

POTENSI PENGENDALIAN HAYATI HAMA *SPODOPTERA FRUGIPERDA* UNTUK KEBERLANJUTAN PRODUKSI JAGUNG

Yustina M.S.W. Pu'u^{1*}, Syatrawati²

¹Fakultas Pertanian Universitas Flores Jalan Sam Ratulangi XX Paupire, Ende, NTT

² Politeknik Pertanian Negeri Pangkep Jalan Poros Makassar - Parepare Km. 83, Mandalle, Pangkep, Kabupaten Pangkajene Dan Kepulauan, Sulawesi Selatan

*¹) yus_puu@yahoo.com

ABSTRACT

Potential of Spodoptera Frugiperda Biodive Control for Sustainable Corn Production. The armyworm *Spodoptera frugiperda*, which damages corn plants, is one of the invasive pests. The armyworm *S. frugiperda* damages corn plants by eating leaf tissue from one side so that the remaining epidermal tissue then makes holes in the leaves and eats from the edge of the leaf to the inside, which causes perforation in the leaves. Control efforts using insecticides have not been practical due to the feeding behaviour of the second and third instar larvae that settle on the inside of the leaves under protected conditions. Therefore, it is necessary to carry out other control techniques that can suppress the development of environmentally friendly *S. frugiperda* by considering economic and ecological aspects, namely biological control. Biological control optimizes the role of natural enemies as biological control agents in efforts to manage pest populations which are part of the chain in agroecosystems. Utilization of natural enemies, parasitoids, predators, and pathogen, can suppress the development of the *S. frugiperda* pest in corn, reducing the use of synthetic pesticides. Natural enemies of *S. frugiperda* include the egg parasitoid *Telenomus* sp. and *Trichogramma* sp.; larva parasitoid *Glyptapanteles creatonoti* (Viereck), solitary larval parasitoid *Campoletis chlorideae* Uchida, and parasitoid larvae of the order Hymenoptera: Ichneumonidae: Ichneumoninae and *G. creatonoti*. as well as an entomopathogenic species, *Nomuraea rileyi* (Farl.) Samson. Natural enemies can control *S. frugiperda* pests to save sustainable maize yields based on the basic principles of sustainable agriculture models. Agroecological steps are taken to reduce the population of *S. frugiperda* in corn plants by: (1) sustainable management of soil fertility, primarily actions that maintain or store soil organic carbon; (2) intercropping with properly selected companion plants; and (3) diversification of the agricultural environment through the management of (semi) natural habitats at various spatial scales.

Key Words: *biological, corn, sustainable*

PENDAHULUAN

Ulat Grayak *Spodoptera frugiperda* merupakan salah satu hama invasif di seluruh dunia yang berasal dari Benua Amerika dan menyebar ke Afrika dan Asia,

khususnya di Indonesia mulai dilaporkan pada tahun 2019 di Pulau Sumatera dan Pulau Jawa (Baudron *et al.*, 2019; Jia *et al.*, 2021; Maharani *et al.*, 2019; Nboyine *et al.*, 2020; Sartiami *et al.*, 2020; Trisyono *et al.*,

2019; Wan *et al.*, 2021; Wu *et al.*, 2021; Xiao, 2021; Zarkani *et al.*, 2020). Kerusakan akibat serangan *S. frugiperda* di Afrika sebesar 4-8 juta ton per tahun, sedangkan kehilangan hasil 15- 73% pada tanaman jagung muda.

Ulat grayak *S. frugiperda* yang merusak tanaman adalah stadia larva dengan cara memakan jaringan daun dari satu sisi sehingga tersisa jaringan epidermis, selanjutnya larva instar kedua dan ketiga melubangi daun kemudian memakan sehingga menyebabkan perforasi pada daun. Larva memiliki sifat kanibalisme dimana saling memakan antar larva *S. frugiperda*, sehingga yang ditemukan pada daun yang terserang adalah satu hingga dua ekor. Larva instar akhir menyebabkan defoliasi ekstensif, dimana kepadatan populasi 0,2-0,8 larva per tanaman mengurangi hasil sebesar 5-20%. Larva juga akan menggali ke dalam titik tumbuh hingga ke telinga daun dan biji jagung (Shylesha *et al.*, 2018). Imago *S. frugiperda* bersifat nokturnal (da Silva *et al.*, 2017; Hruska, 2019), polifag dengan 350 spesies tanaman termasuk tanaman pangan dan agroindustri seperti jagung, sorgum, millet, tebu, dan sayuran (Montezano *et al.*, 2018; Wu *et al.*, 2021), dan memiliki kemampuan terbang hingga 100 km per malam.

Upaya pengendalian menggunakan insektisida telah dilaporkan di beberapa

negara seperti Florida dalam pengendalian *S. frugiperda* pada tahap vegetatif awal dan reproduksi jagung dalam bentuk cair maupun granular, tetapi belum efektif mengendalikan hama karena perilaku makan dari larva instar kedua dan ketiga menetap di bagian dalam daun pada kondisi yang terlindungi (Zhang *et al.*, 2021). Hasil penelitian telah menunjukkan bahwa *S. frugiperda* membentuk resistensi terhadap kelompok baru insektisida seperti *spynosin* dan *diamyde* serta jagung transgenik Cry1F dan Cry1Ab Bt di Brazil dan Amerika Serikat (Navik *et al.*, 2021). Petani di China dalam mengendalikan hama *S. frugiperda* menggunakan lebih dari satu jenis pestisida dengan frekuensi aplikasi tinggi dan berdampak pada input biaya yang tinggi (Yang *et al.*, 2021). Oleh karena itu, perlu alternatif teknik pengendalian lain yang mampu menekan perkembangan *S. frugiperda* yang ramah lingkungan dengan mempertimbangkan aspek ekonomi maupun ekologis secara hayati.

Pengendalian hayati merupakan bagian dari Pengendalian Hama Terpadu (PHT), yang memperhatikan tiga aspek penting dalam kegiatan pengendalian Organisme Pengganggu Tanaman (OPT) yaitu ekologi, ekonomi dan sosial. Musuh alami sebagai agen pengendali hayati (APH) terdiri atas predator, parasitoid, dan patogen. Predator merupakan organisme yang memangsa satu atau beberapa

individu pada berbagai tahap perkembangannya (telur, ulat, pupa, dewasa) dan bersifat oportunistik bahkan terkadang kanibal. Parasitoid merupakan organisme yang meletakkan telurnya di dalam atau menempel pada inang organisme lain. Untuk perkembangannya, larva parasitoid memakan jaringan inang hingga mereka dewasa dan membentuk pupa. Patogen merupakan mikroorganisme yang dapat menyebabkan penyakit disebut patogen terdiri dari cendawan, bakteri, virus, dan nematoda (Nonci *et al.*, 2019).

Musuh alami berperan penting dalam proses menuju kondisi agro-ekosistem yang stabil dalam dalam menekan kepadatan populasi hama sasaran di atas ambang ekonomi hingga di bawah ambang ekonomi, serta meregulasi populasi hama tetap berada di bawah ambang ekonomi (Sopialena, 2018). Oleh karena itu, upaya pengendalian hama *S. frugiperda* dengan musuh alami perlu dilakukan untuk menjaga keberlanjutan agroekosistem jagung sehingga dapat menguntungkan secara ekonomi dan berkelanjutan secara ekologis. Kemampuan musuh alami dalam menekan hama *S. frugiperda* melalui predatisisme, parasitisme, dan patogenisitas dapat dimanfaatkan untuk mencapai pertanian berkelanjutan. Penelitian Shylesha *et al.* (2018); Tambo *et al.* (2020) melaporkan bahwa musuh alami *S. frugiperda* antara lain *Telenomus* sp.,

Trichogramma sp., *Glyptapanteles creatonoti* (Viereck), *Campoletis chlorideae* Uchida, dan larva-pupa parasitoid dari ordo Hymenoptera: Ichneumonidae, *G. creatonoti* dan entomopatogen y *Nomuraea rileyi* (Farl.) Samson. Berdasarkan latar belakang tersebut maka, tujuan penulisan artikel untuk mereview potensi agen hayati menekan populasi hama *Spodoptera frugiperda* untuk produksi jagung berkelanjutan.

Pengendalian Hayati

Pengendalian hayati merupakan upaya pengendalian hama dengan memanfaatkan musuh alami berupa parasitoid, predator, dan patogen (Untung, 2006). Parasitoid adalah serangga yang memarasit serangga lain baik pada setiap fase hidup (telur, larva, pupa, dan imago). Parasitoid dapat bersifat endoparasit dan ektoparasit. Selain itu, parasit biasanya memiliki ukuran tubuh yang lebih kecil dari inang, dapat membunuh inang secara perlahan, dan bersifat monafagus. Golongan parasitoid paling banyak dilaporkan dari ordo *Hymenoptera* dan *Diptera* famili *Ichneumonidae*, *Braconidae*, dan *Tachinidae* (Untung, 2006). Hasil penelitian dilakukan Khoiri *et al.* (2020) menunjukkan bahwa tingkat paratisisasi *T. japonicum* dan *T. chilonis* dengan inang pengganti *Corcyra cephalonica* sebesar 85,78% dan 96,00%. Menurut Untung

(2006) bahwa efektivitas parasitoid dipengaruhi oleh: (1) daya kelangsungan hidup (survival) baik; (2) hanya satu atau sedikit individu inang diperlukan untuk melengkapi daur hidupnya; (3) populasi parasitoid dapat tetap bertahan meskipun dalam aras yang rendah; dan (4) sebagian besar parasitoid bersifat monofagus sehingga populasi parasitoid memiliki respon yang baik terhadap perubahan populasi inang. Akan tetapi, parasitoid memiliki kelemahan yaitu: (1) daya cari inang dipengaruhi oleh cuaca atau faktor lain; (2) serangga betina yang lebih berperan; dan (3) parasitoid yang memiliki daya cari inang tinggi memiliki jumlah telur sedikit (Untung, 2006).

Predator atau biasa disebut pemangsa adalah organisme yang dapat memangsa binatang lain. Beberapa ciri khusus predator yaitu bersifat polifagus (memiliki lebih dari satu mangsa), betina dan jantan dewasa mencari dan memperoleh mangsa, memiliki daya tanggap yang rendah, memangsa secara langsung, memiliki daya cari inang tinggi, dan tidak selalu sinkronisasi fenologi dengan mangsa (Untung, 2006). Ordo-ordo serangga yang berperan sebagai predator antara lain *Coleoptera*, *Neuroptera*, *Hymenoptera*, *Diptera*, dan *Hemiptera*. Hasil penelitian Endarto & Wuryantini (2019), melaporkan kemampuan pemangsaan *Hippodamia axyridis* sebesar 428,3% dari bobot

tubuhnya, dengan jumlah mangsa $9,81 \pm 1,01$ ekor/hari. Sedangkan, patogen adalah kelompok mikroorganisme yang dapat menimbulkan penyakit pada serangga hama yang dikenal dengan entomopatogen. Entomopatogen ini terdiri dari jamur, bakteri, virus, protozoa, maupun nematoda dengan ciri yang berbeda dalam menyebabkan mortalitas pada serangga (Untung, 2006). Jenis jamur entomopatogen paling banyak digunakan dalam pengendalian hayati yaitu *Nomurea rileyi*, *Metharizium* spp., dan *Beauveria basianna*. Jamur entomopatogen menyebabkan mortalitas serangga dengan cara masuk langsung ke dalam tubuh melalui integument, kemudian memperbanyak diri dalam jaringan epikutikula, epidermis, hemocoel serta jaringan lain sehingga tubuh serangga akan ditutupi miselia. Contoh entomopatogen lainnya yang bersifat antagonis yaitu *Trichoderma* sp., *Gliocladium* sp., *Fusarium oxisporum*, *Pythium* sp., *Sclerotium* sp., *Antraknosa* sp. serta *Pseudomomas flourocens* (Sopialena, 2018).

Pengendalian hayati dengan pemanfaatan musuh alami perlu dijaga keseimbangan melalui tiga pendekatan praktek pengendalian yaitu introduksi, augmentasi, dan konservasi. Introduksi adalah upaya pengendalian hayati dengan memasukkan musuh alami dari luar negara/

wilayah/ daerah untuk mengendalikan serangga hama khususnya hama eksotik. Kegiatan ini bertujuan agar lingkungan baru stabil serta mapan secara permanen (Sopialena, 2018). Contoh pendekatan introduksi dilakukan pada bulan Agustus tahun 1986, negara Indonesia mengintroduksi predator *Curinus coeruleus* Mulsant (*Coleoptera: Coccinellidae*) dari Hawaii dalam pengendalian kutu loncat *Heteropsylla cubana* Crawford (*Homoptera: Psyllidae*) (Herlinda & Irsan, 2015). Sedangkan, augmentasi adalah pendekatan yang dilakukan apabila populasi musuh alami di alam sangat rendah akibat populasi predator dan parasitoid gagal berkolonisasi dalam menekan populasi hama melalui inokulasi dan inundasi (Sopialena, 2018). Inokulasi dengan cara pelepasan sejumlah kecil musuh alami pada saat populasi hama masih rendah, dan dilakukan pada awal musim tanam. Sedangkan Inundasi yaitu pelepasan musuh alami dalam jumlah besar yang bertujuan menurunkan populasi hama dengan segera sampai tingkat yang tidak merugikan (Sopialena, 2018). Contoh kegiatan augmentasi di Indonesia pada tahun 1984 yaitu parasitoid penggerek tebu raksasa *Sturmiopsis inferens* Towns (*Diptera: Tachinidae*), *Phragmatoecia parvipuncta* Hamps (*Lepidoptera: Cossidae*), dan *Trichogramma* (Herlinda & Irsan, 2015). Upaya pengendalian hayati

lainnya adalah konservasi yaitu pendekatan dengan cara memanipulasi lingkungan budi daya yang sesuai bagi kehidupan musuh alami seperti sistem pertanaman tumpang sari karena menyediakan berbagai alternatif habitat dibandingkan pertanaman monokultur dan sangat sensitif terhadap pestisida kimia (Sopialena, 2018).

Menurut Herlinda & Irsan (2015), pengendalian hayati memiliki kelebihan yaitu: (1) tidak memiliki dampak samping yang merugikan terhadap produk pertanian; (2) tidak membahayakan serangga dan hewan berguna lainnya, dan lingkungan; (3) Parasitoid, predator, dan entomopatogen bersifat spesifik inang atau mangsa; (4) relatif lebih murah untuk jangka panjang dan areal yang luas; (5) berkembang dengan sendirinya dan kekal tanpa campur tangan manusia untuk keberlanjutan; dan (6) tidak terjadi resistensi hama terhadap musuh alami. Adapun kelemahannya yaitu: (1) membatasi penggunaan pestisida sintetik; (2) daya kerja lambat dalam mematikan serangga; (3) relative lebih mahal untuk jangka pendek dan areal yang sempit; (4) adanya hama residu; dan (5) keberhasilannya sulit diprediksi dibandingkan pestisida kimia.

Jenis Agen Pengendali Hayati Hama *Spodoptera frugiperda*

Agen pengendali hayati hama *S. frugiperda* terdiri dari golongan parasitoid, predator, dan patogen. Parasitoid memiliki

kemampuan memarasit hama pada stadia telur, larva maupun pupa. Sedangkan predator akan aktif mencari dan memangsa hama serta patogen yang terdiri dari jamur, virus, bakteri, nematoda dapat menyebabkan penyakit pada hama hingga kematian (mortalitas). Hasil penelitian di beberapa negara menemukan spesies parasitoid yang berasosiasi dengan *S. frugiperda* adalah parasitoid telur *Telenomus remus* Nixon (*Hymenoptera: latygastridae*) dan *Trichogramma* spp, parasit larva *Campoletis sonorensis*, Tawon *Chelonus insularis*, *Cotesia marginiventris* Cresson (*Hymenoptera: Braconidae*) (Contreras-Cornejo *et al.*, 2018; Dong *et al.*, 2021; Freitas *et al.*, 2019; Jin *et al.*, 2021; Navik *et al.*, 2021; Pomari-Fernandes *et al.*, 2018; Roque-Romero *et al.*, 2020; Sisay *et al.*, 2018). Menurut Shylesha *et al.* (2018) jenis musuh alami lain yang didapatkan dari hasil analisis molekuler Parasitoid larva *Glyptapanteles creatonoti* (Vier eck) (*Hymenoptera: Braconidae*); Parasitoid larva-pupa *Ichneumonidae* tak tentu (*Hymenoptera: Ichneumoninae*); *Forficula* sp. (*Dermoptera: Forficulidae*); dan jamur entomopatogen *Nomuraea rileyi* (Farl.) Samson. Sedangkan penelitian Sisay *et al.* (2019) di Kenya, mendapatkan tiga spesies parasitoid telur yaitu *Telenomus remus*, *Trichogramma chilonis* dan *Chelonus curvimaculatus*. Perilaku spesies ini dalam memarasit telur *S. frugiperda*

berbeda. Betina *T. remus* dan *T. chilonis* tertarik dan meletakkan telurnya pada telur *S. frugiperda* kemudian berkembang menjadi larva sampai muncul imago atau serangga dewasa. Sedangkan *C. curvimaculatus* meletakkan telur pada telur *S. frugiperda*, tetapi larvanya memulai perkembangannya pada instar larva *S. frugiperda*. Spesies parasitoid lainnya juga ditemukan di Eithopia, Kenya, dan Tanzania yaitu parasitoid telur dan larva *Cotesia icipe*, lalat *tachinid*, *Palexorista zonata*, *Charops ater* dan *Coccygidium luteum* dengan tingkat parasitisasi yang berbeda (Sisay *et al.*, 2018). Spesies parasitoid yang ditemukan di Indonesia yakni parasitoid *Telenomus remus* Nixon dengan kemampuan memarasit telur *S. frugiperda* tinggi (Sari, 2019).

Jenis predator lain yang dilaporkan yaitu *Doru luteipes* (Scudder), dan *Euborellia annulipes* (Lucas), *Coleomegilla maculata* DeGeer, *Cycloneda sanguinea* (Linnaeus), *Hippodamia mengkonvergen* Guérin Meneville, *Eriopis connexa* Mulsant, *Olla v-nigrum* Mulsant, *Harmonia axyridis* (Pallas) dan *Neda conjugata* (Mulsant) memangsa telur dan larva, *Calosoma granulatum* Perty memangsa larva, dan genera *Zelus* (Reduviidae), *Podisus* (Pentatomidae), *Nabis* (Nabidae), *Geocoris* (Lygaeidae), *Orius* dan *Anthocoris* (Anthocoridae) (da Silva *et al.*, 2017). Spesies predator memiliki

kemampuan pemangsa dan perilaku pemangsa berbeda terhadap *S. frugiperda*. Keberadaan spesies predator juga telah dilaporkan di Indonesia khususnya Lombok Barat yaitu *Cheilomenes sexmaculata*, *Coelophora inaequalis*, *Verania lineate*, *Polistes gallicus*, *Polyrchachis dives* Smith, Spesies *Chrysopa* sp., Spesies *Gryllus vernalis*, Spesies *Lycosa* sp dengan tingkat keragaman sedang (Jannah *et al.*, 2021). Selain parasitoid dan predator, patogen dari kelompok jamur, bakteri, virus, dan nematoda mampu mengendalikan *S. frugiperda*. Jenis patogen yang dilaporkan antara lain *Metarhizium rileyi* (Farlow) Samson dan baculovirus, SpfrNPV yang menyebabkan kematian *S. frugiperda* pada agroekosistem jagung di India (Firake & Behere, 2020; Souza *et al.*, 2019), *Bacillus thuringiensis* strain Argentina (Lazarte *et al.*, 2021). Patogen menyebabkan penyakit pada *S. frugiperda* disebut entomopatogen dengan melakukan proses perkembangbiakan akibat adanya senyawa toksik yang akan menyebabkan kematian. Kinerja dari setiap agen hayati *S. frugiperda* telah banyak dilaporkan di lapangan pada lokasi yang berbeda. Di Indonesia juga telah ditemukan jenis entomopatogen yang menyebabkan kematian larva *S. frugiperda* yaitu *Noumeria rileyi*, Virus entomopatogen (NPV), entomopathogenic fungi, dan genus

Metarhizium (Herlinda *et al.*, 2020; Nadrawati *et al.*, 2019).

Faktor-Faktor yang Mempengaruhi Perkembangan Musuh Alami

Musuh alami sebagai agen pengendali hayati perlu dijaga keseimbangan di agroekosistem untuk menjaga keberlanjutan dalam menekan populasi serangga hama serta komponen biotik lain. Untuk itu, dalam perkembangannya dipengaruhi oleh interaksi positif antar komponen agroekosistem meliputi faktor intrinsik dan ekstrinsik (Dewi *et al.*, 2013).

Ketahanan genetik sebagai faktor intrinsik merupakan ketahanan alami yang dimiliki serangga musuh alami dalam beradaptasi dengan lingkungan tanaman inang. Musuh alami akan beradaptasi dengan tanaman lain sebagai penyedia makan untuk kelangsungan hidup apabila inang utama melakukan pengelakan secara morfologi dan genetik. Seperti keberadaan musuh alami pada tanaman refugia. Tanaman refugia menyediakan nektar dan madu sebagai pakan yang berperan secara ekologis bagi parasitoid maupun predator. Hal ini senada dengan penelitian (Sumini & Bahri, 2020) bahwa tanaman refugia di sekitar padi menyebabkan keragaman dan kelimpahan musuh alami tinggi sehingga dapat menekan perkembangan hama. (Sitepu, 2018) menyatakan bahwa tanaman refugia bunga putih menyebabkan tingkat

parasitisasi *Tetrastichus schoenobii* Ferriere (*Hymenoptera: Eulophidae*), *Telenomus rowani* Gahan (*Hymenoptera: Scelionidae*), dan *Trichogramma japonicum* terhadap telur penggerek batang padi kuning sebesar 99,56%. Faktor intrinsik lain adalah kemampuan beradaptasi musuh alami dalam berperan di ekosistem terhadap perubahan iklim. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pada sistem pertanaman jagung yang dilakukan secara tumpang sari terjadi penurunan rata-rata populasi larva per tanaman sebesar 82,7% dan kerusakan tanaman per plot sebesar 86,7% yang telah beradaptasi dengan iklim. Sedangkan pada pertanaman secara monokultur dan belum beradaptasi dengan iklim rata-rata populasi larva pertanaman sebesar 80% hingga 95,4% (Midegaa *et al.*, 2018). Kemampuan adaptasi juga berpengaruh pada kegiatan introduksi musuh alami untuk mengendalikan hama invasif, seperti terlihat pada penelitian (Adriani & Lestari, 2021) bahwa *Angyrus lopezi* parasitoid *Phenacoccus manihoti* dapat beradaptasi di Bogor setelah didatangkan dari Mexico karena sifat sifat poikilotermik terhadap lingkungan.

Faktor ekstrinsik merupakan salah satu faktor pendukung kemampuan genetik musuh alami dalam mengendalikan populasi hama. Kemampuan genetik musuh alami dipengaruhi oleh makanan, iklim, ruang kompetisi serta pengaruh pestisida.

makanan yang disebut inang memiliki kandungan nutrisi yang dibutuhkan musuh alami secara kualitas dan kuantitas. Musuh alami memiliki hubungan ketergantungan kepadatan dengan hama dan secara tidak langsung dengan inang/makanan, senada dengan hasil penelitian (Sun *et al.*, 2021) bahwa migrasi atau perpindahan hama *S. frugiperda* ke Cina dipengaruhi karena ketersediaan makanan/inang yaitu jagung serta kondisi iklim yang sama dengan wilayah Asia timur dan Tenggara sehingga menjadi hama invasif. Kompetisi atau persaingan dapat terjadi intraspecies dan interspecies dalam memperebutkan makanan, relung, cahaya matahari, dan unsur hara untuk perkembangannya. Faktor ini dikenal dengan faktor yang bertaut kepadatan, dimana akan terjadi pengaruh positif maupun negatif. Seperti pada ruang dan waktu tertentu ada musuh alami yang dominan di agroekosistem.

Selain itu, pengaruh pestisida juga memiliki peran penting dalam keberlanjutan hidup musuh alami. Penggunaan pestisida secara bijaksana akan menjaga kestabilan musuh alami sehingga bekerja efektif dalam menekan perkembangan hama pada aras keseimbangan serta mengurangi populasi spesies musuh alami. Dampak dilihat pada hasil penelitian Kurniawan & Soesilohadi (2020) bahwa jenis musuh alami yang ditemukan berasal dari kelompok predator

Pantala flavescens, sedangkan Famili lain serta parasitoid tidak ditemukan akibat sensitive terhadap pestisida. penelitian lain juga melaporkan bahwa kelompok musuh alami pada tanaman kacang tanah sebesar 8 % akibat penggunaan pupuk dan pestisida kimia di lahan (Apriliyanto & Sarno, 2018). Faktor iklim seperti cuaca, suhu, kelembaban berpengaruh pada kelimpahan dan jenis musuh alami di ekosistem serta kegiatan introduksi. Kondisi cuaca ekstrim akan menyebabkan mortalitas musuh alami sebanyak 90%. Keadaan cuaca akan berpengaruh pada kondisi suhu yang berpengaruh pada aktivitas parasitisasi, predatisme, dan patogenesis. Hasil penelitian Plessis *et al.* (2020); Wang *et al.* (2020); Yang *et al.* (2021) menunjukkan bahwa suhu berpengaruh pada perkembangan stadia hidup *S. frugiperda* yaitu mulai suhu antara 18-30°C, suhu optimum untuk perkembangan telur-larva dan telur-dewasa adalah 26°C-30°C dengan siklus hidupnya 35,68 hari serta tidak mengalami diapause. Selain itu, suhu juga berpengaruh terhadap frekuensi kepankan sayap *S. frugiperda* untuk berpindah tempat serta menentukan ketinggian yang tepat atau lapisan atmosfer untuk penerbangan migrasi (He *et al.*, 2021). Faktor lain adalah kelembaban udara yang berhubungan dengan tempat hidup dan bahan makan berpengaruh untuk permbiakan, perkembangan serta keaktifan musuh

alami. Hasil penelitian menyatakan bahwa kelembaban relative untuk perkembangan *S. frugiperda* adalah 60–90% yang mempengaruhi arah migrasi dan ketinggian terbang (Jiang *et al.*, 2021). Angin berpengaruh terhadap mobilitas musuh alami dalam pencarian inang serta penemuan inang. Sedangkan cahaya berhubungan dengan radiasi surya dengan Panjang gelombang dan intensitas cahaya berbeda setiap spesies musuh alami. Radiasi cahaya juga berpengaruh langsung terhadap suhu tubuh serta perubahan intensitas cahaya berpengaruh terhadap aktivitas makan musuh alami. Hasil kajian Aliffah *et al.* (2020) menunjukkan bahwa jenis musuh alami yang ditemukan sebanyak 5 Famili dengan populasi yang berbeda pada setiap plot pengamatan berdasarkan waktu. Sedangkan indeks keragaman musuh alami relatif tinggi, tetapi pola distribusi di setiap plot menunjukkan perbedaan yang signifikan dengan kondisi lingkungan berbeda. Perbedaan tersebut dipengaruhi faktor lingkungan serta faktor ketersediaan makanan, pemangsa, kompetisi dan faktor fisik kimia pada batasan toleransi spesies musuh alami. Faktor lingkungan yang sesuai akan mendukung aktivitas musuh alami secara optimal serta intensitas kunjungan sesuai kebutuhan akan cahaya. Hubungan antara faktor lingkungan dan kelimpahan musuh alami sebesar 0,846

dimana 84,6% dipengaruhi suhu, kelembaban, dan intensitas cahaya dan 15,4% dipengaruhi faktor lain.

Seberapa Efektif Musuh Alami mampu Mengendalikan Hama *Spodoptera frugiperda* tanpa Penggunaan Pestisida Sintetis untuk Mewujudkan Produksi Jagung yang Berkelanjutan

Kehilangan hasil tanaman jagung akibat serangan hama *Spodoptera frugiperda* telah dilaporkan di berbagai tempat. Sebagaimana hasil penelitian (Overton *et al.*, 2021) bahwa kehilangan hasil jagung khususnya jagung manis bervariasi dengan modifikasi pengelolaan, menunjukkan bahwa tanaman yang diberi pestisida mempertahankan hasil lebih tinggi dibandingkan tanpa pestisida. penggunaan pestisida sintetis diketahui berdampak negative terhadap semua komponen salah satunya kehidupan musuh alami dan pencemaran lingkungan. Untuk itu, Pengendalian hayati sebagai salah satu komponen PHT memiliki hubungan yang erat dengan keberlanjutan produksi tanaman. Pemanfaatan musuh alami baik parasitoid, predator, maupun patogen mampu menekan perkembangan hama *Spodoptera frugiperda* pada pertanaman jagung sehingga mengurangi penggunaan pestisida sintetis. Peranan musuh alami di ekosistem tidak berdampak negatif bagi organisme lain serta lingkungan bitotik maupun abiotik. Efektivitas musuh alami

dalam menekan populasi hama berdampak pada hasil tanaman budidaya. Hal ini telah dibuktikan bahwa penggunaan entomopatogen *Metarhizium rileyi* dan baculovirus SpfrNPV menyebabkan kematian larva *S. frugiperda* $\geq 55\%$ serta Nematoda entomopatogen, menyebabkan mortalitas larva 62,5% (Firake & Behere, 2020; Lira *et al.*, 2020; Negrisoli *et al.*, 2010). Kondisi ini menunjukkan produksi jagung masih dapat berjalan optimal akibat keberadaan musuh alami menekan populasi *S. frugiperda*. Penelitian penggunaan tanaman jagung transgenik (jagung Bt) menunjukkan kepadatan larva, tingkat kerusakan, dan persentase tanaman rusak lebih rendah dibandingkan jagung non-transgenik (konvensional) (Zhao *et al.*, 2021; Sun *et al.*, 2021). Hubungan musuh alami dengan produksi tanaman jagung semakin efektif dengan adanya asosiasi antara *Trichoderma atroviridae* dengan akar tanaman jagung meningkatkan predatisme *Campoletis sonorensis*, sehingga mengurangi penggunaan pestisida sintetis (Contreras-Cornejo *et al.*, 2018) menyatakan bahwa Laju parasitisme *T. chilonis*, *T. ostriniae*, *T. confusum*, dan *T. pretiosum* pada massa telur berkisar antara 61,5%-87,5%, dengan tingkat kerusakan tanaman 36,1%-59,7%. Selain parasitoid dan patogen, predator *Eupeodes corolla* dilaporkan efektif memangsa larva *S.*

frugiperda sebesar 100% (Dong *et al.*, 2021).

Berdasarkan hasil-hasil penelitian diatas, menunjukkan bahwa musuh alami dapat mengendalikan hama *S. frugiperda* untuk menyelamatkan hasil tanaman jagung berkelanjutan berdasarkan prinsip-prinsip dasar model pertanian berkelanjutan. Peranan musuh alami *S. frugiperda* sebagai komponen inti Pengendalian Hama Terpadu melalui pendekatan agroekologi pada aspek ekologi, ekonomi, dan sosial yaitu menciptakan tanah yang sehat sebagai pondasi dasar kehidupan tanaman dan mikroorganisme tanah yang berguna, menjaga keseimbangan populasi hama di lapang, pengendalian jangka panjang, mengurangi penggunaan pestisida sintetis, ramah lingkungan, meningkatkan produksi tanaman, serta berkelanjutan. Menurut Harrison *et al.* (2019) beberapa langkah agroekologis yang dilakukan dalam mengurangi populasi *S. frugiperda* pada tanaman jagung dengan cara: (1) pengelolaan kesuburan tanah yang berkelanjutan, terutama tindakan yang mempertahankan atau menyimpan kembali karbon organik tanah; (2) tumpangsari dengan tanaman pendamping yang dipilih dengan tepat; dan (3) diversifikasi lingkungan pertanian melalui pengelolaan habitat (semi) alami pada berbagai skala spasial.

SIMPULAN

Pengendalian hayati dengan pemanfaatan musuh alami dari kelompok parasitoid, predator, dan patogen mampu menekan perkembangan hama *Spodoptera frugiperda* pada tanaman jagung. Efektivitas musuh alami hama *Spodoptera frugiperda* dipengaruhi oleh faktor intrinsik dan ekstrinsik yang saling berhubungan dan bermanfaat secara ekonomi, ekologi, dan sosial untuk produksi tanaman jagung berkelanjutan.

DAFTAR PUSTAKA

- Adriani, E., & Lestari, T. W. W. (2021). Pemanfaatan Agensia Hayati (Parasitoid *Anagyrus lopezi*) Introduksi Bogor Dalam Pengendalian Hama Kutu Putih Singkong (*Phenacoccus manihoti*) Di Gorontalo. *Jurnal Pertanian Berkelanjutan*, 9(1), 18–26.
- Aliffah, A. N., Natsir, N. A., Rijal, M., & Saputri, S. (2020). Pengaruh Faktor Lingkungan Terhadap Pola Distribusi Spasial Dan Temporal Musuh Alami Di Lahan Pertanian. *Biosel: Biology Science and Education*, 8(2), 111. <https://doi.org/10.33477/bs.v8i2.1139>
- Apriliyanto, E., & Sarno. (2018). Pemantauan Keanekaragaman Hama dan Musuh Alami pada Ekosistem Tepi dan Tengah Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Majalah Ilmiah Biologi Biosfera : A Scientific Journal*, 35(2), 69–74. <https://doi.org/10.20884/1.mib.2018.35.2.603>
- Baudron, F., Zaman-Allah, M. A., Chaipa,

- I., Chari, N., & Chinwada, P. (2019). Understanding the factors influencing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) damage in African smallholder maize fields and quantifying its impact on yield. A case study in Eastern Zimbabwe. *Crop Protection*, *120*, 141–150. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.01.028>
- Contreras-Cornejo, H. A., del-Val, E., Macías-Rodríguez, L., Alarcón, A., González-Esquível, C. E., & Larsen, J. (2018). *Trichoderma atroviride*, a maize root associated fungus, increases the parasitism rate of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* by its natural enemy *Campoletis sonorensis*. *Soil Biology and Biochemistry*, *122*(April), 196–202. <https://doi.org/10.1016/j.soilbio.2018.04.013>
- da Silva, D. M., Bueno, A. de F., Andrade, K., Stecca, C. dos S., Neves, P. M. O. J., & de Oliveira, M. C. N. (2017). Biology and nutrition of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) fed on different food sources. *Scientia Agricola*, *74*(1), 18–31. <https://doi.org/10.1590/1678-992x-2015-0160>
- Dong, H., Zhu, K. hui, Zhao, Q., Bai, X. ping, Zhou, J. cheng, & Zhang, L. sheng. (2021). Morphological defense of the egg mass of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) affects parasitic capacity and alters behaviors of egg parasitoid wasps. *Journal of Asia-Pacific Entomology*, *24*(3), 671–678. <https://doi.org/10.1016/j.aspen.2021.05.015>
- Endarto, O., & Wuryantini, S. (2019). Daya Mangsa Predator *Harmonia axyridis* Terhadap Kutu Daun *Mizus persicae* Pada Tanaman Jeruk. *Jurnal Agronida*, *5*(2), 45–50. <https://doi.org/10.30997/jag.v5i2.2311>
- Firake, D. M., & Behere, G. T. (2020). Natural mortality of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) in maize agroecosystems of northeast India. *Biological Control*, *148*(May), 104303. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104303>
- Freitas, J. G. de, Takahashi, T. A., Figueiredo, L. L., Fernandes, P. M., Camargo, L. F., Watanabe, I. M., Foerster, L. A., Fernandez-Triana, J., & Shimbori, E. M. (2019). First record of *Cotesia scotti* (Valerio and Whitfield, 2009) (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) comb. nov. parasitising *Spodoptera cosmioides* (Walk, 1858) and *Spodoptera eridania* (Stoll, 1782) (Lepidoptera: Noctuidae) in Brazil. *Revista Brasileira de Entomologia*, *63*(3), 238–244. <https://doi.org/10.1016/j.rbe.2019.05.001>
- Hannalene Du Plessis;, Schlemmer, M.-L., & Berg, J. Van den. (2020). The Effect of Temperature on the Development of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *MDPI: Insects*, *11*(228), 1–11.
- Harrison, R. D., Thierfelder, C., Baudron, F., Chinwada, P., Midega, C., Schaffner, U., & van den Berg, J. (2019). Agro-ecological options for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda* JE Smith) management: Providing low-cost, smallholder friendly solutions to an invasive pest. *Journal of Environmental Management*, *243*(March), 318–330. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2019.05.011>
- He, L. mei, Jiang, S., Chen, Y. chao,

- Wyckhuys, K. A. G., GE, S. shuai, HE, W., GAO, X. wu, & WU, K. ming. (2021). Adult nutrition affects reproduction and flight performance of the invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 715–726. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63198-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63198-7)
- HE, L. mei, ZHAO, S. yuan, GAO, X. wu, & WU, K. ming. (2021). Ovipositional responses of *Spodoptera frugiperda* on host plants provide a basis for using Bt-transgenic maize as trap crop in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 804–814. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63334-2](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63334-2)
- Herlianadewi, N., Supartha, I., & Sunari, A. (2013). Struktur Komunitas Parasitoid Yang Berasosiasi Dengan *Liriomyza Sativae* (Blanchard) (Diptera:Agromyzidae) Pada Berbagai Tanaman Inang Di Dataran Rendah. *E-Jurnal Agroekoteknologi Tropika (Journal of Tropical Agroecotechnology)*, 2(4), 244–251.
- Herlinda, S., & Irsan, C. (2015). *Pengendalian hayati hama tumbuhan* (2nd ed.). Unsri Press.
- Herlinda, S., Octariati, N., Suwandi, S., & Hasbi. (2020). Exploring entomopathogenic fungi from south sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest, *spodoptera frugiperda*. *Biodiversitas*, 21(7), 2955–2965. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d210711>
- Hruska, A. J. (2019). Fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management by smallholders. *CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources*, 14, 043. <https://doi.org/10.1079/PAVSNR201914043>
- Jannah, M., Supeno, B., & Windarningsih, M. (2021). Keragaman Predator Ulat Gerayak Jagung (*Spodoptera frugiperda*) selama Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays L*) di Desa Ireng Lombok Barat. *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis Ke-45 UNS Tahun 2021*, 5(1), 1134–1152.
- JIA, H. ru, GUO, J. long, WU, Q. lin, HU, C. xing, LI, X. kang, ZHOU, X. yong, & WU, K. ming. (2021). Migration of invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) across the Bohai Sea in northern China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 685–693. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63281-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63281-6)
- Jin, T., Lin, Y., Ma, G., Liu, J., Hao, Z., Han, S., & Peng, Z. (2021). Biocontrol potential of *Trichogramma* species against *Spodoptera frugiperda* and their field efficacy in maize. *Crop Protection*, 150(4), 105790. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105790>
- Khoiri, S., Chumairoh, N., & Rejeki, T. (2020). Perbandingan tingkat parasiswa dan rasio seks antara. *Prosiding Seminar Nasional Fakultas Pertanian Upn “Veteran” Yogyakarta*, 179–187.
- Lazarte, J. N., Valacco, M. P., Moreno, S., Salerno, G. L., & Berón, C. M. (2021). Molecular characterization of a *Bacillus thuringiensis* strain from Argentina, toxic against Lepidoptera and Coleoptera, based on its whole-genome and Cry protein analysis. *Journal of Invertebrate Pathology*, 183(February).

- <https://doi.org/10.1016/j.jip.2021.107563> 105536
- Lira, A. C. de;, Mascarin, G. M., & Delalibera Júnior, Í. (2020). Microsclerotia production of *Metarhizium* spp. for dual role as plant biostimulant and control of *Spodoptera frugiperda* through corn seed coating. *Fungal Biology*, *124*(8), 689–699. <https://doi.org/10.1016/j.funbio.2020.03.011>
- Maharani, Y., Dewi, V. K., Puspasari, L. T., 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. *Cropsaver*, *2*(1), 38–46. <https://doi.org/doi:https://doi.org/10.24198/cropsaver.v2i1.23013>
- Montezano, D. G., Specht, A., Sosa-Gómez, D. R., Roque-Specht, V. F., Sousa-Silva, J. C., Paula-Moraes, S. V., Peterson, J. A., & 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>
- Nadrawati;, Ginting;, S., & Zarkani, A. (2019). Identifikasi Hama Baru Dan Musuh Alaminya Pada Tanaman Jagung, Di Kelurahan Sidomulyo, Kecamatan Seluma, Bengkulu. In *Laporan Penelitian* (Vol. 22, Issue 2). Universitas Bengkulu.
- Navik, O., Shylesha, A. N., Patil, J., Venkatesan, T., Lalitha, Y., & Ashika, T. R. (2021). Damage, distribution and natural enemies of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (J. E. smith) under rainfed maize in Karnataka, India. *Crop Protection*, *143*(January), 105536. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105536>
- Nboyine, J. A., Kusi, F., Abudulai, M., Badii, B. K., Zakaria, M., Adu, G. B., Haruna, A., Seidu, A., Osei, V., Alhassan, S., & Yahaya, A. (2020). A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith), in tropical Africa: Its seasonal dynamics and damage in maize fields in northern Ghana. *Crop Protection*, *127*(September 2019), 104960. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2019.104960>
- Negrisoni, A. S., Garcia, M. S., Barbosa Negrisoni, C. R. C., Bernardi, D., & da Silva, A. (2010). Efficacy of entomopathogenic nematodes (Nematoda: Rhabditida) and insecticide mixtures to control *Spodoptera frugiperda* (Smith, 1797) (Lepidoptera: Noctuidae) in corn crops. *Crop Protection*, *29*(7), 677–683. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.02.002>
- Nonci, N., Kalgutny, Hary, S., Mirsam, H., Muis, A., Azrai, M., & Aqil, M. (2019). Pengenalan Fall Armyworm (*Spodoptera frugiperda* J.E. Smith) Hama Baru Pada Tanaman Jagung Di Indonesia. In *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Balai Penelitian Tanaman Serealia* (Vol. 73).
- Overton, K., Maino, J. L., Day, R., Umina, P. A., Bett, B., Carnovale, D., Ekesi, S., Meagher, R., & Reynolds, O. L. (2021). Global crop impacts, yield losses and action thresholds for fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*): A review. *Crop Protection*, *145*(January), 105641. <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2021.105641>
- Pomari-Fernandes, A., de Freitas Bueno, A., De Bortoli, S. A., & Favetti, B.

- M. (2018). Dispersal capacity of the egg parasitoid *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Platygasteridae) in maize and soybean crops. *Biological Control*, 126(March), 158–168.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2018.08.009>
- Roque-Romero, L., Cisneros, J., Rojas, J. C., Ortiz-Carreón, F. R., & Malo, E. A. (2020). Attraction of *Chelonus insularis* to host and host habitat volatiles during the search of *Spodoptera frugiperda* eggs. *Biological Control*, 140(September 2019), 104100.
<https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2019.104100>
- Sartiami, D., Dadang, Harahap, I. S., Kusumah, Y. M., & Anwar, R. (2020). First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 468(1).
<https://doi.org/10.1088/1755-1315/468/1/012021>
- Shylesha, A. N., Jalali, S. K., Gupta, A., Varshney, R., Venkatesan, T., Shetty, P., Ojha, R., Ganiger, P. C., Navik, O., Subaharan, K., Bakthavatsalam, N., Ballal, C. R., & A., R. (2018). Studies on new invasive pest *Spodoptera frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) and its natural enemies. *Journal of Biological Control*, 32(3), 145–151.
<https://doi.org/10.18311/jbc/2018/21707>
- Silvia Permata Sari. (2019). Keanekaragaman Hayati Musuh Alami Predator Dan Parasitoid Pada Pertanaman Jagung Di Kota Solok. In *Laporan Penelitian*. Universitas Andalas Padang.
- 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. *Journal of Applied Entomology*, 142(8), 800–804.
<https://doi.org/10.1111/jen.12534>
- Sisay, B., Simiyu, J., Mendesil, E., Likhayo, P., Ayalew, G., Mohamed, S., Subramanian, S., & Tefera, T. (2019). Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* infestations in East Africa: Assessment of damage and parasitism. *Insects*, 10(7), 1–10.
<https://doi.org/10.3390/insects10070195>
- Sitepu, B. M. (2018). Peran Tanaman Refugia Terhadap Tingkat Parasitasi Parasitoid Telur Dan Larva Penggerek Batang Padi Kuning (*Scirpohaga incertulas* Walker; Lepidoptera: Pyralidae). In *Universitas Sumatera Utara*. Universitas Sumatera Utara.
- Sopialena. (2018). Pengendalian hayati dengan Memberdayakan Potensi Mikroba. In Aldi Meidian Halim (Ed.), *Mulawarman University Press* (1st ed.). Mulawarman University Press.
- Souza, M. L., Sanches, M. M., Souza, D. A. de, Faria, M., Espinel-Correal, C., Sihler, W., & Lopes, R. B. (2019). Within-host interactions of *Metarhizium rileyi* strains and nucleopolyhedroviruses in *Spodoptera frugiperda* and *Anticarsia gemmatilis* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Invertebrate Pathology*, 162(January), 10–18.
<https://doi.org/10.1016/j.jip.2019.01.006>
- Sumini, & Bahri, S. (2020). the Diversity and Abundance of Natural Enemies

- in Rice Plants Based on the Distance To the Refugia Plants. *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 177–184. <https://jurnal.fp.unila.ac.id/index.php/JA/article/view/3457/2747>
- SUN, X. xu, HU, C. xing, JIA, H. ru, WU, Q. lin, SHEN, X. jing, ZHAO, S. yuan, JIANG, Y. ying, & WU, K. ming. (2021). Case study on the first immigration of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* invading into China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 664–672. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(19\)62839-X](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(19)62839-X)
- Tambo, J. A., Day, R. K., Lamontagne-Godwin, J., Silvestri, S., Beseh, P. K., Oppong-Mensah, B., Phiri, N. A., & Matimelo, M. (2020). Tackling fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) outbreak in Africa: an analysis of farmers' control actions. *International Journal of Pest Management*, 66(4), 298–310. <https://doi.org/10.1080/09670874.2019.1646942>
- Trisyono, Y., Suputa, S., Aryuwandari, V., Hartaman, M., & Jumari, J. (2019). Occurrence of heavy infestation by the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new alien invasive pest, in corn Lampung Indonesia. *Perlindungan Tanaman Indonesia*, 23, 156–160.
- WAN, J., HUANG, C., LI, C. you;, ZHOU, H. xu;, REN, Y. lin;, LI, Z. yuan;, XING, L. sheng;, ZHANG, B., QIAO, X., LIU, B., LIU, C. hui;, XI, Y., LIU, W. xue;, WANG, W. kai;, QIAN, W. qiang;, MCKIRDY, S., & WAN, F. hao. (2021). Biology, invasion and management of the agricultural invader: Fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 646–663. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63367-6](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63367-6)
- Wang, R., Jiang, C., Guo, X., Chen, D., You, C., Zhang, Y., Wang, M., & Li, Q. (2020). Potential distribution of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in China and the major factors influencing distribution. *Global Ecology and Conservation*, 21, e00865. <https://doi.org/10.1016/j.gecco.2019.e00865>
- WU, L. hong, ZHOU, C., LONG, G. yun, YANG, X. bin, WEI, Z. yan, LIAO, Y. jiang, YANG, H., & HU, C. xing. (2021). Fitness of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* to three solanaceous vegetables. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 755–763. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63476-1](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63476-1)
- Xiao, Y. Tao. (2021). Research on the invasive pest of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 633–636. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(21\)63623-7](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(21)63623-7)
- Yang, X. Ming, Song, Y. Fei, Sun, X. Xu, Shen, X. jing, WU, Q. lin, Zhang, H. wen, Zhang, D. dan, Zhao, S. yuan, Liang, G. mei, & WU, K. ming. (2021). Population occurrence of the fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae), in the winter season of China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 772–782. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63292-0](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63292-0)
- Zarkani, A., Ginting, S., Wibowo, R. H., & Sipriyadi. (2020). New Invasive Pest, *Spodoptera Frugiperda* (J. E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) Attacking Corn In Bengkulu, Indonesia. *Serangga*, 25(1), 105–117.

Zhang, D. dan, Xiao, Y. tao, XU, P. jun, Yang, X. ming, WU, Q. lin, & WU, K. ming. (2021). Insecticide resistance monitoring for the invasive populations of fall armyworm,

Spodoptera frugiperda in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 20(3), 783–791. [https://doi.org/10.1016/S2095-3119\(20\)63392-5](https://doi.org/10.1016/S2095-3119(20)63392-5)