliki laju pertumbuhan koloni, kerapatan, dan viabilitas spora yang lebih tinggi dibandingkan dengan *Metarhizium* sp., menjadikannya agen pengendali hayati yang lebih unggul. Mortalitas tertinggi yang tercatat pada isolat lokal dan formulasi tepung jamur entomopatogen *Beauveria* sp. dan *Metarhizium* sp. masing-masing mencapai 96,00% dan 92,00%, dengan kerapatan spora sebanyak 10^8 spora/ml. Hasil ini menunjukkan potensi yang besar dalam mengendalikan larva *Spodoptera frugiperda*. Gejala infeksi pada larva *S. frugiperda* yang terinfeksi oleh isolat lokal dan formulasi tepung jamur *Beauveria* sp. adalah tubuh larva yang ditumbuhi koloni jamur berwarna putih, sedangkan pada *Metarhizium* sp., koloni jamur yang tumbuh pada tubuh larva berwarna hijau atau coklat kehitaman (Nababan Ruth *et al.*, 2022). Gustianingtyas *et al.* (2021) melaporkan *Beauveria* sp.

Ditemukan dari isolat akar jagung mampu menekan munculnya *S. frugiperda* dewasa hingga 44% sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengendalian di dataran rendah maupun dataran tinggi.

Pengendalian kimiawi. Pengendalian kimiawi terhadap ulat *S. frugiperda* perlu dilakukan secara bijak dan didasarkan pada ambang batas ekonomi (*economic threshold level*). Ambang batas ini adalah tingkat populasi atau kerusakan hama di mana tindakan pengendalian diperlukan untuk mencegah kerugian yang lebih besar daripada biaya pengendalian itu sendiri. Pada ulat grayak, ambang batas biasanya ditentukan berdasarkan jumlah larva yang ditemukan per tanaman atau tingkat kerusakan daun yang teramati. Penggunaan insektisida sebaiknya hanya dilakukan jika populasi ulat grayak melebihi ambang batas tersebut, untuk mencegah aplikasi insektisida yang tidak perlu, yang dapat berdampak buruk terhadap lingkungan, musuh alami, dan kesehatan manusia. Selain itu, penting untuk memilih insektisida yang efektif dan sesuai dengan cara kerja (*mode of action*) yang berbeda guna mencegah resistensi hama. Monitoring populasi hama secara rutin dan akurat menjadi kunci utama dalam menentukan waktu aplikasi insektisida yang tepat.

Ambang pengendalian merupakan tingkat populasi hama atau kerusakan tanaman yang memerlukan tindakan pengendalian, termasuk penggunaan insektisida sintetis, agar populasi hama atau tingkat kerusakan tidak meningkat hingga menyebabkan kerugian ekonomi. Penerapan pengendalian berdasarkan ambang ini dapat mengurangi frekuensi penggunaan insektisida sintetis dan dampak negatifnya terhadap lingkungan. Sebaliknya, biopestisida berbahan aktif tumbuhan atau mikroba, yang lebih ramah lingkungan, disarankan untuk digunakan secara rutin atau terjadwal karena membutuhkan waktu lebih lama untuk membunuh serangga hama.

King & Saunders (1984) melaporkan bahwa ambang pengendalian ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) adalah 5% tanaman di pesemaian terpotong atau 20% tanaman berusia kurang dari 30 hari yang terserang. Penelitian oleh Nakasuji & Matsuzaki (1977) menyebutkan bahwa untuk menekan kehilangan hasil hingga maksimum 10%, ambang pengendalian pada tanaman terung dan paprika di rumah kaca masing-masing adalah 4,6 dan 15,4 larva yang baru menetas per m² atau 0,8 dan 2,6 kelompok telur per m². Prabaningrum dan Moekasan (2022) melaporkan dari beberapa penelitian penerapan Pengelolaan Hama Terpadu (PHT), penggunaan insektisida sintetis yang ramah lingkungan menjadi prioritas. Pilihan insektisida harus mempertimbangkan keamanan terhadap organisme non-target, termasuk musuh alami seperti parasitoid.

Insektisida berbasis pengatur tumbuh serangga (*insect growth regulator, IGR*), seperti flufenuron, triflumuron, dan emamektin benzoat, terbukti efektif membunuh ulat grayak sekaligus selektif terhadap parasitoid *Trichogramma* sp. Selain itu, insektisida dari kelompok diamida antranilik seperti khlorantraniliprol dan tetrakhlorantraniliprol telah menunjukkan efektivitas.

Status terkini.

Sharanabasappa, et al. (2018) melaporkan *Spodoptera frugiperda* dapat berpindah ke inang lain dan bertahan hidup tanpa jagung dan mempertahankan populasi sepanjang tahun. *S. frugiperda* telah berevolusi menjadi dua strain (jagung dan padi) yang berbeda dalam genetika, isolasi reproduksi, dan ketahanan terhadap insektisida dan Bakteri *Bacillus*

thuringiensis endotoksin. Studi analisis perbandingan mikrobiota untuk *Spodoptera frugiperda* strain jagung dan padi. Studi ini pertama kali membandingkan mikrobiota FAW jagung dan galur padi sepanjang siklus hidupnya. Hasil analisis menunjukkan terdapat perubahan kecil pada siklus hidup dan asosiasi endosimbion strain, serta menemukan beberapa perbedaan dalam komposisi mikrobiota. Dengan mengetahui hasil analisis ini diharapkan menjadi strategi untuk mengendalikannya di alam, terutama dengan mempertimbangkan galur FAW, karena galur-galur tersebut telah menunjukkan perbedaan dalam evolusi dan ketahanan insektisidanya.

Lestari, et al. (2024a) melaporkan perkembangan populasi *S. frugiperda* meningkat secara eksponensial. Hal ini disebabkan musuh alami belum dapat beradaptasi dan perubahan iklim atau musim (awal musim hujan). Peningkatan curah hujan memberikan kondisi yang sangat menguntungkan bagi *S. frugiperda*. Hasil penelusuran Yudha, et al. (2024) distribusi *S. frugiperda* sangat bergantung pada ketinggian lokasi. Hal ini menunjukkan bahwa *S. frugiperda* mampu beradaptasi pada dataran tinggi dan dataran rendah. Perkembangan *S. frugiperda* pada populasi pada tanaman jagung sangat dipengaruhi oleh faktor ekstrinsik dan intrinsik. Faktor ekstrinsik seperti faktor lingkungan meliputi kecukupan pangan, iklim, ruang, kompetisi, dan musuh alami.

Bacillus thuringiensis sebagai bioinsektisida yang diformulasikan menjadi pasta pada konsentrasi 10% menyebabkan tingkat mortalitas 100% *S. frugiperda*. Pengendalian eksplorasi dan identifikasi parasitoid yang berasosiasi dengan *S. Frugiperda* diperlukan untuk menentukan strategi pengendalian yang potensial. Gustianingtyas et al. (2021) melaporkan *Beauveria* sp. Ditemukan dari isolat akar jagung mampu menekan munculnya *S. frugiperda* dewasa hingga 44% sehingga berpotensi untuk dikembangkan sebagai pengendalian di dataran rendah maupun dataran tinggi. Lestari, et al. (2024b) melaporkan penggunaan parasitoid berpotensi sebagai alternatif dalam mengendalikan *S. frugiperda*. Hasil eksplorasi parasitoid dari beberapa daerah di Provinsi Lampung yang diidentifikasi menggunakan mitochondrial cytochrome oxidase I (COI) menunjukkan terdapat empat spesies parasitoid dengan *S. frugiperda* diantaranya *Senometopia illota*, Genus nr. *Eriborus* sp., *Chelonus formosanus*, dan *Drino (Pelexorista)* sp. temuan jenis parasitoid ini dapat menjadi strategi dalam pengendalian yang tepat.

Simpulan

Siklus hidup FAW mencakup empat tahap (telur, larva, pupa, dan imago) dengan tingkat kerusakan tanaman yang signifikan, terutama pada fase larva. Berbagai strategi pengendalian telah diterapkan, termasuk pendekatan pengelolaan hama terpadu (IPM), seperti penggunaan agen hayati (*Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*), teknik *push-pull*, serta rotasi tanaman. Selain itu, pengembangan varietas jagung yang tahan hama menjadi alternatif penting. Penelitian terbaru mengidentifikasi adanya dua galur genetik FAW, yaitu galur jagung dan padi, yang menunjukkan perbedaan dalam preferensi inang dan ketahanan terhadap insektisida

Referensi

- Allen P. 2011. Javanese cultural traditions in Suriname. *RIMA Review of Indonesian and Malaysian Affairs*. Vol 45, 199–223.
- Andrianto, E., Fitriana, Y., Suharjo, R., Swibawa, I.G., Susilo, F.X., Semenguk, B and Lestari, P. 2024. Re-evaluating the likely presence of *Spodoptera frugiperda* in Indonesia in 2015 through re-assessment of neglected maize field sample collections from Lampung. *Phytoparasitica* (2024) 52:70. <https://doi.org/10.1007/s12600-024-01190-2>
- Assefa, F., D. Ayalew & M.T. Moral. 2019. "Status and control measure of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) infestation in maize fields in Ethiopia: A review". *Congent. Food Agric*. 5(1). <https://doi.org/10.1080/23311932.2019.1641902>.
- Bhusal, S. & E. Chapagain. 2020. "Threats of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) incidence in Nepal and its integrated management. A review". *J. Agric. Nat. Res*. 3(1):345-359. DOI:<https://doi.org/10.3126/janr.v3i1.27186>.
- CABI. 2021. *Spodoptera frugiperda*. In *Invasive Species Compendium*. Wallingford, UK: CAB International; <https://doi.org/10.1079/cabicompendium.29810>
- Cameron, D. G., & Kelly, T. K. 1970. Para grass for wetter country. *Queensland Agricultural Journal*. Vol 96, 386–390.
- Canas-Hoyos, N., Márquez, E. J., & Saldamando-Benjumea, C. I. 2014. Differentiation of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) corn and rice strains from Central Colombia: A wing morphometric approach. *Annals of the Entomological Society of America*. Vol 107(3), 575–581. <https://doi.org/10.1603/AN12154>
- CIE (Commonwealth Institute of Entomology). 1985. *Spodoptera frugiperda* (Vol. 68, p. 2) (revised). Distribution Maps of Plant Pests.
- De Groote H, Simon C. 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. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 292: 106804
- Deden, Umiyati U., dan Dukat. 2022. Preferensi dan Intensitas Serangan *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae) Pada Berbagai Varietas Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Agrotek Tropika*, <http://dx.doi.org/10.23960/jat.v11i2.5067>
- Djasmadi, L., Hoeft, R., & Mingo, H. 2010. *Migratie encultureel erfgoed: Verhalen van Javanen in Suriname, Indonesië en Nederland* (p. 158). KITLV Uitgeverij Press.
- EFSA Panel on Plant Health (PLH), Jeger, M., Bragard, C., Caffier, D., Candresse, T., Chatzivassiliou, E., Dehnen Schmutz, K., Gilioli, G., Gregoire, J. C., Miret, J. A. J., Navarro, M. N., Niere, B., Parnell, S., Pottting, R., Rafoss, T., Rossi, V., Urek, G., Van Bruggen, A., & Van der werf, W., West, J., Winter, S., Gardi, C., Aukhojee, M., & MacLeod, A. 2017. Pest categorization of *Spodoptera frugiperda*. *EFSA Journal*, 15(7), e04927. <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2017.4927>.
- Fahmi, F., Kusumah, R. Y. M., & Buchori, D. 2023. Keragaman genetik hama ulat gerayak jagung *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) pada lanskap yang berbeda di Bogor. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 20(1), 1-1.
- Ghani, T.M.A. 2015. *Entomopathogenic fungi and their role in biological control*. OMICS International.
- Ginting, S.A., A. Zarkani, R.H. Wibowo & Sipriyadi. 2020. "New invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) attacking corn in Bengkulu, Indonesia". *Serangga*. Vol 25:105-117.
- Guo, J. F., Zhao, J. Z., He, K. L., Zhang, F., & Wang, Z. Y. 2018. Potential invasion of the crop-devastating insect pest fall armyworm *Spodoptera frugiperda* to China. *Plant Protection*, 44, 1–10.
- Gustianingtyas, M., Herlinda, S., & Suwandi, S. 2021. The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenicity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 22(2), 1051–1062.
- Herlinda, S., Suharjo, R., Sinaga, M. E., Fawwazi, F., & Suwandi, S. 2022. First report of occurrence of corn and rice strains of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in South Sumatra, Indonesia, and its damage in maize. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 21(6), 412–419. <https://doi.org/10.1016/j.jssas.2021.11.003>
- Ingber, D. A., McDonald, J. H., Mason, C. E., & Flexner, L. 2021. Oviposition preferences, Bt susceptibilities, and tissue feeding of fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae) host strains. *Pest Management Science*, 77(9), 4091–4099. <https://doi.org/10.1002/ps.6434>
- Kebede, M. & T. Shimalis. 2019. " Out-break, distribution and management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith in Africa: The status and prospects". *American J. Agric. Res*. 4:43.
- Kalshoven, L. G. E. 1981. *The pests of crops in Indonesia* (701 pp.). PT. Ichtiar Baru Van Hoeve

- Karlina, D., Soedijo, S., & Rosa, H. O. 2022. Biologi Ulat Grayak (*Spodoptera frugiperda* J. E Smith). *Jurnal Proteksi Tanaman Tropika*, 5(3), 524-533.
- Khan, Z., C. Midega, J. Pittchar, J. Pickett & T. Bruce. 2011. "Pushpull technology: a conservation agriculture approach for integrated management of insect pests, weeds and soil health in Africa". *Int. J. Agric. Sustainability*. 9(1):162-170. DOI:10.3763/ijas.2010.0558.
- King, A.B.S. & J.L. Saunders. 1985. *The invertebrate pests of annual food crops in Central America*. A guide to the recognition and control. London UK: Overseas Development Administration.
- Kuate, A.F., R. Hanna, K.K.M. Fiaboo. 2019. "*Spodoptera frugiperda* Smith (Lepidoptera: Noctuidae) in Cameroon: Case study on its distribution, damage, pesticide use, genetic differentiation and host plants". *PloS ONE* 14(6):e0217653.
- Lestari, P., A. Budiarti, Y. Fitriani, F.X. Susilo & I.G. Swibawa. 2020. "Identification and genetic diversity of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province, Indonesia". *Biodiversitas* 21:1670- 1677. DOI:10.13057/biodiv/d210448.
- Lestari, P., Fitriana, Y., Suharjo, R., Swibawa, I. G., Utomo, S. D., & Andrianto, E. 2024a. New parasitoids of *Spodoptera frugiperda* in Lampung Province, Indonesia. *Journal of Asia-Pacific Biodiversity*, 17(4), 631-643.
- Lestari, P., Swibawa, I. G., Fitriana, Y., Suharjo, R., Utomo, S. D., & Hartaman, M. 2024b. The population dynamics of *Spodoptera frugiperda* after its invasion in Lampung Province, Indonesia. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika: Journal of Tropical Plant Pests and Diseases*, 24(1), 98-108.
- Luginbill P. 1928. *The Fall Armyworm*. Technical Bulletin 34. United States Department of Agriculture, Economic Research Service. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.156281>
- 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. *J Cropsaver* 2(1): 38-46.
- Mamahit, J.m.e., Manueke, J., Pakasi, S.E. 2020. *Hama infasif ulat grayak Spodoptera frugiperda pada tanaman jagung di Kabupaten Minahasa*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal. Palembang.
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. D., ... Hunt, T. E. 2018. Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas. *African Entomology*, 26(2), 286–300. <https://doi.org/10.4001/003.026.0286>
- Muller, R. A. 1985. *The potential for the atmospheric transport of moths from the perspective of synoptic climatology*. Pp. 179–202 in D. R. MacKenzie, C. S. Barfield, G. G. Kennedy, and R. D. Berger, eds. *The movement and dispersal of agriculturally important biotic agents*. Claitor's Publ., Baton Rouge, LA.
- Nababan, R. 2022. *Potensi Isolat Lokal Jamur Entomopatogen Metarhizium Sp. dan Beauveria Sp. terhadap Larva Spodoptera Frugiperda JE Smith (Lepidoptera: Noctuidae)* (Doctoral dissertation, Universitas Sumatera Utara).
- Nadrawati, S. Ginting & A. Zarkani. 2019. *Identifikasi Hama Baru dan Musuh Alaminya pada Tanaman Jagung Di Kelurahan Sidomulyo Kecamatan Seluma Bengkulu*. Laporan Penelitian. Fakultas Pertanian Universitas Bengkulu. Bengkulu.
- Nakasuji, F. & T. Matsuzaki. 1977. "The control threshold density of the tobacco cutworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) on eggplants and sweet peppers in vinyl-houses". *Applied Entomology and Zoology* 12(2):184-189.
- Nguyen, T. K. O., & Vu, T. P. 2009. *Checklist of turfgrass insect pests, morphology, biology and population fluctuation of Herpetogramma phaeopteralis (Guenee) (Lepidopera: Pyralidae) in Ha Noi, in Spring-Summer 2008*. In *The 3rd National Conference of Ecology and Natural Resources*, Ha Noi, Vietnam, 1490–1498.
- Parsons, J. J. 1972. Spread of African pasture grasses to the American tropics. *Journal of Range Management*, 25(1), 12–17. <https://doi.org/10.2307/3896654>
- Pashley, D. P. 1986. Host-associated genetic differentiation in fall armyworm: A sibling species complex? *Annals of the Entomological Society of America*, 79(6), 898–904. <https://doi.org/10.1093/aesa/79.6.898>
- Pashley, D. P., Johnson, S. J., & Sparks, A. N. 1985. Genetic population structure of migratory moths: The fall armyworm (Lepidoptera: Noctuidae). *Annals of the Entomological Society of America*, 78(6), 756–762. <https://doi.org/10.1093/aesa/78.6.756>
- Prabaningrum dan Moekasan. 2022. *Ulat Grayak, Spodoptera spp. :Hama Polifag, Bioekologi Dan Pengendaliannya*. Jakarta : IAARD Press.
- Pu'u, Y. M., & Mutiara, C. 2021. Serangan hama invasif *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman jagung di Kabupaten Ende Flores, Indonesia. *Jurnal Entomologi Indonesia*, 18(2), 151–156. <https://doi.org/10.5994/jei.18.2.153>

- Rane, R., Walsh, T. K., Lenancker, P., Gock, A., Dao, T. H., Nguyen, V. L., Khin, T. N., Amalin, D., Chittarath, K., Faheem, M., Annamalai, S., Thanarajoo, S. S., Trisy-ono, Y. A., Khay, S., Kim, J.,
- Sari W, Nelly N, Hidrayani, & Yaherwandi. 2023. Natural enemies of *Spodoptera frugiperda* J.E Smith (Lepidoptera: Noctuidae) on corn plants in West Sumatera. IOP Conf Series: *Earth Environ. Sci.* 1160: 012045 <https://doi.org/10.1088/1755-1315/1160/1/012045>
- Sartiami, D., Dadang, H., I. S., Kusumah, Y. M., & Anwar, R. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 468, 012021. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>
- Segeren, P., & Sharma, S. 1978. *Insect control on maize in Suriname*. In Joint symposium on maize and peanut, 15th annual meeting of caribbean food crops society on behalf of the 75th Anniversary of The Agricultural Experiment station of Paramaribo, Suriname (November 13–18, Paramaribo, Suriname). Proceeding of the Caribbean Food Crops Society, XV, 142–155
- Setyawati, T., Narulita, S., Bahri, I. P., & Raharjo, G. T. 2015. *A guide book to invasive alien plant species in Indonesia* (p. 418). Research, Development and Innovation Agency. Ministry of Environment and Forestry.
- Seymour, P. R., Roberts, H., & Kilby L. J. 1985. Insects and other invertebrates found in plant material imported into England and Wales, 1983 (No. 442/83, p. 68). Reference Book, Ministry of Agriculture, Fisheries and Food.
- 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 Manag Hortic Ecosyst* 24 (1): 23-29.
- Sholihat, A., Rubiana, R., Meilin, A. 2021. Tingkat Kerusakan Beberapa Varietas Tanaman Jagung (*Zea Mays*) Yang Diserang Hama Ulat Grayak. *J. Agroecotania* Vol. 4 No. 1 (2021)p-ISSN 2621-2846e-ISSN 2621-2854
- Smith, A. C. 1979. *Flora Vitiensis nova: A new flora of Fiji (spermatophytes only)* (Vol. 1, 329 pp.). National Tropical Botanical Garden, Lawai, Kauai, Hawaii, United State.
- Sousa, F.F., S.M. Mendes, O.F. Santos-Amaya, O.G. Arango, E.E. Oliveira & E.J.G. Pereira. 2016. Life history traits of *Spodoptera frugiperda* populations exposed to low dose Bt maize". *PLoS One* 11(5):e0156608. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0156608>.
- Sukmasari, M. D., Dani, U., & Purwana, A. D. 2023. Uji ketahanan empat varietas tanaman jagung (*Zea mays*) terhadap intensitas serangan ulat grayak (*Spodoptera frugiperda* JE Smith). *Agrivet: Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian dan Peternakan (Journal of Agricultural Sciences and Veteriner)*, 11(2), 246-252.
- Swibawa, I. G., Sudarsono, H., Purnomo, P., & Aeni, T. N. 2022. Pengendalian Hama *Spodoptera Frugiperda* Dengan Mating Disruption Feromon Pada Pertanaman Jagung Di Pekon Tritunggal Mulya Kabupaten Pringsewu. *Jurnal Pengabdian Fakultas Pertanian Universitas Lampung*, 1(1), 78-87.
- Tay, W. T., Rane, R. V., Padovan, A., Walsh, T. K., Elfekih, S., Downes, S., Nam, K., d'Alençon, E., Zhang, J., Wu, Y., Nègre, N., Kunz, D., Kriticos, D. J., Czapak, C., Otim, M. H., & Gordon, K. H. J. 2022. Global population genomic signature of *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm) supports complex introduction events across the Old World. *Communications Biology*, 5(1), 297. <https://doi.org/10.1038/s42003-022-03230-1>.
- Tay, W. T., Meagher, R. L., Jr., Czapak, C., & Groot, A. T. 2023. *Spodoptera frugiperda*: Ecology, evolution, and management options of an invasive species. *Annual Review of Entomology*, 68, 299–317. <https://doi.org/10.1146/annurev-ento-120220-102548>.
- Teng, H., Y. Yuan, T. Zhang, X. Chang & D. Wang. 2020. Evaluation of the sublethal effect of tetrachlorantraniliprole on *Spodoptera exigua* and its potential toxicity to two non-target organisms". *PLoS One* 15(11):e0242052.
- Thalib, R., Fernando, R., Khodijah, Meidalima, D., dan Herlinda, S. 2013. Patogenisitas isolate *B. bassiana* dan *M. anisopliae* asal tanah lebak dan pasang surut Sumatera Selatan untuk agens hayati *Scirpophaga Incertulas*. *J. HPT Tropika*. 13(1):10-18. ISSN 1411-7525.
- Triani, A., Karlina, L., Tiyantera, M. B., Adrian, R., Patricia, R., Ananda, Y., & Irsan, C. 2021. Perkembangan Pemanfaatan Feromon untuk Pengendalian Hama Lepidoptera The Development of Pheromone Use to Control Lepidoptera Pests. In *Seminar Nasional Lahan Suboptimal* (Vol. 9, No. 2021, pp. 202-208).
- 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.

- USDA. 1975. *Cooperative economic insect report*. (Vol. 25, No. 10, p. 168). Plant Pest Control Branch, Agricultural Research Service, USDA
- Valentino, V. & A.R. Thaha. 2019. "Pengendalian hama *Spodoptera exigua* Hubner pada tanaman bawang merah Lembah Palu dengan penggunaan pupuk dan mulsa". *J. Agroland* 26(2):86-95.
- Van Dinther, J. B. M. 1955. *Laphygma S. frugiperda* and *A. and Mocis repanda* F. in Suriname. *Entomologische Berichten*,15(18), 407–411.
- Vebryanti, A. 2023. Identifikasi Keragaman Genetik *Spodoptera frugiperda* JE Smith dan Tingkat Serangannya pada Pertanaman Jagung di Tiga Zona Iklim Wilayah Sulawesi Selatan (Doctoral dissertation, Universitas Hasanuddin).
- Viette, P. 1963. *Le complexe de Prodenia litura (Fabricius) dans la région malgache (Lep. Noctuidae)*. Publications De La Société Linnéenne De Lyon,32, 145–148.
- Vu, T. P. 2008. *Insect pests of turf grass: Biology, ecology, and the control of Herpetogramma phaeoptalis (Guenée) in Hà Nội in spring-summer*. Hà Nội Agriculture University.
- Westbrook, J.K., Nagoshi, R.N., Meagher, Fleischer, S.J., and Jairam, S. 2015. Modeling seasonal migration of fall armyworm moths. *Int J Biometeorol*.
- Wiltshire, E. P. 1977. *Middle-East Lepidoptera, XXXVII: Notes on the Spodoptera litura (F.)-Group (Noctuidae-Tri-finae)*. Proceedings and Transactions of the British Entomological and Natural History Society,10, 92–96.
- Wolf, W. W., J. K. Westbrook, J. Raulston, S. D. Pair, and S. E. Hobbs. 1990. *Recent airborne radar observations of migrant pests in the United States*. Philos. Trans. R. Soc. Lond. Ser. B328:619–630.
- Yudha, I. K. W., Supartha, I. W., Susila, I. W., Sudiarta, P., Wijaya, I. N., & Wiradana, P. A. 2024. New Occurrence of Corn and Rice Strains Of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Bali and Lesser Sunda: Genetic Diversity, Distribution, And Damage. *Biodiversitas Journal of Biological Diversity*, 25(5): 1890-1900.