

Ulat Grayak, *Spodoptera* spp. :

HAMA POLIFAG, BIOEKOLOGI, DAN
PENGENDALIANNYA



Laksmiwati Prabaningrum
Tonny Koestoni Moekasan

ULAT GRAYAK, *Spodoptera* spp. :
HAMA POLIFAG, BIOEKOLOGI DAN
PENGENDALIANNYA

**ULAT GRAYAK, *Spodoptera* spp. :
HAMA POLIFAG, BIOEKOLOGI DAN
PENGENDALIANNYA**

Penulis :

**Laksmiwati Prabaningrum
Tonny Koestoni Moekasan**

**IAARD PRESS
J A K A R T A
2 0 2 2**

Ulat Grayak, *Spodoptera* spp.: Hama Polifag, Bioekologi dan Pengendaliannya
Laksmiwati Prabaningrum

@2022 IAARD PRESS

Hak cipta dilindungi Undang-undang ada pada Penerbit IAARD PRESS. Hak Penerbitan ada pada Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Dilarang menggandakan sebagian atau seluruh isi buku ini dengan cara apapun tanpa izin dari Penerbit.

Katalog dalam terbitan

PRABANINGRUM, Laksmiwati

Ulat Grayak, *Spodoptera* spp.: Hama Polifag, Bioekologi dan Pengendaliannya/
penulis, Laksmiwati Prabaningrum dan Tonny Koestoni Moekasan; editor, Ahsol
Hasyim dan Nikardi Gunadi. - - Cet. ke-1. - - Jakarta: IAARD Press, 2022.

xvi, 102 hlm.; 21 cm.

ISBN: 978-602-344-325-3

1. *Spodoptera* spp. 2. Hama polifag 3. Bioekologi 4. Pengendalian
I. Judul II. Moekasan, T.K. III. Hasyim, Ahsol

632.93:631

Penulis:

Laksmiwati Prabaningrum
Tonny Koestoni Moekasan

Editor:

Prof. Dr. Ahsol Hasyim, MS
Dr.Ir. Nikardi Gunadi, MS

Perancang Kulit Muka dan Tata Letak:

Fauzi Haidar

Penerbit

IAARD PRESS

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian

Jl, Ragunan No 29, Pasar Minggu, Jakarta 12440

Telp. (021) 7806202, Fak. (021) 7800644

Email: iaardpress@litbang.pertanian.go.id

Anggota IKAPI No: 445/DKI/2012

KATA PENGANTAR

Salah satu kendala dalam pemenuhan pangan manusia ialah adanya kerusakan tanaman akibat serangan hama. Hama ulat grayak *Spodoptera* spp. hama polifag yang menyerang tanaman pangan dan hortikultura serta dapat mengakibatkan kerugian yang sangat besar. Dalam rangka menekan kerugian tersebut, perlu dikenali bioekologi hama tersebut dan cara pengendaliannya harus dikelola secara baik menggunakan cara pengelolaan hama terpadu (PHT) yang ramah lingkungan agar usaha pengendalian tidak menimbulkan masalah yang baru.

Pada umumnya petani hanya mengandalkan pengendalian kimiawi menggunakan insektisida kimia sintetis untuk mengendalikan ulat grayak. Namun, praktik tersebut tidak didasari dengan pengetahuan tentang penanganan dan aplikasi insektisida yang benar. Akibatnya, hama tersebut justru semakin sulit dikendalikan dan petani dipacu untuk semakin meningkatkan dosis, melakukan pencampuran insektisida dan memperpendek interval penyemprotan menurut pemahaman mereka sendiri.

Buku “Ulat Grayak, *Spodoptera* spp.: Hama Polifag, Bioekologi dan Pengendaliannya” ditulis oleh Laksmiawati Prabaningrum dan Tonny Koestoni Moekasan, peneliti ahli utama bagian Entomologi dan Fitopatologi di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) di Lembang, Bandung Barat, Jawa Barat. Data dan informasi yang digunakan dalam buku ini merupakan hasil rangkuman dari berbagai sumber dan hasil penelitian dari kedua penulis selama berkarir di

Balitsa. Buku tersebut mengupas tentang bioekologi ulat grayak, yang penting diketahui sebagai landasan dalam menyusun strategi pengendalian. Selain itu juga menyajikan beberapa komponen PHT yang mengedepankan cara-cara pengendalian hama yang ramah lingkungan. Oleh karena itu, informasi dalam buku ini dirasakan sangat bermanfaat dalam upaya melakukan pengendalian ulat grayak dan sangat perlu diketahui oleh petani, PPL (Petugas Penyuluh Lapangan) dan POPT (Pengamat Organisme Pengganggu Tumbuhan) serta pelaku usaha tani serta praktisi pertanian lainnya.

Jakarta, Juni 2021

Editor

PRAKATA

Puji syukur kami panjatkan ke hadirat Tuhan Yang Maha Esa, karena atas karuniaNya penulis dapat menyelesaikan penyusunan buku ini. Buku ini disusun sebagai tanggung jawab kami sebagai peneliti hama di Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.

Ulat grayak, *Spodoptera* spp. merupakan hama penting tanaman pangan dan hortikultura. Sifatnya polifag, sehingga tanaman inangnya sangat banyak dan beragam. Kerusakan tanaman dan kerugian yang diakibatkan sangat besar. Perubahan iklim yang terjadi mulai beberapa dekade yang lalu antara lain telah menyebabkan kenaikan rata-rata suhu udara. Serangga, termasuk ulat grayak merupakan organisme poikiloterm, artinya suhu tubuhnya dipengaruhi oleh suhu lingkungannya. Dengan adanya kenaikan suhu udara, suhu tubuhnyaapun meningkat dan hal itu menyebabkan peningkatan metabolisme di dalam tubuhnya. Akibatnya, daur hidupnya semakin pendek. Dengan demikian, jumlah generasi per tahun semakin meningkat, yang berarti populasinya semakin tinggi pula. Kondisi tersebut tentu akan mempersulit pengendaliannya dan akan meningkatkan kerusakan tanaman dan kerugian budidaya tanaman.

Pengendalian yang umum dilakukan oleh petani adalah menggunakan insektisida dengan dosis yang kurang tepat, jumlah

aplikasi yang tinggi, melakukan pencampuran insektisida lebih dari dua jenis serta tanpa mengindahkan cara kerja insektisida tersebut. Salah satu akibatnya ialah terjadinya resistensi ulat grayak, yang menyebabkan pengendalian hama tersebut semakin sulit.

Dalam konsepsi PHT pengetahuan mengenai bioekologi hama menjadi landasan dalam menentukan strategi pengendalian. Penulis memberikan informasi mengenai bioekologi *Spodoptera* spp. yang ada di Indonesia. Selain itu juga teknologi PHT yang menawarkan cara-cara pengendalian yang ramah lingkungan. Jika pilihan jatuh pada penggunaan insektisida, hendaknya dilakukan berdasarkan hasil pengamatan ambang pengendalian dan rotasi penggunaan insektisida berdasarkan cara kerja (*mode of action*). Penulis berharap informasi tersebut dapat bermanfaat bagi pembaca, terutama petani dan pelaku usaha tani dalam pengendalian ulat grayak.

Penulis mengucapkan terima kasih kepada berbagai pihak yang telah membantu dan mendukung penyusunan buku ini. Kami juga mengharapkan segala kritik dan saran yang membangun untuk perbaikan buku yang masih jauh dari sempurna ini.

Lembang, Mei 2021

Penulis

DAFTAR ISI

KATA PENGANTAR	iii
PRAKATA	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	xi
DAFTAR TABEL	xv
Bab.1 PENDAHULUAN	1
Bab. 2 BIOEKOLOGI <i>Spodoptera</i> spp.	5
2.1. Ulat grayak litura (<i>S. litura</i>)	6
2.1.1. Sebaran dan tanaman inang	6
2.1.2. Daur hidup	6
2.2. Ulat grayak eksigua (<i>S. exigua</i>)	8
2.2.1. Sebaran dan tanaman inang	8
2.2.2. Daur hidup	9
2.3. Ulat grayak eksemta (<i>S. exempta</i>)	11
2.3.1. Sebaran dan tanaman inang	11
2.3.2. Daur hidup	11
2.4. Ulat grayak mauritia (<i>S. mauritia</i>)	12

	2.4.1. Sebaran dan tanaman inang	12
	2.4.2. Daur hidup	13
	2.5. Ulat grayak jagung (<i>S. frugiperda</i>)	14
	2.5.1. Sebaran dan tanaman inang	14
	2.5.2. Daur hidup	15
Bab. 3	PENGENDALIAN <i>Spodoptera</i> spp. YANG UMUM DILAKUKAN DAN DAMPAKNYA	19
	3.1. Resistensi <i>Spodoptera</i> spp.	20
	3.2. Mekanisme terjadinya resistensi	23
	3.3. Pengelolaan resistensi insektisida (Insecticide resistance management-IRM)	24
Bab. 4	KOMPONEN TEKNOLOGI PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT) <i>Spodoptera</i> spp.	27
	4.1. Pengendalian kultur teknis	27
	4.2. Penggunaan varietas tanaman tahan hama	29
	4.3. Pengendalian hayati	30
	4.3.1. Parasitoid	30
	4.3.2. Cendawan	31
	4.3.3. Bakteri	32
	4.3.4. Nematoda	32
	4.3.5. Virus	32
	4.4. Pengendalian secara fisik	33
	4.4.1. Perangkap lampu	33
	4.4.2. Penggunaan rumah kasa	34
	4.5. Pengendalian secara mekanik	35

	4.6. Pengendalian kimiawi	35
	4.6.1. Biopestisida nabati	36
	4.6.2. Biopestisida mikroba	37
	4.6.3. Feromonoid seks	37
	4.6.4. Insektisida sintetik	38
Bab. 5	PENERAPAN TEKNOLOGI PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT) <i>Spodoptera</i> spp.	41
Bab. 6	PELUANG DAN TANTANGAN PENERAPAN PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT) DI INDONESIA	53
	6.1. Peluang penerapan PHT <i>Spodoptera</i> spp.	53
	6.1.1. Terbukanya pasar produk pertanian yang aman dikonsumsi	53
	6.1.2. Teknologi pengendalian <i>Spodoptera</i> spp. yang telah dihasilkan	55
	6.1.3. Teknologi pengendalian yang telah siap diterapkan dan kendalanya	56
	6.2. Tantangan penerapan PHT <i>Spodoptera</i> spp. ...	57
	6.2.1. Hilirisasi teknologi PHT yang mempunyai potensi dikembangkan	57
	6.2.2. Persamaan persepsi dan komitmen para pemangku kepentingan tentang konsepsi PHT	58
	6.2.3. Sosialisasi teknologi PHT kepada pemangku kepentingan	60
Bab. 7	PENUTUP	63
	DAFTAR PUSTAKA	67

GLOSARIUM	95
INDEKS	99
DAFTAR RIWAYAT HIDUP	101

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1	Kelompok telur <i>S. litura</i>	6
Gambar 2	Larva <i>S. litura</i>	7
Gambar 3	Imago <i>S. litura</i>	8
Gambar 4	Imago <i>S. exigua</i>	9
Gambar 5	Kelompok telur <i>S. exigua</i>	10
Gambar 6	Larva <i>S. exigua</i>	10
Gambar 7	Larva <i>S. exempta</i>	12
Gambar 8	Larva <i>S. mauritia</i>	13
Gambar 9	Kelompok telur <i>S. frugiperda</i>	15
Gambar 10	Larva <i>S. frugiperda</i>	16
Gambar 11	Imago <i>S. frugiperda</i>	16
Gambar 12	Pengolahan tanah yang baik dan dalam dapat mengangkat pupa <i>Spodoptera</i> spp. ke permukaan tanah	28
Gambar 13	Penggunaan mulsa plastik hitam perak untuk menekan serangan ulat grayak	29
Gambar 14	<i>Telenomus remus</i> pada telur <i>S. litura</i>	31
Gambar 15	Larva <i>S. frugiperda</i> yang terserang oleh cendawan <i>B. bassiana</i>	31

Gambar 16	Larva <i>S. litura</i> yang terserang oleh NPV	33
Gambar 17	Perangkap lampu tenaga matahari untuk pengendalian <i>Spodoptera</i> spp.	34
Gambar 18	Penggunaan rumah kasa untuk menekan hama <i>Spodoptera</i> spp. pada budidaya cabai	34
Gambar 19	Pengendalian secara mekanik dengan cara mengumpulkan kelompok telur, larva dan daun-daun yang terserang oleh <i>Spodoptera</i> spp.	35
Gambar 20	Larva <i>S.litura</i> yang terserang oleh <i>B. thuringiensis</i>	37
Gambar 21	Kapsul Feromon-Exi untuk mengendalikan hama <i>S.exigua</i>	38
Gambar 22	Budidaya bawang merah di dalam rumah kasa untuk menekan serangan hama <i>Spodoptera</i> spp. di dataran rendah Cirebon, Jawa Barat	42
Gambar 23	Perangkap Feromon-Exi pada tanaman bawang merah di Enrekang	42
Gambar 24	Penggunaan perangkap lampu pada budidaya cabai untuk menekan serangan hama <i>Spodoptera</i> spp. di Garut, Jawa Barat	44
Gambar 25	Tanaman refugia yang ditanam di pinggiran sawah untuk tempat tinggalnya musush alami ..	56
Gambar 26	Sachet Spical Ulti-Mite yang berisi predator mite <i>Neoseiulus californicus</i> untuk mengendalikan tungau pada tanaman sayuran, hias dan buah	57

Gambar 27	Biofungisida yang mengandung <i>Trichoderma harzianum</i> T-22 untuk mengendalikan penyakit tular tanah seperti <i>Pythium</i> spp., <i>Rhizoctonia</i> spp., <i>Fusarium</i> spp., dan <i>Sclerotinia</i>	58
Gambar 28	Kantung kertas yang berisi 125.000 predator mite (<i>Amblyseius cucumeris</i>) untuk mengendalikan hama trips produksi BioBest ...	58
Gambar 29	Sekolah lapangan pengelolaan hama terpadu (SL-PHT) pada budidaya bawang merah untuk menekan serangan ulat grayak eksigua di Brebes, Jawa Tengah yang diselenggarakan oleh Prognas PHT-Bappenas pada tahun 1992-1995	59

DAFTAR TABEL

Tabel 1	Insektisida yang diijinkan beredar di Indonesia dan direkomendasikan untuk mengendalikan ulat grayak	20
Tabel 2	Resistensi tiga spesies <i>Spodoptera</i> terhadap insektisida di berbagai tempat di dunia	21
Tabel 3	Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) <i>S.exigua</i> dan <i>S.litura</i> pada budidaya bawang merah	43
Tabel 4	Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) <i>S.litura</i> pada budidaya cabai	45
Tabel 5	Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) <i>S.litura</i> pada budidaya brokoli, kubis, dan wortel	46
Tabel 6	Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) <i>S.litura</i> pada budidaya kedelai	47
Tabel 7	Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) pada budidaya jagung	48

Bab 1.

PENDAHULUAN

Ulat grayak, *Spodoptera* spp. merupakan hama utama tanaman yang tersebar di seluruh dunia. Hama ini sangat polifag dengan spektrum tanaman inang yang sangat luas dan memiliki kemampuan adaptasi, mobilitas dan fekunditas serta kemampuan menjadi resisten yang tinggi (Qin *dkk.* 2004; Xue *dkk.* 2010; Kandagal & Khetagoudar 2013; Shashak *dkk.* 2021). Ayil-Gutierrez *dkk.* (2018) menyebutkan bahwa genus *Spodoptera* merugikan secara ekonomis pada berbagai tanaman. Bragard *dkk.* (2019) dan Divya (2016) menyebutkan bahwa paling tidak terdapat 40 famili tanaman bernilai ekonomi tinggi yang diserangnya. Semua bagian tanaman dimakannya, sehingga kerusakan yang diakibatkan cukup serius. Sementara Wu *dkk.* (2004) melaporkan 99 famili tanaman telah diserangnya.

Dilaporkan bahwa kerusakan tanaman bawang merah yang diakibatkan oleh serangan *Spodoptera exigua* berkisar antara 20 - 100% (Udiarto *dkk.* 2005; Prasetyo 2015), sementara kerusakan tanaman jagung akibat serangan *Spodoptera frugiperda* di Sulawesi Tengah sebesar 62,24% dan di Afrika sebesar 48% (Arfan *dkk.* 2020; Njuguna *dkk.* 2021). Laporan Marwoto & Suharsono (2008) menyebutkan bahwa *Spodoptera litura* merupakan hama utama kedelai. Hampir 60% pertanaman kedelai di musim kemarau atau yang ditanam setelah padi rawan terserang hama tersebut. Bahkan Fateha *dkk.* (2021) menyatakan bahwa kehilangan hasil kedelai dapat mencapai 100%. Sharma & Sharma (2018) menyatakan bahwa *S.*

litura sangat rakus dan menyerang semua stadia tanaman cabai dan Vijayalakshmi dkk. (2016) menyebutkan bahwa kehilangan hasil cabai akibat serangannya mencapai 40-50%. Kehilangan hasil kubis oleh serangan *S. litura* berkisar antara 25,8 – 100% (Sahu dkk. 2020). *Spodoptera exempta* atau yang disebut sebagai ulat grayak Afrika mampu mengakibatkan kehilangan hasil tanaman dan rumput di Kenya hingga 90% (Faithpraise dkk. 2014). Sementara *Spodoptera mauritia* yang umumnya menyerang tanaman padi yang berumur kurang dari 20-25 hari mengakibatkan kehilangan hasil 10-20%, tetapi jika terjadi ledakan populasi dapat mengakibatkan kerusakan berat (Reddy dkk.2020). Pengendalian yang tidak tepat terhadap *Spodoptera frugiperda* yang menyerang tanaman jagung di Afrika menyebabkan kerugian ekonomi sebesar USD 2,2 – 5,5 miliar per tahun (OCHA Service 2021).

Perubahan iklim yang terjadi sejak beberapa dekade yang lalu antara lain telah mengakibatkan kenaikan rata-rata suhu udara 1 - 4 °C (Gregory dkk. 2009). Salah satu dampaknya terhadap kehidupan serangga hama ialah jumlah generasi meningkat dan hama berekspansi ke wilayah yang lebih luas. Selanjutnya berpengaruh terhadap keseimbangan ekologi karena terjadi perubahan populasi serangga hama yang tidak dapat diprediksi (Fand dkk. 2012). Dengan demikian, kewaspadaan terhadap hama *Spodoptera* spp. harus semakin ditingkatkan. Selain itu hendaknya pengendalian yang dilakukan juga harus efektif dan efisien serta ramah lingkungan.

Dalam konsepsi pengelolaan hama terpadu (PHT), pengetahuan tentang biologi dan ekologi harus dijadikan landasan agar pengendaliannya efektif dan tepat sasaran. Untuk menekan ketergantungan terhadap satu cara pengendalian saja dalam pengendalian ulat grayak, ketersediaan dan penerapan komponen teknologi pengendalian yang ramah lingkungan tidak dapat ditawar lagi, yang meliputi pengendalian secara kultur teknis, biologi, fisik, serta kimiawi dengan menggunakan insektisida sebagai pilihan terakhir secara rasional berdasarkan hasil pengamatan ambang pengendalian.

Buku ini mengupas tentang bioekologi ulat grayak yang ditemukan di Indonesia, yang penting diketahui sebagai landasan

menyusun strategi pengendalian. Selanjutnya dikemukakan upaya pengendalian yang umum dilakukan oleh petani dan dampak yang ditimbulkannya. Pada bab-bab berikutnya diuraikan komponen teknologi pengendalian ulat grayak, penerapannya serta tantangan yang dihadapi dalam penerapan PHT. Dengan demikian buku ini diharapkan dapat menjadi sumber pengetahuan untuk menekan kerugian yang ditimbulkan oleh hama ulat grayak melalui pengelolaan hama terpadu.

Bab 2.

BIOEKOLOGI *Spodoptera* spp.

Identifikasi secara tepat mengenai hama sasaran merupakan langkah awal dalam pengendalian agar dapat ditetapkan cara pengendaliannya yang tepat. Namun demikian, identifikasi dan deskripsi morfologi genus *Spodoptera* tidaklah mudah karena pola warna sayap, tipe tungkai dan bentuk antena yang mempunyai kemiripan yang dekat. Oleh karena itu diperlukan pemeriksaan organ dalam. Identifikasi stadia muda lebih sulit daripada yang imago. Perubahan warna sering terjadi selama perkembangan larva dan larva instar awal adalah yang paling sulit diidentifikasi (Lammers 2013; Sarwar *dkk.* 2021).

Menurut Pogue (2011), genus *Spodoptera* terdiri atas 31 spesies yang sudah pasti, yang merupakan hama penting tanaman pangan. Hasil laporan Kalshoven (1980) menunjukkan bahwa terdapat empat spesies yang ditemukan di Indonesia, yaitu *S. litura*, *S. exigua*, *S. exempta* dan *S. mauritia*. Namun Sartiami *dkk.* (2019) melaporkan bahwa telah ditemukan spesies asal Benua Amerika di Sumatera Barat, yaitu *Spodoptera frugiperda* yang disebut sebagai *fall armyworm* yang menyerang tanaman jagung. Selanjutnya, berbagai laporan menyatakan bahwa hama tersebut telah menyebar ke Banten, Bengkulu, Lampung, Sumatera Selatan bahkan sampai ke Sulawesi Utara (Sartiami *dkk.* 2020; Lestari *dkk.* 2020; Hutasoit *dkk.* 2020; Herlinda *dkk.* 2020; Mamahit *dkk.* 2020; Gustianingtyas *dkk.* 2021). Spesies ulat grayak tersebut memakan daun, batang, bunga, buah dan titik tumbuh tanaman jagung (Ginting *dkk.* 2020).

2.1. Ulat grayak litura (*S. litura*)

2.1.1. Sebaran dan tanaman inang

S. litura tersebar di Asia, Afrika, Amerika Utara (USA), Eropa (Perancis, Portugal dan Rusia) serta Oceania (Northern Territory Government 2020). Ahmad *dkk.* (2013) melaporkan bahwa *S. litura* yang disebut sebagai ulat grayak tembakau atau ulat grayak kapas berasal dari Asia Tenggara dan India dan telah menjadi hama penting di Asia Pasifik.

Tanaman inangnya sangat beragam, seperti tembakau, kacang tanah, cabai, bawang, jarak, kubis, tanaman serat, sayuran dan tanaman hias (Kalshoven 1980). Ahmad *dkk.* (2013) menyebutkan bahwa inangnya meliputi famili Malvaceae, Graminae, Euphorbiaceae, Cruciferae, Umbelliferae, Araceae, Solanaceae, Chenopodiaceae, Alliaceae, Leguminasae, Capparidaceae, Labitaceae, Compositae, Rosaceae, Oleaceae, Anacardiaceae, Apocynaceae, Moraceae, Tileaceae, Myrtaceae, Meliaceae dan Fabaceae.

2.1.2. Daur hidup

Telur berbentuk lonjong, kadang agak pipih, berdiameter 0,6 mm dan diletakkan dalam kelompok yang terdiri atas ratusan butir, ditutupi oleh sisik mirip rambut-rambut berwarna coklat muda (Kalshoven 1980). Seekor ngengat betina mampu menghasilkan 2000-3000 butir telur sepanjang hidupnya (Kalshoven 1980). Serangga ini berkembang baik pada kisaran suhu 26 – 35,1 °C dan kelembaban 62-89% (Selvaraj *dkk.* 2010).



Gambar 1.
Kelompok telur *S. litura*
(Foto : T.K. Moekasan)

Larva muda berwarna hijau dengan toraks dan kepala hitam. Selanjutnya warna larva bervariasi dan mempunyai pola berwarna merah dan kuning dengan garis hijau dan spot hitam sepanjang sisi samping abdomen. Juga terdapat noktah hitam di belakang kepala. Larva tua coklat tua dengan tiga garis tipis berwarna kuning atau jingga muda sepanjang tubuhnya. Selain itu terdapat noktah hitam berbentuk setengah lingkaran pada setiap ruas abdomen. Larva instar terakhir berukuran panjang 50 mm atau lebih (Northern Territory Government 2020). Periode larva berlangsung rata-rata selama 15,6 hari pada tanaman jarak (Kalshoven 1980). Hasil penelitian Ramaiah & Maheswari (2018) menunjukkan bahwa pada tanaman jarak, larva *S. litura* terdiri atas lima instar, sementara Fattah & Ilyas (2016) melaporkan pada kedelai dapat mencapai enam instar.



Gambar 2.
Larva *S. litura*
(Foto : T.K. Moekasan)

Pada awalnya pupa berwarna kuning pucat, kemudian menjadi coklat kemerahan gelap (Ramaiah & Maheswari 2018). Pupa di dalam tanah pada kedalaman 5-6 cm, terbungkus selongsong berbentuk silinder. Periode pupa berlangsung selama 7,36 hari (Kalshoven 1980).

Ngengat betina mempunyai sayap depan berwarna coklat dengan bercak-bercak coklat muda. Sayap belakang putih dengan pinggiran coklat. Panjang rentangan sayap 35-40 mm. Seekor ngengat betina

mampu menghasilkan 2000-3000 butir telur sepanjang hidupnya (Kalshoven 1980).



Gambar 3.
Ngengat *S. litura*
(Sumber : Pest-and-disease-of-cocoyam-in-Ghana.pub.plantwise.org)

Total daur hidupnya rata-rata selama 34,85 hari (Deepak *dkk.* 2020). Fattah & Ilyas (2016) dan Yogesh & Swarnali (2019) mencatat bahwa daur hidup hama tersebut pada tanaman kedelai dan kubis berturut-turut selama 28-32 hari dan 33,95 hari. Narverkur *dkk.* (2018) melaporkan bahwa perbandingan jantan betina sebesar 0,7:1.

2.2. Ulat grayak eksigua (*S. exigua*)

2.2.1. Sebaran dan tanaman inang

S. exigua , yang disebut sebagai *beet armyworm* atau ulat bawang ditemukan di 67 negara di seluruh dunia, 70% di antaranya terdapat di Afrika dan Asia. Penelitian terbaru menyebutkan sebaran serangga tersebut telah mencapai di 101 negara karena telah mencapai Eropa Utara dan Amerika Selatan. Dikatakan selanjutnya bahwa *S. exigua* tersebar dari 64 °LU hingga 45 °LS (Zheng *dkk.* 2011).

Kisaran tanaman inangnya sangat luas, termasuk terung, cabai, sorgum, tembakau, seledri, asparagus, kedelai, beet, kubis, kubis bunga, brussel sprout, tomat, jagung, kapas, selada, kacang-kacangan, alfalfa, bawang merah, tanaman padang rumput dan berbagai tumbuhan liar (Abdullah *dkk.* 2000; Capinera 2017).

2.2.2. Daur hidup

Seekor ngengat betina mampu meletakkan 10 kelompok telur, yang masing-masing terdiri atas 30-140 butir. Telur diletakkan dalam kelompok berbentuk oval, berwarna putih dan ditutupi oleh selaput (Kalshoven 1980).



Gambar 4.
Imago *S. exigua*
(Sumber : IITA Insect
Museum, Cotonou,
Benin)

Sayap depan coklat berbintik abu-abu dengan pola tidak beraturan dan noktah kuning emas. Sayap belakang abu-abu seragam atau putih dengan garis gelap pada tepinya (Kalshoven 1980; Mustafa 2006). Ngengat betina yang sudah dikawini akan menghasilkan telur 5-6 hari setelah muncul (Faharani *dkk.* 2012). Seekor ngengat betina mampu menghasilkan 2000-3000 butir telur sepanjang hidupnya (Kalshoven 1980).

Segera setelah menetas, larva masuk ke ujung daun bawang. Mereka hidup secara berkelompok, tetapi kemudian menyebar setelah daun habis dikonsumsi. Azidah & Sofian-Azirun (2007) mencatat bahwa di Malaysia ulat grayak *exigua* terdiri atas 6 instar (pada kubis dan kacang panjang) dan 8 instar (pada bawang merah dan okra). Capinera (2017) mencatat bahwa larva instar ke-1 dan ke-2 berwarna hijau pucat atau kuning. Pada instar ke-3 terdapat garis-garis pucat. Bagian dorsal larva instar ke-4 berwarna gelap dan mempunyai garis

lateral gelap. Warna larva instar ke-5 bervariasi, tetapi cenderung berwarna hijau pada bagian dorsal dengan warna putih atau kuning pada bagian ventral dan garis putih pada bagian lateral. Sederet spot hitam ada pada bagian dorsal dan dorsolateral. Tubuhnya hampir tanpa bulu.



Gambar 5.
Kelompok telur *S. exigua* (Sumber : Moekasan dkk. 2005)



Gambar 6.
Larva *S. exigua*
(Sumber : Moekasan dkk. 2005)

Pupa berwarna coklat muda, berukuran panjang 15-20 mm, terletak pada kedalaman 1,1-2 cm. Pada kedalaman tersebut suhu tanah hangat dan memudahkan kemunculan imago. Periode pupa berlangsung selama 6-7 hari pada kondisi suhu hangat (Zheng dkk. 2011; Capinera 2017). Rata-rata daur hidupnya pada bawang merah 9-

14 hari (Kalshoven 1980) dan pada kedelai 28,8 – 32 hari (Faharani *dkk.* 2012).

2.3. Ulat grayak eksemta (*S. exempta*)

2.3.1. Sebaran dan tanaman inang

Hama ini disebut sebagai *African armyworm* yang distribusinya meliputi Sub-Saharan Africa, Asia, Australia, New Zealand dan Hawaii. Ulat grayak eksemta menyerang tanaman padi, jagung, dan tebu yang masih muda (Kalshoven 1980; Tomponu 2014; Escasa *dkk.* 2019; Northern Territory Government 2020). Di Afrika, kepadatan populasinya dapat mencapai 200-1000 larva per m² (Redman *dkk.* 2010).

S. exempta merupakan hama penting tanaman dari famili Graminae dan Cyperaceae seperti barley, millet, jagung, oat, padi, sorgum, tebu, gandum, rumput (Brown 2015). Spesies ini sangat karakteristik karena kemunculannya yang tiba-tiba dan misterius dalam jumlah banyak. Ledakan populasi pernah terjadi di Jawa pada tahun 1930 dengan penyebab yang kurang jelas (Kalshoven 1980).

2.3.2. Daur hidup

Telur berwarna kuning pucat, diletakkan pada sisi bawah daun, dalam kelompok yang terdiri atas 50-100 butir dan diselimuti oleh selaput yang berwarna kehitaman (Kalshoven 1980).

Larva terbagi menjadi dua bentuk, yaitu gregarius pada populasi tinggi dan soliter pada populasi rendah. Larva gregarius mempunyai ciri permukaan dorsal seperti beludru dengan garis lateral pucat, permukaan ventral hijau atau kuning pucat dan tanpa bulu. Terdapat tiga garis sejajar pada permukaan protoraks atas, satu strip panjang pada permukaan tengah dorsal dan kepalanya hitam mengilat. Larva soliter berwarna hijau coklat, gemuk dan sangat malas (Gunn 2003). Periode larva berlangsung selama 13-18 hari (Kalshoven 1980).

Serangga ini berkepompong di tempat kering di bawah permukaan tanah seperti akar rumput atau gulma pada kedalaman 2-3

cm. Pupa coklat mahoni, panjang 10-14 mm dan sulit dibedakan dengan pupa spesies Spodoptera lainnya (Rose 1975).

Ngengat berukuran paanjang 14-18 mm. Abdomen ditutupi dengan sisik abu-abu coklat kecuali ujung abdomen betina yang sisiknya hitam, yang merupakan ciri spesies ini. Bentangan sayap sepanjang 29-34 mm. Sayap depan berwarna coklat tua dengan tanda-tanda kelabu hitam. Daur hidupnya sekitar 25 hari (Kalshoven 1980).



Gambar 7.
Larva *S.exempta* (Foto:
Rikus Kloppers/PANNAR
Seed (Pty) Ltd,
Greytown, South Africa)

2.4. Ulat grayak mauritia (*S. mauritia*)

2.4.1. Sebaran dan tanaman inang

Ulat grayak mauritia disebut juga *paddy swarming caterpillar*, ditemukan di Sumatra, Kalimantan dan Sulawesi Selatan. Di Jawa khususnya di Banyumas dan Yogyakarta. Sebaran di luar negeri meliputi Afrika Barat, Asia Tenggara, Australia dan Pasifik, termasuk Hawaii (Kalshoven 1980).

Spesies ini ditemukan menyerang famili Graminae seperti padi, tebu, jagung dan rumput-rumputan. Umumnya hama ini menyerang pesemaian yang berumur 2-20 hari dan tanaman padi yang berumur kurang dari 6 minggu setelah pindah tanam. Larva sangat rakus makan pada malam hari dan bersembunyi pada siang hari. Populasi larva meningkat dengan aplikasi pupuk Nitrogen yang berlebihan. Ledakan terjadi setelah musim kemarau panjang yang diikuti oleh hujan deras. Panasnya musim kemarau akan membunuh musuh alami dan banjir

memaksa larva *S. mauritia* berdiam pada tanaman (Tanwar *dkk.* 2010).

2.4.2. Daur hidup

Daur hidup *S. mauritia* sekitar 29-31 hari di Bogor (Kalshoven 1980), sedangkan di Assam, India dilaporkan sekitar 25-40 hari pada kondisi suhu dan kelembaban yang cocok (Tanwar *dkk.* 2010).

Telur diletakkan di sisi bawah daun rumput dalam kelompok yang berbentuk lonjong, terdiri atas 50-400 butir, ditutupi oleh lapisan berwarna abu-abu coklat. Oviposisi jarang terjadi pada tanaman padi, melainkan di rumput, kemudian larva bermigrasi ke tanaman padi. Seekor ngengat betina menghasilkan 1.500 butir telur selama hidupnya. (Kalshoven 1980).

Larva biasanya menetas pada pagi hari, sangat aktif menggaruk epidermis daun mulai dari ujung daun. Larva muda berwarna hijau muda dengan garis-garis pada pinggir dan punggung yang berwarna putih kekuningan. Selanjutnya warna larva menjadi coklat keabu-abuan dengan spot hitam pada setiap sisi segmen tubuhnya. Jika diganggu, tubuh larva melingkar, seperti karakteristik ulat tanah dan ulat grayak pada umumnya (Tanwar *dkk.* 2010).



Gambar 8.
Larva *S.mauritia* (Sumber : Shepard *dkk.* 1995)

Ngengat berwarna coklat tua, berukuran panjang 15-20 mm dan sayapnya 30-40 mm jika direntangkan. Sayap depan ngengat betina

coklat keabu-abuan dengan garis bergelombang dan spot hitam di tengahnya. Sayap ngengat jantan lebih keabu-abuan. Sayap belakang putih kecoklatan dengan pinggiran berwarna hitam. Ngengat mampu terbang menempuh jarak yang jauh untuk mencari tempat bertelur (Tanwar *dkk.* 2010).

2.5. Ulat grayak jagung (*S. frugiperda*)

2.5.1. Sebaran dan tanaman inang

Ulat grayak jagung atau yang disebut sebagai *fall armyworm*, berasal dari benua Amerika, dari Canada sampai Argentina. Pada tahun 2016, *S. frugiperda* menginvasi Nigeria, Ghana, dan Cameron dan dalam waktu dua tahun telah menyebar ke lebih dari 20 negara Sub Saharan. Pada Mei 2018 ditemukan di Asia (India, Thailand, Srilanka, Bangladesh, Vietnam, Laos), pada Januari 2019 terpantau di China, pada Juni 2019 sudah mencapai Taiwan dan pada 3 Juni terdeteksi di Jepang (Kuate *dkk.* 2019; Tsai *dkk.* 2020).

Keberadaan ulat grayak jagung di Indonesia pertama kali dilaporkan oleh Sartiami *dkk.* (2020), yang menemukannya di Sumatera Barat pada 26 Maret 2019. Selanjutnya, berbagai laporan menyatakan bahwa hama tersebut telah menyebar ke Banten, Bengkulu, Lampung, Sumatera Selatan bahkan sampai ke Sulawesi Utara (Lestari *dkk.* 2020; Hutasoit *dkk.* 2020; Herlinda *dkk.* 2020; Mamahit *dkk.* 2020; Gustianingtyas *dkk.* 2021). Ulat grayak jagung memakan daun, batang, bunga, buah dan titik tumbuh tanaman jagung (Ginting *dkk.* 2020). Hama tersebut dilaporkan telah mengakibatkan kerusakan di Sulawesi Utara sekitar 30-100% (Mamahit *dkk.* 2020), di Sulawesi Tengah sebesar 62,24% (Arfan *dkk.* 2020), di Nusa Tenggara Timur sebesar 85-100% (Mukkun *dkk.* 2021) dan di Afrika sebesar 20-50% (Day *dkk.* 2017; Feldmann *dkk.* 2019; Njuguna *dkk.* 2021).

Menurut Montezano *dkk.* (2018), tanaman inangnya sangat banyak, terdiri atas 76 famili dan taxa yang paling banyak dilaporkan adalah dari famili Poaceae (106 taxa), Asteraceae dan Fabaceae masing-masing 31 taxa. Di antara tanaman inang tersebut terdapat bawang bombay, bawang daun dan bawang putih (Amaryllidaceae),

kubis (Brassicaceae), ubi jalar (Convolvulaceae), kacang tanah (Fabaceae), kapas (Malvaceae), lada (Piperaceae), padi (Graminae), mawar (Rosaceae), jeruk (Rutaceae), cabai, kentang, tomat dan tembakau (Solanaceae) serta jahe (Zingiberaceae) yang merupakan komoditas penting yang dibudidayakan di Indonesia.

2.5.2. Daur hidup

Telur berdiameter 0,4 mm dan tinggi 0,3 mm, berwarna kuning pucat dan menjadi coklat muda ketika menjelang menetas. Umur telur 2-3 hari pada suhu 20 °C – 30 °C. Telur diletakkan dalam kelompok yang terdiri atas 100-200 butir (Prasanna *dkk.* 2018).



Gambar 9.
Kelompok telur *S. frugiperda*
(Foto: Ronald Smith/Auburn University/Bugwood.org - CC BY 3.0 US)

Larva berwarna hijau terang hingga coklat tua dengan garis-garis membujur. Pada instar ke-6, panjangnya mencapai 4,5 cm. Pada kapsul kepala terdapat tanda berbentuk Y terbalik, dan pada abdomen segmen ke-8 terdapat empat spot yang membentuk pola persegi dan pada segmen ke-1 sampai ke-7 serta pada segmen ke-9 empat spot membentuk pola trapezium. Stadia larva berlangsung selama 14 hari pada musim panas dan mencapai 30 hari pada musim dingin (Rwomushana 2019; Trisyono *dkk.* 2019; Lubis *dkk.* 2020).

Pupa berwarna coklat mengilat, terdapat di dalam tanah, pada kedalaman 2-8 cm, diselubungi kokon yang terbuat dari sutera dan partikel tanah. Kokon berbentuk oval berukuran 20-30 mm. Lama

stadia pupa 8-9 hari pada musim panas dan 20-30 hari pada musim dingin (Kebede & Shimalis 2019).



Gambar 10.
Larva *S. frugiperda* (Foto : Phil Sloderbeck/ Kansas State University/ Bugwood.org - CC BY-NC 3.0 US)

Ngengat jantan mempunyai sayap depan berwarna abu-abu dan coklat dengan spot putih pada ujung dan dekat pusat sayap. Sayap depan ngengat betina coklat keabu-abuan polos hingga berbintik abu-abu dan coklat. Sayap mempunyai bentangan sepanjang 32-40 mm. Ngengat mampu menghasilkan 1000 butir telur selama hidupnya (Kebede & Shimalis 2019; Rwomushana 2019).



Gambar 11.
Imago *S. frugiperda* (Foto: Phil Sloderbeck/ Kansas State University/ Bugwood.org - CC BY-NC 3.0 US)

Daur hidupnya berlangsung selama 30 hari pada musim panas, 60 hari pada musim semi dan gugur serta 80-90 hari pada musim dingin (Capinera 2020; Nboyine *dkk.* 2020). Putra & Khotimah (2021)

melaporkan bahwa daur hidupnya di Indonesia pada tanaman pakcoy dan selada sekitar 37 hari, sementara hasil penelitian Hutasoit *dkk.* (2020) menunjukkan bahwa daur hidupnya pada tanaman jagung di Sumatera Selatan berkisar 24-26 hari.

Bab 3.

PENGENDALIAN *Spodoptera* spp. YANG UMUM DILAKUKAN DAN DAMPAKNYA

Perubahan iklim antara lain telah menyebabkan terjadinya pemanasan global, perubahan pola musim dan perubahan faktor biotik dan abiotik (Ayyogari *dkk.* 2014). Peningkatan rata-rata suhu udara dan kelembaban akibat pemanasan global telah menyebabkan terjadinya pergeseran distribusi hama, daur hidup hama lebih singkat, dan diprediksi generasi hama bertambah 1-2 generasi per tahun, akibatnya serangan hama meningkat (Rao *dkk.* 2014; War *dkk.* 2016). Jung *dkk.* (2019) melaporkan bahwa daerah yang kondisinya cocok bagi perkembangan *S. litura* di Korea Selatan meningkat: pada saat ini seluas 63,2% dan diprediksi pada tahun 2100 menjadi 98%.

Peningkatan serangan ulat grayak ditanggapi oleh petani dan pelaku usahatani menggunakan cara pengendalian yang hasilnya cepat tampak dan pilihan mereka pada umumnya menggunakan insektisida sintetik. Sementara itu, perilaku petani dalam menangani dan mengaplikasikan insektisida tidak sesuai dengan ketentuan yang telah ditetapkan. Petani bawang merah dan cabai di Cirebon dan Brebes melakukan penyemprotan 2-3 kali per minggu dengan mencampur dua atau lebih jenis insektisida pada setiap kali menyemprot untuk

mengendalikan ulat grayak (Moekasan & Basuki 2007; Basuki 2009; Aldini *dkk.* 2020).

Dari aplikasi *myAgri* diketahui bahwa terdapat ratusan merk dagang insektisida yang diijinkan beredar dan direkomendasikan untuk mengendalikan ulat grayak di Indonesia (Tabel 1). Bahan aktif yang tersedia juga lebih dari 100 jenis, tetapi terdapat kurang dari 50 kelompok *MoA* (*Mode of Action*) atau cara kerja. Dengan terbatasnya pengetahuan petani tentang *MoA*, maka tidaklah mengherankan jika jenis insektisida yang dipilih untuk mengendalikan ulat grayak pada umumnya masih berada dalam satu kelompok cara kerja. Akibatnya, terjadilah resistensi ulat grayak di berbagai tempat di Indonesia terhadap insektisida yang umum digunakan tersebut. Kondisi seperti itu membuat pengendalian ulat grayak menjadi semakin sulit.

Tabel 1. Insektisida yang diijinkan beredar di Indonesia dan direkomendasikan untuk mengendalikan ulat grayak

OPT sasaran	Jumlah merek dagang	Jumlah bahan aktif	Kelompok <i>MoA</i>	
			Tunggal	Ganda
<i>S. litura</i>	743	159	22	37
<i>S. exigua</i>	531	145	20	37
<i>S. mauritia</i>	247	80	19	22
<i>S. exempta</i>	245	78	18	23
<i>S. frugiperda</i>	37	24	10	6
<i>Spodoptera spp.</i>	6	7	4	2

Sumber : Direktorat Pupuk dan Pesticida Tahun 2021 (Diolah dari aplikasi *myAgri*)

3.1. Resistensi *Spodoptera spp.*

Dampak penggunaan insektisida yang berlebihan dan tidak tepat pada pengendalian *Spodoptera frugiperda* dilaporkan oleh Togola *dkk.*

(2018) yaitu residu insektisida justru ditemukan di tanah dan mengurangi populasi organisme tanah dan non target, sementara residunya pada jagung tidak ada. Salah satu dampak serius penggunaan insektisida yang berlebih ialah timbulnya hama yang resisten terhadap insektisida yang umum digunakan. Menurut pengertian yang dibuat oleh Brown & Pal (1971 *cit.* Untung 1993) serangga yang resisten ialah setiap populasi dalam satu spesies di suatu daerah tertentu yang biasanya rentan terhadap suatu jenis insektisida menjadi tidak dapat lagi dikendalikan menggunakan insektisida tersebut.

Di Indonesia, *S. exigua* dan *S. litura* juga telah terindikasi resisten terhadap insektisida yang umum digunakan sejak lama (Wibisono *dkk.* 2007; Moekasan & Basuki 2007; Negara 2017; Ramadhan & Dono 2019). Laporan tentang resistensi *Spodoptera* spp. dari berbagai negara disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Resistensi tiga spesies *Spodoptera* terhadap insektisida di berbagai tempat di dunia

Kelas insektisida	<i>S. exigua</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. litura</i>
Avermektin	Abamektin, emamektin benzoat		Abamektin, emamektin benzoat
Benzoil urea	Khlorfluazuron, diflubenzuron, lufenuron, teflubenzuron	Lufenuron, triflumuron	Lufenuron
<i>Bacillus thuringensis</i>	Bt dengan var yang tidak ditentukan, var aizawai, var. kurstaki		
Bt toxins	Cry1Ca	Cry1Aa, Cry1A.105, Cry1Ab, Cry1Ac, Cry1F, Cry2Ab2, Vip3A	
Karbamat	Metomil, tiodikarb	Karbaril, metomil, tiodikarb	Karbaril, metomil, tiodikarb

Sumber: IRAC-Michigan State University (2021)

Tabel 2. Resistensi tiga spesies *Spodoptera* terhadap insektisida di berbagai tempat di dunia (lanjutan)

Kelas insektisida	<i>S. exigua</i>	<i>S. frugiperda</i>	<i>S. litura</i>
Siklodien	BHC/siklodien – tidak ditentukan, endosulfan	Aldrin, dieldrin, lindan	Endosulfan, lindan
Diamid	Khlorantraniliprol, siantraniliprol, flubendiamid	Khlorantraniliprol, flubendiamid	Khlorantraniliprol
Diasilhidrazin	Metoksifenozyd, tebufenozyd		Metoksifenozyd, tebufenozyd
Neonikotinoid			Asetamiprid
Organoklorin	DDT	DDT	DDT
Organofosfat	Khlorpirifos, paration-metil, profenofos, quinalfos	Asefat, khlorpirifos, diazinon, diklorvos, malation, paration-metil, sulprofos, triklorfon,	Khlorfenvinfos, khlorpirifos, diazinon, diklorvos, malation, monokrotofos, foksim, profenofos, quinalfos, triazofos, trikhlorfon
Oksadiazin	Indoksakarb, metaflumizon		Indoksakarb, metaflumizon
Fenilpirazol			Fipronil (#15)
Piretroid	Bifentrin, siflutrin, lambda sihalotrin, sipermetrin, beta sipermetrin, deltametrin, fenpropatrin, fenvalerat, permeterin, piretroid-yang tidak ditentukan	Bifentrin, siflutrin, sihalotrin, lambda sihalotrin, sipermetrin , zeta sipermetrin, deltametrin, fenvalerat, fluvalinat, permeterin, tau-fluvalinat, tralometrin	Bifentrine, siflutrin , beta siflutrin, sihalotrin, lambda sihalotrin, sipermetrin ,beta sipermethrin, deltametrin, esfenvalerat, fenpropatrin, fenvalerat, piretrin
Pirroles	Khlorfenapir		Khlorfenapir
Spinosin	Spinetoram, spinosad		Spinosad

Sumber: IRAC-Michigan State University (2021)

Insektisida piretroid sintetis merupakan insektisida yang digunakan secara luas sejak tahun 1970-an. Jenis insektisida tersebut mampu mematikan hama secara cepat dengan toksisitas rendah

terhadap manusia. Piretroid telah berkembang hingga generasi keempat seperti sipermetrin dan deltametrin. Namun, ternyata ulat grayak telah resisten terhadap piretroid tersebut. Berbagai pihak di berbagai negara telah melaporkan hal tersebut (Basera & Srivastava 2010; Kumar *dkk.* 2014; Saleem *dkk.* 2016). Sule & Kumar (2019) menyatakan bahwa hal itu terjadi karena tidak dilakukan rotasi penggunaan insektisida secara tepat.

Resistensi ulat grayak eksigua terhadap insektisida IGR dan spinosad yang relatif aman bagi lingkungan pun juga telah dilaporkan (Moekasan & Basuki 2007; Che *dkk.* 2013; Basuki 2009). Bahkan, resistensi *S. frugiperda* terhadap insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis* telah terindikasi di Amerika Serikat (Viteri *dkk.* 2018).

3.2. Mekanisme terjadinya resistensi

Resistensi hama terhadap insektisida telah banyak diteliti. Hasil penelitian yang dilakukan oleh Hurtado (2018), Khan *dkk.* (2020) dan Surapon (2021) menunjukkan bahwa penyebab terjadinya resistensi antara lain disebabkan oleh adanya mekanisme sebagai berikut:

- a) Perubahan perilaku serangga, yaitu serangga menghindari atau menolak kontak dengan insektisida. Perilaku seperti ini menyebabkan penurunan kerentanan serangga hama terhadap racun.
- b) Pengurangan laju penetrasi insektisida yang mencegah insektisida mencapai konsentrasi yang mematikan.
- c) Peningkatan produksi enzim-enzim tertentu yang mendetoksifikasi insektisida sehingga menjadi tidak beracun.
- d) Penurunan kepekaan tempat sasaran insektisida pada tubuh serangga atau modifikasi tempat sasaran tersebut sehingga insektisida tidak dapat menempel pada titik itu.

Resistensi serangga terhadap satu jenis insektisida atau lebih disebabkan oleh lebih dari satu penyebab. Ada serangga yang cepat

membentuk populasi yang resisten, ada pula yang lambat. Shi *dkk.* (2019) menyatakan bahwa *S. litura* merupakan hama yang cepat berkembang menjadi resisten. Ada tiga faktor utama yang mempengaruhi perkembangan sifat resistensi, yaitu faktor genetik, biologi dan operasional. Sifat genetik berkaitan dengan gen pembawa sifat resistensi. Faktor biologi mencakup perilaku dan sifat biologi serangga. Faktor operasional ialah yang berkaitan dengan sifat insektisida, dosis, frekuensi dan cara aplikasi. Dari ketiga faktor tersebut, hanya faktor operasional yang dapat kita kendalikan (Untung 1993). Oleh karena itu, penggunaan insektisida harus dilaksanakan secara baik dan benar dalam rangka mencegah atau memperlambat terjadinya resistensi.

3.3. Pengelolaan resistensi insektisida (*Insecticide resistance management-IRM*)

Mengingat resistensi merupakan masalah serius dalam pengendalian hama termasuk ulat grayak, maka pengelolaan resistensi menjadi suatu keharusan. Usaha yang dilakukan ialah:

- Pemantauan perkembangan resistensi dengan melakukan pengujian keefektifan insektisida-insektisida yang umum digunakan di suatu wilayah terhadap ulat grayak. (Huang *dkk.* 2021). Data tersebut digunakan untuk menyusun strategi pengendalian ulat grayak di suatu wilayah. Jika diketahui ulat grayak yang diuji telah resisten terhadap insektisida tertentu, maka insektisida tersebut hendaknya digantikan dengan jenis lain yang masih efektif (Huang *dkk.* 2006).
- Pengendalian ulat grayak dengan pendekatan kimiawi dan non kimiawi untuk menekan perkembangan resistensi, karena pengendalian ulat grayak tidak dapat hanya menggunakan suatu teknologi secara tunggal (Zhu *dkk.* 2016).
- Pergiliran atau rotasi *MoA* insektisida dalam satu musim (Bryant & Reay-Jones 2020). Sparks & Nauen (2015)

menyebutkan bahwa IRAC (*Insecticide Resistance Action Committee*) mengembangkan klasifikasi *MoA* dan pencantuman *MoA* pada setiap kemasan insektisida merupakan salah satu komitmen industri agrokimia untuk mendukung pengelolaan resistensi.

Petani harus berperan serta dalam pelaksanaan pengelolaan resistensi ulat grayak terhadap insektisida. Untuk maksud tersebut, petani hendaknya memiliki pengetahuan tentang *MoA*, agar pemilihan insektisida yang akan diaplikasikan tepat. Sampai saat ini, pencantuman *MoA* pada kemasan insektisida yang beredar di Indonesia baru dilakukan oleh satu perusahaan agrokimia. Oleh karena itu, petani dapat memanfaatkan aplikasi *myAgri* untuk mengetahui kelompok *MoA* insektisida. Selain itu, pengetahuan dan keterampilan petani dalam menangani dan mengaplikasikan pestisida perlu ditingkatkan melalui pelatihan, baik teori maupun praktek. Dengan demikian diharapkan aplikasi insektisida dapat dilaksanakan dengan tepat, baik dan benar.

Bab 4.

KOMPONEN TEKNOLOGI PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT) *Spodoptera spp.*

Dalam pengelolaan hama terpadu, berbagai taktik atau cara pengendalian yang kompatibel diterapkan terlebih dahulu sebelum digunakannya insektisida. Komponen teknologi PHT juga dikembangkan dalam pengendalian ulat grayak, yang meliputi pengendalian secara kultur teknis, pengendalian hayati, pengendalian menggunakan varietas tanaman tahan hama, pengendalian secara fisik dan mekanik, pengendalian kimiawi menggunakan insektisida botani serta yang terakhir adalah pengendalian kimiawi menggunakan insektisida sintetik.

4.1. Pengendalian kultur teknis

Pengendalian secara kultur teknis bertujuan untuk mengelola lingkungan sedemikian rupa sehingga cocok bagi pertumbuhan tanaman, tetapi kurang sesuai bagi perkembangan hama, seperti rotasi tanaman, sistem tanam tumpangsari, penggunaan mulsa dan pengolahan tanah yang baik dan matang.

Pengendalian kultur teknis tersebut telah diterapkan untuk mengendalikan ulat grayak jagung. Rotasi tanaman jagung dengan bunga matahari atau kacang-kacangan, penaburan abu atau tanah pada

daun telah dilakukan oleh 54% petani jagung di Ethiopia (Assefa *dkk.* 2019). Purnamaratih *dkk.* (2018) melaporkan bahwa tumpangsari tanaman bawang merah dengan mint dan seledri mampu menurunkan serangan ulat grayak eksigua. Penggunaan mulsa jerami pada budidaya bawang merah di Lembah Palu dapat menurunkan intensitas serangan ulat grayak eksigua sebesar 20,83% (Valentino & Thaha 2019). Pengolahan tanah yang baik serta penggunaan tanaman perangkap Leguminosae digunakan untuk menanggulangi serangan ulat grayak jagung di Nepal (Bhusal & Chapagain 2020).



Gambar 12. Pengolahan tanah yang baik dan dalam dapat membunuh pupa *Spodoptera spp.* (Foto : L. Prabaningrum)

Teknologi *push-pull agricultural pest management* termasuk ke dalam pengendalian secara kultur teknis. Penanaman tanaman utama secara tumpangsari (*intercropping*) dengan tanaman yang mengeluarkan senyawa kimia volatil yang menolak hama akan mendorong (*push*) hama menjauhi tanaman utama. Selain itu penanaman tanaman perangkap di sekeliling pertanaman akan menarik (*pull*) hama untuk mendekati tanaman perangkap tersebut. Pada umumnya digunakan tanaman dari famili Leguminosae *Desmodium sp.* yang ditanam di antara barisan tanaman jagung dan penanaman

rumpun Napier di sekeliling pertanaman. Keuntungan lainnya ialah tanaman *Desmodium* sp. dapat memperbaiki kualitas tanah dengan menjaga kelembaban, meningkatkan biodiversitas tanah, meningkatkan bahan organik dalam tanah, meningkatkan kesuburan karena meningkatnya fiksasi Nitrogen serta menjaga fluktuasi suhu tanah (Khan *dkk.* 2011).

Teknologi *push-pull agricultural pest management* telah diterapkan untuk mengendalikan ulat grayak jagung *S. frugiperda* di Kenya, Uganda dan Tanzania, Afrika. Hasilnya menunjukkan bahwa populasi ulat grayak jagung ditekan sebesar 82,7% dan kerusakan tanaman jagung dikurangi sebesar 89,7% (Kebede & Shimalis 2019).



Gambar 13. Penggunaan mulsa plastik hitam perak untuk menekan serangan ulat grayak (Foto : L. Prabaningrum)

4.2. Penggunaan varietas tanaman tahan hama

Varietas tahan telah lama digunakan dalam pengendalian hama, karena praktis, ekonomis dan efektif. Namun demikian, untuk mendapatkan suatu varietas tahan hama dibutuhkan waktu yang cukup lama. Penelitian untuk mendapatkan varietas tanaman yang tahan terhadap *Spodoptera* spp. terus dilakukan. Oki *dkk.* (2017), Krisnawati *dkk.* (2017), Bayu *dkk.* (2018) dan Adi *dkk.* (2020) telah mendapatkan genotip kedelai yang memiliki sifat ketahanan antixenosis dan antibiosis, yang dapat digunakan sebagai tetua dalam persilangan.

Shankar *dkk.* (2013) mengevaluasi beberapa genotipe kacang arab yang tahan terhadap ulat grayak. Maharijaya (2014) mengemukakan bahwa perakitan varietas tanaman dari famili Solanaceae resisten terhadap hama dan penyakit dihadapkan pada beberapa kendala, antara lain: (1) kerabat liar yang digunakan sebagai sumber gen tahan mempunyai karakter agronomi yang buruk seperti produktivitas rendah, dan (2) tingkat keberhasilan persilangan secara konvensional rendah. Oleh karena itu diperlukan pendekatan baru dalam pemuliaan tanaman, seperti pemanfaatan bioteknologi.

Secara historis, usaha untuk mendapatkan varietas tahan terhadap *S. frugiperda* dilakukan di Amerika, khususnya varietas jagung yang tahan. Penelitian serupa juga mulai dilakukan di Afrika (Georgen *dkk.* 2016). Serangan ulat grayak jagung yang hebat memacu Morales *dkk.* (2021) untuk mendapatkan varietas yang tahan, namun sifat ketahanan yang tinggi terhadap hama tersebut masih belum ditemukan.

4.3. Pengendalian hayati

Penelitian mengenai musuh alami banyak dilakukan di berbagai negara. Parasitoid, bakteri, cendawan, nematoda dan virus dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati *Spodoptera* spp. Hal itu sejalan dengan prinsip PHT yang kedua yaitu pemanfaatan musuh alami.

4.3.1. Parasitoid

Agboyi *dkk.* (2020) telah menemukan 10 jenis parasitoid yang menyerang ulat grayak jagung, antara lain ialah *Telenomus remus*, *Trichogramma* sp. (parasitoid telur), *Chelonus bifoveolatus* (parasitoid telur-larva), dan *Coccigydm luteum* (parasitoid larva). *T. remus* dilaporkan sebagai parasitoid yang potensial, yang mampu memarasit telur *S. frugiperda* sebesar 30-34,7% dan telur *S. litura* sebesar 40,4% (Liao *dkk.* 2019; Sari *dkk.* 2020; Supeno *dkk.* 2021).

Parasitoid larva lain yang cukup potensial dilaporkan oleh Ou-Yang *dkk.* (2018) yaitu *Microplitis prodeniae* yang mampu memarasit larva instar ke-2 dan ke-3 *S. exigua* dan *S. litura* masing-masing sebesar 65,48% dan 43,83%. Parasitoid larva *Spodoptera* yaitu

Cotesia scotti dan *Apanteles* sp. juga dilaporkan oleh deFreitas *dkk.* (2019) dan Schmidt-Duran *dkk.* (2015).



Gambar 14.
Telenomus remus pada telur
S. litura (Sumber : Bueno
dkk. 2017)

4.3.2. Cendawan

Cendawan entomopatogen yang dilaporkan menyerang *Spodoptera* spp. ialah *Metarhizium anisopliae*, *Metarhizium rileyi* dan *Beauveria bassiana*. Mortalitas telur dan larva yang terserang oleh *M. anisopliae* masing-masing mencapai 97,5% dan 79,5% - 86,67% (Aryo *dkk.* 2017; Nurani *dkk.* 2018; Akutse *dkk.* 2019).



Gambar 15.
Larva *S. frugiperda*
yang terserang oleh
cendawan *B. bassiana*
(Sumber : Carillo 2010)

4.3.3. Bakteri

Keberadaan *bakteri* entomopatogen yang menyerang ulat grayak dilaporkan oleh Krishanti *dkk.* (2017) dan Khamid & Siriyah (2018). Bakteri *Staphylococcus sciuri* strain BLSP-3 bersama dengan *Serratia* sp. strain BLSP-4 mampu membunuh larva instar ke-1, ke-2, ke-3, berturut-turut sebesar 83%, 86% dan 40%. Sementara *Bacillus thuringiensis* membunuh larva instar ke-1 dan 2 sebesar 90% dan instar ke-3 sebesar 80%.

4.3.4. Nematoda

Keefektifan nematoda *Steinernema* sp. dalam membunuh ulat grayak telah banyak dilaporkan sebagai agens pengendali ulat grayak yang ramah lingkungan. Kristanti (2018) menyatakan bahwa pada konsentrasi 261,02 Juvenil infeksius (JI), lima puluh persen ulat yang diuji mengalami kematian. Adriani (2012) melaporkan bahwa setelah 24 jam setelah perlakuan, ulat grayak litura tidak aktif lagi. Penelitian mengenai keefektifan nematoda *Panagrolaimus* spp., *Heterorhabditis bacteriophora* serta *Steinernema glaseri* terhadap ulat grayak litura juga dilakukan oleh Safdar *dkk.* (2018) dan Amitha *dkk.* (2020). *H. bacteriophora* dan *S. glaseri* efektif membunuh semua instar ulat grayak.

4.3.5. Virus

Pemanfaatan Nuclearpolyhedrosis virus (NPV) sebagai agens hayati yang prospektif untuk mengendalikan ulat grayak telah banyak dilaporkan. Virus tersebut efektif mematikan larva instar ke-4 dan ke-5 (Wijanarko *dkk.* 2007; Syahroni & Haryati 2019; Luna-Espino *dkk.* 2021). Penggunaan NPV dapat dikombinasikan dengan ekstrak daun legundi untuk meningkatkan efikasinya terhadap *S. exigua* (Marhaeni *dkk.* 2016).

Ayyub *dkk.* (2019) melaporkan bahwa *Spodoptera litura* NPV (SplNPV) yang digunakan secara tunggal mampu membunuh ulat grayak litura sebanyak 52,63%, sedangkan jika dikombinasikan dengan insektisida Spinosad dapat membunuh hama tersebut sebanyak

100%. Hasil penelitian Sarwar *dkk.* (2021) menunjukkan bahwa kombinasi NPV dengan insektisida khlorantraniliprol efektif membunuh telur, larva, pupa dan ngengat *S. litura*.



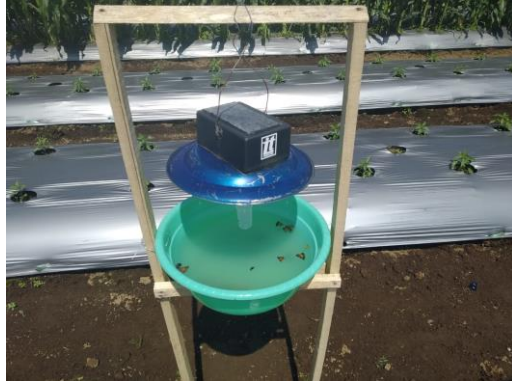
Gambar 16.
Larva *S.litura* yang terserang
oleh NPV (Sumber : Ahmed
dkk. 2016)

4.4. Pengendalian secara fisik

Pengendalian fisik merupakan usaha untuk menggunakan atau mengubah lingkungan fisik sedemikian rupa sehingga dapat menimbulkan kematian bagi hama atau mengurangi populasinya (Untung 1993). Pengendalian hama ulat grayak secara fisik dapat berupa penggunaan lampu perangkap serta penggunaan rumah kasa dalam budidaya tanaman.

4.4.1. Perangkap lampu

Serangga nokturnal tertarik kepada cahaya. Perilaku ini digunakan untuk mengembangkan perangkap lampu sebagai alat untuk pemantauan dan pengendalian hama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penggunaan perangkap lampu efektif menekan populasi ulat grayak litura dan ulat grayak eksigua (Budiman 2014; Wijaya *dkk.* 2014; Prabaningrum & Moekasan 2021). Nurjanani & Ramlan (2008) juga melaporkan bahwa penggunaan perangkap lampu pada budidaya bawang merah di Jeneponto, Sulawesi Selatan mampu mengurangi aplikasi pestisida sebesar 85,3%.



Gambar 17. Perangkap lampu tenaga matahari untuk pengendalian hama *Spodoptera* spp. (Foto : T.K. Moekasan)

4.4.2. Penggunaan rumah kaca

Budidaya tanaman di dalam rumah kaca merupakan alternatif penekanan penggunaan pestisida yang cukup efektif. Hal itu telah dibuktikan oleh Moekasan & Prabaningrum (2013) yang melaporkan bahwa rumah kaca mampu menghalangi ngengat *S. litura* dan *S. exigua* masuk ke pertanaman bawang merah sehingga aplikasi insektisida dikurangi sebesar 92,86%-100%. Selain itu, penekanan jumlah penyemprotan insektisida sebesar 73,33% juga terjadi pada budidaya cabai di dalam rumah kaca karena telah mengurangi serangan hama, termasuk ulat grayak (Moekasan *dkk.* 2015).



Gambar 18. Penggunaan rumah untuk menekan serangan hama *Spodoptera* spp. pada budidaya cabai (Sumber : Moekasan *dkk.* 2015)

4.5. Pengendalian secara mekanik

Pada budidaya tanaman bawang merah pengendalian secara mekanik telah umum dilakukan oleh petani, yaitu dengan cara mengumpulkan kelompok telur, ulat *Spodoptera* spp. dan daun-daun bawang yang terserang. Petani bawang merah di Kabupaten Cirebon, Jawa Barat pada umumnya melakukan pengendalian secara mekanik 1 sampai 2 kali per minggu sejak tanaman bawang merah umur 7 hari sampai menjelang panen (Moekasan *dkk.* 2018).



Gambar 19. Pengendalian mekanik dengan cara mengumpulkan kelompok telur, larva dan daun-daun yang terserang oleh *Spodoptera* spp. (Sumber : Moekasan *dkk.* 2018)

4.6. Pengendalian kimiawi

Pengendalian hama secara kimiawi merupakan pengendalian hama dengan menggunakan zat kimia, baik berupa zat kimia alami maupun kimia sintetis. Senyawa kimia beracun tersebut dapat berasal dari tumbuhan, mikroba, serangga, maupun sintesis dari senyawa kimia yang dihasilkan oleh makhluk hidup. Dari sekian banyak cara pengendalian hama, pengendalian secara kimiawi adalah yang paling

banyak dilakukan oleh petani karena lebih praktis dan lebih mudah dilakukan.

4.6.1. Biopestisida nabati

Di alam terdapat berbagai tanaman yang beracun dan telah banyak penelitian untuk mengukur potensinya sebagai bahan aktif insektisida untuk mendukung pengendalian hama yang ramah lingkungan. Sejak *S. frugiperda* menginvasi Afrika, Bateman *dkk.* (2018) menguji biopestisida yang terdaftar di 30 negara di benua itu, dan hasilnya menunjukkan bahwa terdapat 23 jenis yang direkomendasikan untuk diuji di tingkat lapangan guna mengendalikan hama tersebut.

Ekstrak daun bintaro (*Cerbera odollam*) telah diujikan pada ulat grayak. Senyawa tersebut menyebabkan ulat berhenti makan, dan akhirnya mengalami kematian. Efikasinya terhadap *S. exigua* dan *S. litura* masing-masing sebesar 85% dan 48% (Purwani *dkk.* 2017; Hasyim *dkk.* 2019; Turhadi *dkk.* 2020). Efek sebagai *antifeedant* dan *larvicidal* juga ditunjukkan oleh ekstrak daun cengkih (Fateha *dkk.* 2020). Potensi ekstrak daun karamunting (*Melastoma malabathricum*) yang mengandung senyawa fenol, asam lemak, terpenoid pada dosis 800 ppm mampu menurunkan aktivitas makan ulat grayak litura sebesar 41,2% dan mengakibatkan kematian 85% (Kartina *dkk.* 2019). Pengaruh ekstrak daun srikaya dan rimpang kunyit dilaporkan mengakibatkan sayap ngengat tidak berkembang penuh, ukuran tubuhnya lebih kecil dan tidak bertelur (Taufik *dkk.* 2020). Hasil penelitian Kardinan & Maris (2020) menunjukkan bahwa ekstrak daun tembakau dan akar tuba sebagai racun kontak mampu membunuh ulat grayak jagung masing-masing sebesar 50% dan 56,7%, sedangkan sebagai racun perut sebesar 12,3% dan 21,53%.

Hasil penelitian lainnya menunjukkan bahwa ekstrak tumbuhan lain seperti tembakau, mindi, mahoni, dan mimba juga mampu membunuh ulat grayak (Batubara & Dalimunthe 2016; Ramadhan *dkk.* 2016; Suprapti *dkk.* 2020). Ekstrak tumbuhan-tumbuhan tersebut telah diformulasi menjadi bahan aktif insektisida.

4.6.2. Biopestisida mikroba

Mikroba berupa bakteri, jamur, dan virus telah dimanfaatkan sebagai bahan aktif insektisida. Jenis insektisida tersebut memiliki risiko rendah dalam pengendalian hama (Bateman *dkk.* 2018). *Nomuraea rileyi* 1% WP dan *Bacillus thuringiensis* var *kurstaki* 1% WG digunakan untuk mengendalikan ulat grayak jagung (Dhobi *dkk.* 2020). Insektisida berbahan aktif spinosad dan spinetoram, yang berasal dari bakteri *Saccharopolyspora spinosa* telah digunakan untuk mengendalikan larva lepidoptera (Siegwart *dkk.* 2015; deCastro *dkk.* 2018).



Gambar 20.
Larva *S. litura* yang terserang oleh *B. thuringiensis* (Sumber :
Fadhullah *dkk.* 2015)

4.6.3. Feromonoid seks

Feromon merupakan senyawa yang dihasilkan oleh serangga untuk berkomunikasi dalam satu spesies. Feromon seks dihasilkan oleh ngengat betina guna menarik ngengat jantan untuk mengawininya (Hasyim *dkk.* 2013). Feromonoid seks merupakan feromon sintesis yang digunakan untuk mengacaukan perkawinan serangga (*mating disruption*) atau untuk penangkapan masal (*mass trapping*) (Guaerrero *dkk.* 2014).

Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian telah memproduksi feromonoid seks yang diberi nama Feromon Exi dan Feromon Sl, masing-masing untuk *S. exigua* dan *S. litura*. Pada pengembangannya, hasil tangkapan ngengat oleh Feromon Exi

digunakan untuk mengetahui kepadatan populasi yang perlu dikendalikan dengan insektisida sintetik (ambang pengendalian). Penerapan ambang pengendalian 30 ngengat/perangkap/tiga hari mampu menekan penggunaan insektisida sebesar 35,71% dengan hasil panen bawang merah sebanyak 13,46 ton/hektar (Moekasan *dkk.* 2013). Resmayeti & Samudra (2015) juga menerapkan ambang pengendalian tersebut dan terbukti menguntungkan dengan hasil panennya mencapai 14,78 ton/hektar. Keuntungan penggunaan feromon pada budidaya bawang merah juga dilaporkan oleh Swastika *dkk.* (2017) dengan R/C rasio sebesar 2,39.

Feromonoid seks juga digunakan dalam pengendalian *S. frugiperda*. Pemasangan 4-6 perangkap feromonoid seks per hektar, yang dikombinasikan dengan teknologi pengendalian lainnya, mampu menekan serangan ulat grayak jagung (Kebede & Shimalis 2019).



Gambar 21. Kapsul Feromon-Exi untuk mengendalikan hama *S. exigua* (Foto : CV Nusagri)

4.6.4. Insektisida sintetik

a. Ambang pengendalian

Ambang pengendalian adalah tingkat populasi hama atau kerusakan tanaman akibat serangan hama yang memerlukan pengendalian menggunakan insektisida sintetik agar populasi atau

kerusakan tersebut tidak meningkat hingga menyebabkan kerugian. Aplikasi insektisida berdasarkan ambang pengendalian akan menekan penggunaan insektisida dan memperkecil dampak negatif terhadap lingkungan. Namun, hal berbeda berlaku bagi biopestisida, baik yang berbahan aktif tumbuhan maupun mikroba. Insektisida biopestisida yang bersifat ramah lingkungan ini hendaknya digunakan secara rutin atau terjadwal, karena perlu waktu yang lebih lama untuk dapat membunuh serangga hama.

Moekasan & Sastrosiswojo (1992) telah menetapkan ambang pengendalian *S. exigua* pada tanaman bawang merah adalah sebesar 3 kelompok telur/10 tanaman. Jika berdasarkan kerusakan tanaman, nilai ambang pengendaliannya adalah sebesar 5% pada musim kemarau dan 10% pada musim hujan. Sementara itu, ambang pengendalian *S. exigua* pada tanaman tomat sebesar 1 larva/20 tanaman pada awal infestasi (Taylor & Riley 2008). King & Saunders (1984) melaporkan ambang pengendalian ulat grayak jagung sebesar 5% tanaman di pesemaian terpotong atau 20% tanaman yang berumur kurang dari 30 hari terserang. Hasil penelitian Nakasuji & Matsuzaki (1977) menunjukkan bahwa untuk menekan kehilangan hasil hingga maksimum sebesar 10%, maka ditetapkan ambang pengendalian ulat grayak pada tanaman terung dan paprika di rumah kaca masing-masing adalah sebesar 4,6 dan 15,4 larva yang baru menetas per m² atau 0,8 dan 2,6 kelompok telur per m².

b. Insektisida selektif

Dalam rangka mendukung penerapan PHT, maka pilihan insektisida sintetik jatuh pada yang aman bagi lingkungan, termasuk organisme non target dan musuh alami. Insektisida IGR (*insect growth regulator*) seperti flufenuron, triflumuron dan emamektin benzoat efektif membunuh ulat grayak, tetapi selektif terhadap parasitoid *Trichogramma* sp. (Souza *dkk.* 2013; Bengochea *dkk.* 2014; Rahmawati *dkk.* 2016; Zandonadi *dkk.* 2017; Deshmukh *dkk.* 2020). Khlorantraniliprol dan tetrakhlorantraniliprol merupakan insektisida diamid antralinik telah terbukti efektif membunuh ulat grayak, tetapi tidak berbahaya bagi organisme non target dan predator. Oleh karena itu insektisida tersebut dapat digunakan untuk mendukung penerapan

PHT (deCastro *dkk.* 2018; Teng *dkk.* 2020). Penggunaan jagung transgenik Bt juga dilaporkan untuk mengendalikan *S. frugiperda* (Sousa *dkk.* 2016).

Bab 5.

PENERAPAN PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT)

Spodoptera spp.

Dalam pengelolaan hama terpadu (PHT), berbagai taktik cara pengendalian yang kompatibel telah diterapkan pada budidaya berbagai tanaman. Hasil penelitiannya telah dilaporkan dan penerapannya untuk mengendalikan OPT termasuk *Spodoptera spp.* telah dikaji oleh berbagai pihak.

Balai Penelitian Tanaman Sayuran (Balitsa) bekerjasama dengan Wageningen University and Research, The Netherlands melalui proyek vegImpact melakukan sosialisasi teknologi PHT dengan membuat demoplot budidaya bawang merah di dataran rendah di Cirebon, Jawa Barat. Teknologi yang diterapkan ialah penggunaan rumah kaca, penerapan ambang pengendalian *S. exigua* dan penyemprotan insektisida emamektin benzoat jika populasi ulat grayak mencapai ambang. Hasilnya menunjukkan bahwa pada budidaya menggunakan rumah kaca hanya dilakukan satu kali penyemprotan. Itupun dilakukan untuk menyemprot dinding kaca saja, bukan untuk tanaman bawang merah, karena biasanya ngengat *Spodoptera* meletakkan telur pada dinding kaca tersebut. Hasil panen bawang merah yang diperoleh lebih tinggi 30%, ukuran umbi lebih besar dan warnanya lebih merah daripada budidaya di lahan terbuka (Moekasan & Prabaningrum 2013).



Gambar 22. Budidaya bawang merah di dalam rumah kaca untuk menekan serangan hama *Spodoptera* spp. di dataran rendah di Cirebon, Jawa Barat (Sumber : Moekasan & Prabaningrum 2013)



Gambar 23. Perangkap Feromon Exi pada tanaman bawang merah di Enrekang (Sumber : Moekasan dkk. 2013)

Tabel 3. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. exigua* dan *S. litura* pada budidaya bawang merah

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
1.	Cirebon, 2013 Rumah kaca, ambang pengendalian, insektisida emamektin benzoat	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah penyemprotan ditekan 93,33% Hasil panen lebih tinggi 30% 	Moekasan & Prabaningrum (2013)
2.	Enrekang, 2012 Feromonoid seks, ambang pengendalian, insektisida lambda sihalotrin + khlorantraniliprol	<ul style="list-style-type: none"> Penggunaan insektisida ditekan sebesar 35,71% Hasil panen sebesar 13,46 ton/ha, setara dengan hasilnya pada penyemprotan insektisida dua kali per minggu Hasil tangkapan ngengat oleh feromonoid seks dapat digunakan sebagai ambang pengendalian, yaitu senilai ≥ 30 ngengat/perangkap/3 hari 	Moekasan <i>dkk.</i> (2013)
3.	Bali, Nganjuk, Brebes, Samosir, 2009 Feromonoid seks	<ul style="list-style-type: none"> Jumlah penyemprotan ditekan sebesar 75% Hasil panen lebih tinggi 	Hayati & Nurawan (2009)
4.	Cirebon, 2009 Feromonoid seks	<ul style="list-style-type: none"> Populasi ulat grayak dapat ditekan Hasil panen lebih tinggi sebesar 21% 	Hayati & Nurawan (2009)
5.	Serang, 2015 Feromonoid seks Ambang pengendalian ≥ 10 ngengat/hari Ambang pengendalian kerusakan tanaman 5%	<ul style="list-style-type: none"> Aplikasi insektisida ditekan sebesar 28%- 60% Hasil panen meningkat sebesar 8,7% - 30% 	Resmayeti & Samudra (2015)
6.	Jeneponto, 2006 Perangkap lampu	<ul style="list-style-type: none"> Intensitas serangan ulat grayak eksigua menurun Aplikasi insektisida turun sebesar 85,3% Produksi tinggi R/C rasio sebesar 2,07 	Nurjanani & Ramlan (2008)

Selama ini, petani merasa kesulitan menerapkan ambang pengendalian ulat grayak eksigua. Oleh karena itu, feromonoid seks yang pada awalnya dimanfaatkan sebagai penarik ngengat jantan dalam rangka pengendalian, kini jumlah ngengat yang tertangkap digunakan sebagai parameter ambang pengendalian. Diharapkan, petani akan lebih mudah mengadopsi teknologi ambang pengendalian. Hasilnya menunjukkan bahwa jumlah tangkapan sebanyak 30 ngengat/3 hari/perangkap dapat menggantikan ambang pengendalian berdasarkan pengamatan kelompok telur atau intensitas kerusakan tanaman. Bahkan, hasil panennya setara dengan hasil pada pertanaman yang disemprot insektisida 2 x/ minggu (Moekasan *dkk.* 2013).

Hayati & Nurawan (2009) melaporkan hasil penerapan teknologi feromonoid seks di beberapa sentra produksi bawang merah yaitu Bali, Nganjuk, Brebes, Samosir dan Cirebon. Hasilnya menunjukkan bahwa teknologi tersebut mampu menekan populasi ulat grayak eksigua, menekan jumlah penyemprotan dan meningkatkan hasil panen. Hasil serupa juga dilaporkan oleh Resmayeti & Samudra (2015).

Penggunaan perangkap lampu di Jenepono, Sulawesi Selatan mampu menekan serangan ulat grayak eksigua sehingga aplikasi insektisida berkurang sebesar 85,3% dan budidaya bawang merah tersebut menguntungkan dengan R/C rasio sebesar 2,07 (Nurjanani & Ramlan 2008).



Gambar 24. Penggunaan perangkap lampu untuk menekan serangan hama *Spodoptera* spp. pada budidaya cabai di Garut, Jawa Barat (Foto T.K. Moekasan)

Pada Tabel 4 disajikan data hasil penerapan teknologi PHT pada budidaya cabai. Dengan penggunaan rumah kaca dan penyemprotan insektisida berdasarkan ambang pengendalian, intensitas serangan ulat grayak litura dapat ditekan sebesar 50%, intensitas dan aplikasi insektisida berkurang 75%. Hasil panen cabai meningkat 109% karena jumlah buah cabai sehat yang berasal dari pertanaman di rumah kaca yang dapat dijual lebih banyak dibandingkan dengan jumlah buah sehat yang ditanam dari lahan terbuka (Moekasan *dkk.* 2015).

Hasil tangkapan ngengat Spodoptera oleh feromonoid seks juga diuji sebagai ambang pengendalian, dan ternyata dapat menggantikan ambang pengendalian berdasarkan kerusakan tanaman 12,5%. Penerapan ambang tersebut mampu menekan aplikasi insektisida sebesar 60% (Moekasan *dkk.* 2020).

Tabel 4. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. litura* pada budidaya cabai

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
1.	Lembang, 2015 Rumah kaca, ambang pengendalian, insektisida emamektin benzoat	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas serangan berkurang sebesar 50% • Jumlah penyemprotan berkurang sebesar 75% • Hasil meningkat 109% 	Moekasan <i>dkk.</i> (2015)
2.	Lembang, 2017 Feromonoid seks, ambang pengendalian, insektisida emamektin benzoat	<ul style="list-style-type: none"> • Ambang pengendalian 25 ngengat/5 perangkap dapat menekan aplikasi insektisida sebesar 60% • Ambang pengendalian 25 ngengat/5 perangkap dapat menggantikan ambang pengendalian berdasarkan kerusakan tanaman 12,5% 	Moekasan <i>dkk.</i> (2020)

Ulat grayak litura merupakan salah satu hama penting pada tanaman brokoli dan wortel. PT Saung Mirwan telah menerapkan teknologi rumah kaca untuk berbudidaya tanaman tersebut. Hasilnya

menunjukkan bahwa serangan ulat grayak litura dapat ditekan dan bahkan tidak perlu dilakukan penyemprotan insektisida karena kerusakan tanaman masih di bawah ambang (Moekasan *dkk.* 2006).

Cahaya dengan panjang gelombang 365-400 nm dapat menarik serangga Lepidoptera dan itu dimanfaatkan sebagai perangkap lampu bagi serangga hama dari ordo tersebut. Ngengat jantan maupun betina akan tertarik dan terperangkap, sehingga populasi ulat dapat ditekan (Prabaningrum & Moekasan 2021).

Ulat grayak litura merupakan salah satu hama utama tanaman kedelai. Penggunaan SI NPV pada budidaya kedelai di berbagai tempat terbukti mampu menekan populasi ulat grayak litura dan hasil panen meningkat (Ilyas & Fattah 2016; Bejo 2004). Mariyono (2008) melaporkan hasil penerapan teknologi PHT pada tanaman kedelai di Daerah Istimewa Yogyakarta dan Jawa Tengah selama kurun waktu 1990 - 1998. Teknologi yang diterapkan ialah pemupukan berimbang, efisiensi pengairan, rotasi tanaman, konservasi tanah dan penerapan ambang pengendalian. Hasilnya menunjukkan bahwa serangan ulat grayak berkurang dan penggunaan insektisida menurun secara nyata.

Tabel 5. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. litura* pada budidaya brokoli, kubis dan wortel

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
1.	Garut, 2006 Brokoli Rumah kaca	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas serangan menurun sebesar 72,55% • Jumlah penyemprotan berkurang 100% • Hasil panen lebih tinggi 10,4% 	Moekasan <i>dkk.</i> (2006)
2.	Lembang, 2018 Kubis Perangkap lampu	<ul style="list-style-type: none"> • Populasi ulat grayak litura pada pertanaman yang menggunakan perangkap lampu lebih rendah daripada populasinya pada pertanaman tanpa perangkap lampu 	Prabaningrum & Moekasan (2021)
3.	Garut, 2006 Wortel Rumah kaca	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas serangan di rumah kaca 0% dan di lahan terbuka 15%. 	Moekasan <i>dkk.</i> (2006)

Tabel 6. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. litura* pada budidaya kedelai dan tembakau

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
1.	Pangkep, 2015 NPV formulasi tepung (1,2 × 10 ⁸ PIBs/g) dengan konsentrasi 20 ml/l	<ul style="list-style-type: none"> • Populasi ulat grayak litura menurun • Intensitas serangan menurun • Hasil panen kedelai meningkat menjadi 1,45 ton/ 	Ilyas & Fattah (2016)
2.	Mojokerto, 1996 SI NPV formulasi Tween 80 dan Sucrose	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalitas ulat grayak litura sebesar 60% 	Bejo (2004)
3.	Malang, 1998, SI NPV formulasi Tween 40%	<ul style="list-style-type: none"> • Mortalitas ulat grayak litura sebesar 82% 	Bejo (2004)
4.	Ponorogo, 1999 SI NPV 200 ml/l	<ul style="list-style-type: none"> • Penekanan populasi ulat grayak litura sebesar 100% • Hasil panen kedelai 1,562 ton/ha 	Bejo (2004)
5.	Yogyakarta dan Jawa Tengah, 1990 – 1998 Pemupukan berimbang, efisiensi pengairan, rotasi tanaman, konservasi tanah, ambang pengendalian.	<ul style="list-style-type: none"> • Serangan hama menurun • Penggunaan insektisida turun secara nyata 	Mariyono (2008)
6.	India, 1994 Teknologi PHT pada tembakau: Pelepasan <i>T. remus</i> sejumlah 40.000/ ha sebanyak 3 kali dengan interval 3 minggu, pelepasan <i>A. africanus</i> sejumlah 3500/ha sebanyak 3 kali dengan interval 3 minggu, penyemprotan ekstrak biji nimba seminggu setelah pelepasan parasitoid ke-3, penanaman tanaman jarak sebagai penarik ngengat untuk meletakkan telur, pengambilan kelompok telur pada tanaman jarak.	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil panen tembakau pada perlakuan PHT lebih tinggi daripada hasilnya pada perlakuan penyemprotan insektisida rutin • R/C pada PHT: 3,42, pada penyemprotan rutin: 1,68 	Chari dkk. (1994)

Jagung merupakan komoditi penting di Afrika dan Asia. Oleh karena itu, serangan ulat grayak jagung yang menginvasi dari Amerika sangat memukul produksi jagung di negara-negara kedua benua tersebut. Para peneliti mengembangkan berbagai teknologi pengendalian dan diperkenalkan kepada petani jagung (Tabel 7).

Tabel 7. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. frugiperda* pada budidaya jagung

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
1.	India, 2018 Pengolahan tanah, aplikasi <i>neem cake</i> 250 kg/ha, jarak tanam, perlakuan benih menggunakan <i>B. bassiana</i> atau tiametoksam, tumpangsari dengan kacang-kacangan, pemungutan kelompok telur, pemasangan perangkap feromon 50 buah/ha, penyemprotan azadirachtin, emamektin benzoat dan spinetoram.	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan tanaman menurun (pada teknologi PHT sebesar 3,33-10%; pada teknologi petani 38,67-43,33%) • Hasil panen meningkat (pada teknologi PHT 8920 kg/ha; pada teknologi petani 2015 kg/ha) • R/C pada teknologi PHT sebesar 4,05; pada teknologi petani 2,01 	Geetha & Venkatachalam (2021)
2.	India, 2018-2019 Perangkap feromon, pelepasan <i>Trichogramma pretiosum</i> sebanyak 4 kali, penyemprotan minyak azadirachta 2 kali, penyemprotan <i>M. anisopliae</i> 1 kali.	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil panen lebih tinggi 38,3% dan 42,29% dibandingkan dengan hasilnya pada perlakuan penyemprotan emamektin benzoat 6-7 kali 	Varshney dkk. (2020)
3.	Zambia, Ghana, 2018 Aplikasi insektisida dan pemungutan kelompok telur.	<ul style="list-style-type: none"> • Hasil panen meningkat 125% 	Tambo dkk. (2020)

Tabel 7. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. frugiperda* pada budidaya jagung (lanjutan)

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
4.	Pakistan, 2018 Sanitasi lahan, pemupukan berimbang, jarak tanam, penaburan 50 gram bubuk cabai + 2 kg abu pada corong tanaman, pelepasan <i>T. pretiosum</i> dan <i>T. atopovirilia</i> 100.000/ha, pelepasan <i>T. remus</i> 2500-3000/ha, penyemprotan NPV, <i>M. anisopliae</i> , <i>B. bassiana</i> , azadirachtin, Neemazal.	<ul style="list-style-type: none"> • Populasi ulat grayak jagung terkendali 	Niazu <i>dkk.</i> (2018)
5.	Kailali, Nepal, 2020 Aplikasi insektisida kimia, aplikasi bioinsektisida lokal dan pemungutan kelompok telur.	<ul style="list-style-type: none"> • Intensitas serangan dapat ditekan menjadi rata-rata 4,15% 	Bandhari <i>dkk.</i> (2021)
6.	Kenya, 2017-2018 <i>Push-pull technology:</i> Penanaman jagung tumpangsari dengan <i>Desmodium uncinatum</i> dan penanaman rumput Napier (<i>Pennisetum purpureum</i>) sebagai pagar mengelilingi pertanaman.	<ul style="list-style-type: none"> • Kerusakan tanaman ditekan sebesar 50% 	Njeru <i>dkk.</i> (2020)

Tabel 7. Hasil penerapan teknologi pengelolaan hama terpadu (PHT) *S. frugiperda* pada budidaya jagung (lanjutan)

No.	Komponen teknologi PHT	Hasil	Sumber
7.	Northern Ethiopia, 2018-2019 <i>Push-pull technology:</i> Penanaman jagung tumpangsari dengan <i>D. uncinatum</i> dan penanaman rumput Napier (<i>P. purpureum</i>) sebagai pagar mengelilingi pertanaman.	<ul style="list-style-type: none"> • Populasi ulat grayak jagung ditekan • Kerusakan tanaman ditekan 91,4%-92,1% 	Gebreziher dkk. (2020)
8.	East Africa, 2017 <i>Push-pull technology:</i> Penanaman jagung tumpangsari dengan <i>Desmodium intortum</i> dan penanaman rumput napier (<i>P. purpureum</i>) sebagai pagar mengelilingi pertanaman.	<ul style="list-style-type: none"> • Populasi larva ditekan sebesar 82,7% • Kerusakan tanaman ditekan sebesar 86,7% • Hasil panen jagung meningkat 2,7 kali 	Midega dkk. (2019)
9.	Morelos, Mexico, 2019 <i>Push-pull technology:</i> Penanaman jagung tumpangsari dengan <i>Dysphania ambrosioides/Crotalaria juncea/Tagetes erecta</i> dan penanaman <i>Panicum maximum</i> sebagai pagar mengelilingi pertanaman.	<ul style="list-style-type: none"> • Serangan hama terkendali • Hasil panen meningkat • R/C ratio: 1,41 - 2,62 	Guera dkk. (2021)

Di India, rakitan teknologi PHT yang terdiri atas pengendalian kultur teknis, pemasangan feromon dan penyemprotan insektisida nabati, bioinsektisida maupun insektisida kimia sintetik yang selektif terbukti mampu menanggulangi serangan ulat grayak jagung dan meningkatkan hasil panen (Geetha & Venkatachalam 2021; Varshney *dkk.* 2020). Perpaduan pengendalian secara kultur teknis, pengendalian hayati dan pengendalian kimiawi yang diterapkan di Pakistan mampu menekan serangan ulat grayak jagung (Niazu *dkk.* 2018). Hasil survei yang dilakukan oleh Tambo *dkk.* (2020) menunjukkan bahwa dari sekian banyak teknologi yang didiseminasikan, yang terbanyak diadopsi oleh petani ialah aplikasi insektisida dan pemungutan kelompok telur. Namun demikian, penerapan kedua komponen teknologi pengendalian tersebut mampu meningkatkan hasil panen jagung sebesar 125%. Bandhari *dkk.* (2021) melaporkan hasil penerapan kombinasi teknologi aplikasi bioinsektisida lokal dengan pemungutan kelompok telur dan aplikasi insektisida sintetik di Nepal mampu menekan kerusakan tanaman menjadi 4,15%. Teknologi pengendalian *push-pull* banyak dikembangkan di Afrika dan Meksiko. Hasilnya sangat nyata menekan populasi larva, menekan kerusakan tanaman dan meningkatkan hasil panen.

Bab 6.

PELUANG DAN TANTANGAN PENERAPAN PENGELOLAAN HAMA TERPADU (PHT) DI INDONESIA

Pengelolaan hama terpadu (PHT) merupakan kombinasi tindakan pengendalian hama dengan tindakan pencegahan. Dengan demikian, pengelolaan hama lebih komprehensif dan mendasar dalam hal sasaran dan cara mencapai sasaran. Sasaran pengelolaan hama tidak hanya populasi hama yang dapat ditekan, tetapi meliputi sasaran sosial ekonomi dan kualitas lingkungan hidup. Cara mencapai sasaran tidak hanya menggunakan pestisida, tetapi memadukan semua teknik budidaya dan pengendalian hama secara serasi. Oleh karena itu, pengelolaan hama terpadu dapat dikatakan sebagai usaha optimasi pengelolaan ekosistem pertanian untuk mencapai sasaran dengan memperhatikan azas ekologi dan ekonomi (Untung 1993).

6.1. Peluang penerapan PHT *Spodoptera spp.*

6.1.1. Terbukanya pasar produk pertanian yang aman dikonsumsi

Sektor pertanian di abad ke-21 dihadapkan pada tiga tantangan utama, yaitu: (a) memperbaiki ketahanan pangan, kehidupan dan

pendapatan di pedesaan, (b) memenuhi permintaan pangan yang semakin meningkat dan beragam, dan (c) melestarikan dan melindungi sumber daya alam. Ketiga tantangan tersebut disuarakan oleh masyarakat internasional melalui World Food Summit Plan of Action and Millenium Development Goals. Tantangan tersebut dapat diatasi salah satunya melalui *Good Agricultural Practices (GAP)*, yang diharapkan tidak hanya dapat menjamin ketahanan pangan, tetapi juga memberikan manfaat bagi lingkungan alam, sosial dan kesejahteraan masyarakat (FAO 2003).

Sampai saat ini telah berkembang standar-standar GAP yang cakupannya bersifat nasional, misalnya Ho Chi Minh City GAP (Vietnam), GAP-VF (Singapore), Q-GAP (Thailand) dan sebagainya, dan Indonesia telah mempunyai acuan berbudidaya pertanian yang baik yang disebut Indo-GAP. Tujuannya ialah untuk meningkatkan produksi dan produktivitas tanaman, meningkatkan mutu hasil termasuk keamanan konsumsi, meningkatkan efisiensi produksi, memperbaiki efisiensi penggunaan sumberdaya alam, mempertahankan kesuburan lahan, kelestarian lingkungan dan sistem produksi yang berkelanjutan, mendorong petani dan kelompok tani untuk mempunyai sikap mental yang bertanggung jawab terhadap produk yang dihasilkan, kesehatan dan keamanan diri dan lingkungan, meningkatkan daya saing dan peluang penerimaan oleh pasar internasional dan domestik, memberi jaminan keamanan terhadap konsumen dan meningkatkan kesejahteraan petani. Dasar hukum penerapan Indo-GAP ialah (1) PP No.8 Th. 2004 tentang Keamanan, Mutu dan Gizi Pangan Bab III pasal 3 dan (2) Permentan No. 48/Permentan/OT.140/10/2009 tentang Pedoman Budidaya Buah dan Sayur yang Baik (Adiyoga 2010).

Pedoman tersebut dijabarkan dalam 100 titik kendali yang harus dipatuhi. Salah satu persyaratan dalam penerapan GAP ialah “pengendalian OPT dilakukan menurut konsepsi PHT”. Dengan demikian, penerapan PHT merupakan suatu keharusan jika hendak melaksanakan budidaya pertanian yang baik. Selanjutnya produk pertanian yang dihasilkan dari penerapan GAP dapat memperoleh sertifikasi Prima I, Prima II atau Prima III. Produk yang telah tersertifikasi tersebut mempunyai nilai tambah karena ada jaminan aman dikonsumsi dan bermutu tinggi.

Penerapan Indo-GAP diperkuat oleh Undang-undang No. 22 tahun 2019 tentang Sistem Budi Daya Pertanian Berkelanjutan yang diterbitkan pada 18 Oktober 2019. Pada Bab IX pasal 48 dinyatakan bahwa perlindungan pertanian dilaksanakan dengan sistem “pengelolaan hama terpadu” serta penanggulangan perubahan iklim. Pelaksanaannya merupakan tanggung jawab pemerintah pusat, pemerintah daerah, petani, pelaku usaha dan masyarakat. Pada pasal 131 dinyatakan bahwa peraturan pelaksanaannya harus ditetapkan paling lama tiga tahun sejak Undang-undang tersebut diundangkan. Dengan demikian, penerapan PHT merupakan suatu keharusan dalam budidaya pertanian di Indonesia.

Tanaman sayuran seperti cabai, kubis, bawang merah dan lainnya, yang merupakan inang *Spodoptera* spp., adalah komoditas yang bernilai ekonomi tinggi. Kementerian Pertanian melaporkan bahwa surplus cabai merah sebesar 95,36 ribu ton pada tahun 2016 dapat dimanfaatkan untuk diekspor ke beberapa negara seperti Saudi Arabia, Malaysia, Nigeria dan Singapura (Setiawati *dkk.* 2018). Penggunaan insektisida pada budidaya komoditas tersebut yang sangat intensif, sehingga harus ditekan dengan menerapkan GAP agar menghasilkan produk yang mampu bersaing di pasar global.

6.1.2. Teknologi pengendalian *Spodoptera* spp. yang telah dihasilkan

Teknologi pengendalian *Spodoptera* spp. yang ramah lingkungan telah banyak dihasilkan oleh para peneliti. Teknologi PHT seperti pemanfaatan musuh alami, baik parasitoid, predator maupun patogen sebagai agens pengendali (Sari *dkk.* 2020; Aryo *dkk.* 2017; Krishanti *dkk.* 2017; Kristanti 2018), pengendalian secara kultur teknis (Assefa *dkk.* 2019), perakitan varietas tahan hama (Bayu *dkk.* 2018; Adi *dkk.* 2020), penggunaan feromon dan perangkap hama (Resmayeti & Samudra 2015; Prabaningrum & Moekasan 2021), penetapan ambang pengendalian *Spodoptera* spp. (Moekasan *dkk.* 2013; Moekasan *dkk.* 2020) telah diperoleh. Semuanya itu merupakan suatu peluang untuk penerapan PHT dalam mengendalikan hama *Spodoptera* spp.

6.1.3. Teknologi pengendalian yang telah siap diterapkan dan kendalanya

Teknologi pengendalian *Spodoptera* spp. menggunakan feromon dan perangkap lampu telah siap digunakan serta penggunaannya pun mudah dan praktis. Namun, distribusinya ke daerah-daerah belum merata, sehingga masih sulit dijangkau oleh petani pada umumnya. Untuk petani milenial, yang mampu menggunakan sarana internet, hal itu bukan merupakan hambatan karena feromon dan perangkap lampu dapat dibeli melalui *online*. Musuh alami seperti patogen *M. anisopliae* dan *B. bassiana* juga sudah ada yang dikemas dan dipasarkan sebagai pestisida hayati dan dapat diakses oleh petani.

Penelitian penggunaan parasitoid sudah banyak dan terbukti efektif (Sari *dkk.* 2020; Supeno *dkk.* 2021). Namun, musuh alami tersebut belum diproduksi secara massal sehingga petani belum dapat menerapkan teknologi tersebut. Hal yang dapat dilakukan oleh petugas lapangan ialah memberikan edukasi mengenai penanaman refugia di sekitar pertanaman utama, yang berfungsi sebagai tempat berkembang biaknya kedua jenis musuh alami tersebut. Dengan demikian, parasitoid dan predator di lapangan selalu tersedia sehingga diharapkan mampu mengendalikan populasi *Spodoptera* spp. hingga di bawah ambang pengendalian (Sitepu 2018; Sumini & Bahri 2020).



Gambar 25. Tanaman refugia yang ditanam di pinggiran pesawahan untuk tempat tinggalnya musuh alami (Sumber : [https:// tanesia.id/ tanaman-refugia-pelindung-tanaman-budi-daya/](https://tanesia.id/tanaman-refugia-pelindung-tanaman-budi-daya/))

Penggunaan insektisida berdasarkan ambang pengendalian bukanlah suatu hal yang mudah. Meskipun para peneliti telah menetapkan ambang pengendalian sepraktis mungkin, tetapi petani masih perlu edukasi secara berkesinambungan agar benar-benar mampu menerapkan ambang pengendalian. Pemilihan insektisida selektif dan berdasarkan *MoA* juga masih merupakan sesuatu yang harus dikampanyekan secara terus menerus. Untuk maksud tersebut, Sekolah Lapangan yang difasilitasi oleh petugas lapangan yang handal merupakan sarana pembelajaran yang harus terselenggara.

6.2. Tantangan penerapan PHT *Spodoptera* spp.

6.2.1. Teknologi PHT yang mempunyai potensi dikembangkan

Teknologi pengendalian *Spodoptera* spp. dengan memanfaatkan parasitoid dan predator lokal Indonesia masih perlu dikembangkan lebih lanjut. Teknologi produksinya secara massal, pengemasannya dan aplikasinya di lapangan masih harus dikaji secara mendalam sebelum dapat dengan mudah digunakan oleh petani. Di negara maju seperti di Belanda, parasitoid, predator dan patogen telah diproduksi oleh suatu perusahaan seperti Koppert dan Biobest dan dikemas secara baik dalam botol atau sachet sehingga petani mudah mengaplikasikannya.



Gambar 26.
Sachet "Spical Ulti-Mite" yang berisi predator mite *Neoseiulus californicus* untuk mengendalikan tungau pada tanaman sayuran, hias, dan buah
(Sumber : <https://www.koppert.com/spical-ulti-mite/>)



Gambar 27.
Biofungisida yang mengandung *Trichoderma harzianum* T-22 untuk mengendalikan penyakit tular tanah seperti *Pythium* spp., *Rhizoctonia* spp., *Fusarium* spp. dan *Sclerotinia*. (Sumber : <https://www.koppert.com/Trianum-P/>)



Gambar 28.
Kantung kertas yang berisi 125.000 predator mite (*Amblyseius cucumeris*) untuk mengendalikan hama trips produksi BioBest (Sumber : <https://www.biobestgroup.com/en/biobest/products/biological-pest-control-4463/beneficial-insects-and-mites-4479/amblyseius-system-4664/>)

6.2.2. Persamaan persepsi dan komitmen para pemangku kepentingan tentang konsepsi PHT

PHT di Indonesia lahir pada tahun 1986, yang ditandai dengan terbitnya Inpres No. 3/ 1986 dan pencabutan subsidi pestisida pada tahun 1989 (Untung 1993). PHT mula-mula dikembangkan pada komoditi tanaman padi, kemudian tanaman pangan lainnya serta

selanjutnya pada tanaman sayuran. Pelatihan PHT diselenggarakan secara nasional untuk mencetak para pemandu dan pengamat OPT yang handal. Selanjutnya para pemandu tersebut menjadi fasilitator pada sekolah lapangan (SL) PHT bagi petani yang dilaksanakan di seluruh Indonesia. Terbitnya UU No. 12 tahun 1992 tentang Sistem Perlindungan Tanaman serta PP No. 6 tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman merupakan komitmen pemerintah untuk menerapkan PHT.



Gambar 29. Sekolah Lapangan – Pengelolaan Hama Terpadu (SL-PHT) pada budidaya bawang merah untuk menekan serangan ulat grayak eksigua di Brebes, Jawa Tengah yang diselenggarakan oleh Prognas PHT-Bappenas pada tahun 1992-1995 (Foto : T.K. Moekasan)

Namun, dengan berjalannya waktu ternyata penerapan PHT justru tidak terlaksana dengan baik. Petani yang semula telah mendapatkan pelatihan PHT ternyata kembali mengandalkan pestisida dalam berbudidaya karena tidak adanya pendampingan secara berkelanjutan. Penambahan jumlah pestisida yang diijinkan beredar di Indonesia oleh Komisi Pestisida Kementerian Pertanian semakin tidak mendukung penerapan PHT .

Diberlakukannya *Good Agricultural Practices* telah memaksa PHT digalakkan kembali dengan perencanaan yang lebih matang dan terstruktur agar petani mampu melaksanakan GAP. Pemberlakuan Undang-undang No. 22 tahun 2019 tentang Sistem Budidaya Pertanian Berkelanjutan menunjukkan komitmen pemerintah untuk menerapkan PHT agar mampu menghasilkan produk yang aman dan mampu bersaing di pasar regional dan global. Praktik berbudidaya yang tidak menaati undang-undang tersebut tentu akan mendapatkan sanksi.

6.2.3. Sosialisasi teknologi PHT kepada pemangku kepentingan

Sosialisasi teknologi PHT harus mendapatkan dukungan dari pemerintah maupun petani. Teknologi pengendalian yang telah didapatkan harus didiseminasikan kepada petani atau pengguna. Untuk itu diperlukan penyuluhan yang berkesinambungan dan dalam penerapannya perlu pendampingan oleh petugas di lapangan. Namun, sayangnya pelaksanaan SL PHT justru mengalami kemunduran. Pemerintah meniadakan penyelenggaraan SL PHT secara nasional. Padahal, melalui SL PHT inilah teknologi PHT diperkenalkan kepada petani dan pemangku kepentingan lainnya. Selain itu, petugas lapangan POPT dan PPL yang bertugas mendampingi petani juga semakin berkurang. POPT dan PPL yang pernah mendapatkan pelatihan PHT terdahulu telah pensiun, sedangkan yang baru belum pernah mengikuti pelatihan. SL PHT yang ada berjalan tanpa modul dan panduan yang baku, sehingga kualitas pelaksanaannya sangat beragam, tergantung pada kreativitas pemandunya. Kondisi semacam ini menjadikan program PHT menjadi seperti jalan di tempat. Oleh karena itu, institusi yang menangani perlindungan tanaman perlu berbenah diri agar agar pelaksanaan pelatihan tepat sasaran.

Penerapan PHT yang selama ini didemonstrasikan kepada petani masih diarahkan untuk peningkatan produksi, belum sampai ke peningkatan nilai tambah ekonomi, yang mampu meningkatkan kesejahteraan petani. Jaminan harga produk pertanian yang dihasilkan dari penerapan PHT belum diapresiasi, masih disamakan dengan produk non-PHT. Terlebih lagi, harga produk pertanian tidak stabil, sehingga petani enggan untuk melakukan cara-cara pengendalian yang menurut mereka tidak biasa dan tidak memberikan nilai tambah bagi produk mereka.

Dari sisi petani, tantangan yang dihadapi dalam sosialisasi PHT ialah proses pengambilan keputusan pengendalian yang terjadi masih bersifat individual. Padahal sebaiknya petani tergabung dalam suatu kelompok tani agar penerapan PHT lebih efektif dan efisien. Terserapnya teknologi pengelolaan hama oleh petani masih terasa sangat lambat, karena tingkat pemahaman mereka juga tergolong masih kurang. Oleh karena itu, keikutsertaan petani dalam SL PHT sangat lah membantu meningkatkan pengetahuan dan wawasan petani akan teknologi pengendalian yang ramah lingkungan. Kesadaran petani akan lingkungan hidup yang masih rendah perlu ditingkatkan, agar mereka mampu mengelola agroekosistem dengan baik.

Bab 7.

PENUTUP

Ulat grayak *Spodoptera* spp. sudah sejak lama menjadi masalah bagi pelaku usahatani tanaman pangan dan hortikultura. Usaha yang umum dilakukan ialah bagaimana dapat menekan populasinya serendah dan secepat mungkin agar hama tersebut tidak menimbulkan kerugian. Berbagai teknologi telah tersedia, namun pada umumnya petani dan pelaku usaha tani lainnya lebih bertumpu pada satu cara pengendalian, yaitu penggunaan insektisida. Hal itu telah menyebabkan terjadinya tekanan lingkungan yang besar terhadap hama sasaran maupun kondisi agroekosistem, yang salah satu dampaknya ialah munculnya hama yang resisten. Semakin keras usaha yang dilakukan untuk menekan populasi secara cepat, semakin cepat pemunculan hama yang resisten jika hanya menggunakan satu cara pengendalian saja. Oleh karena itu, satu-satunya cara untuk memperlambat atau menunda terjadinya resistensi adalah dengan menggunakan berbagai cara pengendalian yang dipadukan. Cointe *dkk.* (2016) menyatakan bahwa pengurangan ketergantungan terhadap pestisida merupakan langkah penting untuk kelestarian produksi pertanian.

Pengendalian hama secara kultur teknis membuat kondisi agroekosistem tidak sesuai bagi perkembangan hama. Dengan melakukan sanitasi atau membersihkan lahan dari sisa-sisa tanaman yang lalu, berarti kita telah menghilangkan sumber infeksi. Dengan demikian, kerusakan tanaman berikutnya dapat dicegah. Pengolahan tanah akan menyebabkan pupa *Spodoptera* spp. yang berada di

dalamnya terangkat ke permukaan dan sengatan sinar matahari akan memamatkannya atau predator akan lebih mudah menemukannya. Pergiliran tanaman dengan tanaman yang kurang disukai oleh ulat grayak akan memutus daur hidup hama tersebut. Penggunaan pupuk berimbang yang sesuai dengan kebutuhan tanaman akan meningkatkan kesehatan tanaman sehingga mampu meningkatkan toleransinya terhadap serangan hama.

Pengendalian fisik seperti penggunaan perangkap lampu dan feromonoid seks harus diterapkan secara luas dan berkesinambungan. Selain itu harus dipadukan dengan teknologi pengendalian yang lain. Jika dilakukan secara tepat, pengendalian fisik ini mampu secara nyata menurunkan populasi Spodoptera di pertanaman.

Pengendalian hayati memegang peranan penting karena semua usaha pengendalian yang lain secara bersama-sama ditujukan untuk memperkuat fungsi musuh alami agar populasi hama tetap berada di bawah ambang pengendalian. Pengendalian hayati memiliki keuntungan yaitu bersifat permanen, artinya musuh alami mapan. Selain itu aman, artinya tidak menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan. Lebih lanjut, pengendalian hayati ekonomis, artinya jika pengendalian hayati berhasil, tidak diperlukan tambahan biaya pengendalian.

Kole *dkk.* (2020) menyatakan bahwa penggunaan biopestisida dapat mengurangi laju perkembangan resistensi. Oleh karena itu, biopestisida, baik yang berbahan aktif nabati maupun mikroba perlu ditingkatkan untuk mengatasi hal tersebut.

Penggunaan insektisida kimia sintetik dilakukan secara cermat, sejak pemilihan jenis, penanganan sampai aplikasi, dan rotasinya agar tepat sasaran dan tidak berdampak negatif terhadap lingkungan dan menekan timbulnya strain hama *Spodoptera spp.* yang resisten.

Sistem berbudidaya pertanian yang berkelanjutan yang ditetapkan dengan Undang-undang telah memaksa kita untuk tidak mundur kembali dalam menerapkan PHT. Pengelolaan hama terpadu membutuhkan dukungan yang cukup dan terus menerus dari program penelitian. Program pelaksanaan PHT dan penelitian harus seiring sejalan dan saling melengkapi. Artinya, pelaksanaan PHT akan selalu

diperbaiki dan diperbaharui dengan ditemukannya teknologi-teknologi pengendalian yang baru. Namun, penelitian PHT juga harus disesuaikan dengan kondisi di lapangan yang dinamis. Penelitian PHT harus bersifat menyeluruh sehingga diperlukan peranan peneliti dari disiplin ilmu di luar perlindungan tanaman agar diperoleh hasil yang mampu menyelesaikan masalah secara lebih baik. Pengembangan sistem informasi dan sistem pengambilan keputusan perlu ditingkatkan agar teknologi pengendalian yang terbaru dapat diakses secara lebih luas dan pengambilan keputusan dapat diambil secara lebih cepat.

Tersebarinya teknologi pengendalian hama *Spodoptera* spp. kepada petani dan pemangku kepentingan lainnya membutuhkan sarana berupa sekolah lapangan PHT (SL PHT). Selanjutnya, diperlukan pula pendampingan yang berkelanjutan oleh petugas lapangan (POPT dan PPL) yang handal agar teknologi tersebut dapat diadopsi oleh petani sehingga budidaya pertanian yang baik terwujud. Dengan demikian masalah hama *Spodoptera* spp. dapat ditanggulangi dengan baik dan diharapkan produk pertanian dari Indonesia mampu bersaing di pasar regional bahkan di pasar global.

DAFTAR PUSTAKA

- Abdullah, Md., O. Sarnthoy, S. Tantakom, S. Isichaikul & S. Chaeychomsri. 2000. "Monitoring insects resistance development in beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera;Noctuidae)". *Kaesart J. (Nat. Sci.)*34:450-457.
- Adi, M.M, A. Krisnawati & Y. Baliadi. 2020. "Evaluation for soybean resistance to armyworm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae)". *IOP Conf. Series: Earth and Environ. Sci.* 484(2020)012020.doi:10.1088/1755-1315/484/1/012020.
- Adiyoga, W. 2010. *Praktek Budidaya Pertanian yang Baik*. Modul pelatihan SL-PTT cabai merah –bawang merah. Puslitbang Hortikultura. Jakarta.
- Adriani, F. 2012. "Efektifitas nematoda entomopatogen (*Steinernema* spp.) isolat lokal Kabupaten Hulu Sungai Utara terhadap pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) *Rawa Sains: J. Sains Stiper Amuntai* 2(2):47-52. <https://doi.org/10.36589/rs.v2i2.15>.
- Agboyi, L.K., G. Goergen, P. Beseh, S.A. Mensah, V.A. Clottey, R. Glikpo, A. Buddie, G. Cafa, L. Offord, R. Day, I. Rwomushana & M. Kenis. 2020. "Parasitoid complex of fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Ghana and Benin. *Insects* 11(2):68. <https://doi.org/10.3390/insects11020068>.
- Ahmad, M., A. Ghaffar & M. Rafiq. 2013. Host plants of leafworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan". *Asian J. Agri. Biol.* 1(1):23-28.

- Ahmed, Y.E., S.M. Desoky, M.M. El-Sabagh & A.R. Sofy. 2016. "Molecular and biological characterization of a nuclearpolyhedrovirus isolate (Egy-SI NPV) from *Spodoptera littoralis* in Egypt". *Int. J. Virology and Molecular Biology* 5(2):34-45. DOI: 10.5923/j.ijvmb.20160502.02.
- Akutse, K.S., J.W. Kimemia, S. Ekasi, F.M. Khamis, O.L. Ombura & S. Subramanian. 2019. "Ovicidal effects of entomopathogenic fungal isolates on the invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)". *J. Appl. Entomol.* 143(6):626-634. <https://doi.org/10.1111/jen.12634>.
- Aldini, G.M., Y.A. Trisyono, A. Wijonarko, Witjaksono & H. de Putter. 2020. "Farmers' practices in using insecticides to control *Spodoptera exigua* infesting shallot *Allium cepa* var *aggregatum* in the shallot production centers of Java". *J. Perlindungan Tanaman Indonesia* 24(1): 75-81. DOI:10.22146/jpti.47893.
- Amitha, V., G. Vengateswari & M.S. Shivakumar. 2020. "Entomopathogenicity of nematode *Panagrolaimus* spp. (Rhabditidae: Panagrolaimidae) against lepidopteran pest *Spodoptera litura*". *Int. J. Pest Manag.* 17 June 2020. <https://doi.org/10.1080/09670874.2020.1776415>.
- Arfan, Ifall, Jumadin, H. Noer, Sumarni. 2020. "Populasi dan tingkat serangan *Spodoptera frugiperda* pada tanaman jagung di Desa Tulo, Kabupaten Sigi". *J. Agrotech.* 10(2): 54 DOI:<https://doi.org/10.31970/agrotech.v10i2.54>.
- Aryo, K., P. Purnomo, L. Wibowo & T.N. Aeny. 2017. Virulensi beberapa isolate *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium". *J. Agrotek Trop.* 5(1):96-101. DOI:<http://dx.doi.org/10.23960/jat.v5i2.1833>.
- 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>.

- Ayil-Gutierrez, B.A., L.F. Sanchez-Teyer, F. Vazquez-Flota, M. Monforte-Gonzales, Y. Tamayo-Ordenez, M.C.NTamayo Ordenez & G. Rivera. 2018. "Biological effects of natural products against *Spodoptera* spp.". *Crop Prot.* 114:195-207.
- Ayyogari, K. P. Sidhya & M.K. Pandit. 2014. "Impact of climate change on vegetable cultivation- A Review". *Int. J. Agric. Environ. Biotech.* 7(1):145-155. DOI:10.5958/j2230.732X.7.I.020.
- Ayyub, M.B., Z.A. Nawa, M.J. Arif & L. Amrao. 2019. "Individual and combined impact of nuclear polyhedrosis virus and spinosad to control the tropical armyworm, *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in cotton in Pakistan". *Egyptian J. Biol. Pest Control* 29(67).
- Azidah, A.A. & M. Sofian-Azirun. 2007. "Life history of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)non various host plants". *Bull. Entomol. Res.* 96:613-618. DOI:10.1079/BER.2006461.
- Basera, A. & R.P. Srivastava. 2010. "Effect of sublethal doses of some synthetic pyrethroids in combination with plant oils on *Spodoptera litura* Fab.". *Pest Manag. Hort. Ecosyst.* 16(2):184-187.
- Basuki, R.S. 2009. "Pengetahuan petani dan keefektifan penggunaan insektisida oleh petani dalam pengendalian ulat *Spodoptera exigua* Hubn. Pada tanaman bawang merah di Brebes dan Cirebon". *J. Hort.* 19(4):459-474.
- Bateman, M.L., R.K. Day, B. Luke, S. Edgington, U. Kuhlmann & M.J.W. Cock. 2018. "Assessment of potential biopesticide options for managing fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Africa". *J. Appl. Entomol.* 142:805-819. DOI:10.1111/jen.12565.
- Batubara, R. & A. Dalimunte. 2016."Pengendalian hama ulat grayak *Spodoptera litura* pada tanaman tembakau Deli (*Nicotiana tabacum*) dengan pestisida nabati dari kulit kayu mindi (*Melia azedarach*)". *Biofarmasi* 14(1):33-37. DOI:<https://doi.org/10.13057/biofer/f140105>.

- Bayu, M.S.Y.I., A. Krisnawati & M.M. Adie. 2018. "Response of soybean genotypes against armyworm, *Spodoptera litura* based on no-choice test". *IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci.* 102(2018)012033. doi: 10.1088/1755-1315/102/1/012033.
- Bejo.2004. "Pemanfaatan *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SI NPV) untuk pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai". *Bull. Palawija* 7&8:1-9.
- Bengochea, P., I. Sanchez-Ramos, R. Saelices, F. Amor, P. deEstal, E. Vinuela, A. Adam, A. Lopez, F. Budia & P. Median. 2014. "Is emamectin benzoate effective against the different stages of *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)?" *Irish J. Agric. Food Res.* 53:37-49.
- Bhandari, S., R. Bhattarai, K.R. Pandey & S. Adhikari. 2020. "Assessment of infestation of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) on maize and its implemented management practices with their efficacy in Kalali, Nepal". *Malaysian J. Sustainable Agric.* 5(1):10-15. DOI: <http://doi.org/10.26480/mjsa.01.2021.10.15>.
- 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>.
- Bragard, C., K. Dehnen-Schmutz, F.D. Serio, P. Gontier, M.A. Jaques, J.A.J. Miret, A.F. Justesen, C.S. Magnusson, P. Milonas, J.A. Navas-Cortes, S. Parnell, R. Potting, L. Reignault, H.H. Thulke, W. Van der Worf, A.V. Civera, J. Yuan, L. Zappala, C. Malumphy, E. Czwienezek & A. McLeod. 2019. "Pest categorisation of *Spodoptera litura*". *EPSA J.* 17(7):5785. doi:10.2903/j.efsa.2019.5765.
- Brown, E.S. 2015. "Control of African armyworm, *Spodoptera exempta* (Walk.). An appreciation of the problem". *East African Agricultural Forestry Journal* 35(3):237-245. <http://doi.org/10.1080/00128325.1970.11662403>.

- Bryant, T. & F.P.F. Reay-Jones. 2020. "Insecticide resistance: Overview and management". Land-Grant Press.
- Budiman, G. 2011. "Pengendalian *Spodoptera exigua* pada tanaman bawang merah dengan menggunakan perangkap lampu (*light trap*) dan insektisida". Thesis. UPN Veteran Yogyakarta.
- Bueno, R.C.O.F., C.G. Raetano, J.D. Junior, F.K. Carvalho . 2017. "Integrated management of soybean pests: the example of Brazil". Outlooks on Pest Management August 2017. DOI: 10.1564/v28_aug_02
- Capinera, J.L. 2020. "Fall armyworm". University of Florida. https://www.entnemdept.ufl.edu/creatures/field/fall_armyworm.htm.
- Carillo, O.S.C. 2010. "Hongo entomopat6geno afectando larva de *Spodoptera frugiperda*, encontrada en cultivo de arroz". <http://entopcastillo.blogspot.com/2010/12/hongo-entomopatogeno-afectando-larva-de.html>.
- Chari, M.S., R.S.N. Rao & U. Shreedar. 1994. "Integrated management of tobacco leaf eating caterpillar *Spodoptera litura* in India". *Bull. Spec. CORESTA Congress*, Harare, p.99.P15.
- Che, W., T. Shi, Y. Wu & Y. Yang. 2013. "Insecticide resistance status of field population of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) from China". <https://dx.doi.org/10.1603/EC113128>.
- Cointe, R.L., T.E. Simon, P. Delarue, M. Herve, M. Leclerc & S. Poggi. 2016. "Reducing the use of pesticides with site-specific application: the chemical control of *Rhizoctonia solani* as a case study for the management of soil-borne diseases". *PLoS ONE* 11(9):e0163221. <http://doi.org/10.1371/journal.pone.0163221>.

- Day, R., P. Abrahams, M. Bateman, T. Beale, V. Clotey, M. Cock, Y. Colmenarez, N. Corniani, R. Early, J. Godwin, J. Gomez, P.G. Moreno, S.T. Murphy, B. Oppong-Menzah, N. Phiri, C. Pratt, S. Silvestri & A. Witt. 2017. "Fall armyworm: impacts and implications for Africa". *Outlooks Pest Manag.* 28(5):196-201.
- deCastro, A.A., J.C. Legaspi, W.S.Tawares, R.L. Meagher Jr, N. Miller, L. Kanga, M. Hasseb, J.E.Serrao, C.F. Wilcken & J.C. Zanuncio. 2018. "Lethal and behavioral effects of synthetic and organic insecticides on *Spodoptera exigua* and its predator *Podisus maculiventris*". *Nat. Library Med.* 13(11):e0206789.
doi:10.1371/journal.pone.0206789.eCollection2018.
- Deepak, G., S.P. Yadav, S. Yadav & R. Puneet. 2020. "Biology studies of tobacco caterpillar *Spodoptera litura* Fabricius on castor (*Ricinus communis* L.)". *J. Entomol. Zool. Studies* 8(2):1163-1168.
- de Freitas, J.G., T.A. Takahashi, L.L. Figueiredo, P.M. Fernandes, L.F. Camargo, I.M. Watanabe, L.A. Foerster, J. Fernandes-Triana & E.M. Simbori. 2019. "First record of *Cotesia scotti* (Valerio and Whitfield, 2009) (Hymenoptera: Braconidae: Microgastrinae) cpmb.nov. parasiting *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>.
- Deshmukh, S., H.B. Pavithra, C.M. Kalleshwaraswamy, B.K. Shivanna, M.S. Maruthi, D. Mota-Sanchez. 2020. "Management of invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on maize in India". *Florida Entomol.* 103(2):221-227. <https://doi.org/10.1653/024.103.1211>.

- Dhobi, C.B., M.B. Zala, H.S. Verma, D.B. Sisodiya, R.K. Thumar, M.B. Patel, J.K. Patel & P.K. Borad. 2020. "Evaluation of biopesticides against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in maize". *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 9(8):1150-1160.
- Divya, D. 2016. "Management of *Spodoptera litura*". *Imperial J. Interdisciplinary Res. (IJIR)* 2(5):285-289.
- Escasa, S.R., R.L. Harrison, J.D. Mowery, G.R. Bauchan & J.S. Cory. 2019. "The complete genome sequence of an alphabaculovirus from *Spodoptera exempta*, an agricultural pest of major economic significance in Africa". *PloS ONE* 14(2):e0209937.
- Fadhullah, A.A., M. Hoesain & N.T. Haryadi. 2015. "Aplikasi bioinsektisida untuk pengendalian hama *Spodoptera litura*, *Helicoverpa* spp. dan *Cyrtopeltis tenuis* pada tanaman tembakau". *Berkala Ilmiah Pertanian* 1(1). <https://repository.unej.ac.id>.
- Faithpraise, F.O., I. Joseph, C.R. Chatwin, R.C.D. Young & R. Birch. 2014. "Modelling the control of African armyworm (*Spodoptera exempta*) infestation in cereal crops by deploying naturally beneficial insects". *Biosystems Eng.* 129:268-276. DOI:10.1016/biosystemeng.2014.11.001.
- Fand, B.B., A.L. Kamble & M. Kumar. 2012. "Will climate change pose serious threat to crop pest management: A critical review?". *Int. J. Sci. Res. Publ.* 2(11):1-14.
- Farahani, S., A.S. Talebi & Y. Fathipour. 2012. "Life table of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) on five soybean cultivars". *J. Entomol.* 2012:513824. <https://doi.org/10.115555/2012/513824>.
- Fateha, R.N., M. Grasela, M.N. Ichwan, E.W. Purwanti & I. Kurniasari. 2020. "Larvicidal and antifeedant activities of clove leaf oil against *Spodoptera litura* (F.) on soybean". *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 21(1):20-25. DOI: <https://doi.org/10.23960/j.hppt.12120-25>.

- Fattah, A. & A. Ilyas. 2016. "Siklus hidup ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) dan tingkat serangan pada beberapa varietas unggul kedelai di Sulawesi Selatan". pp. 834-842. Pros. Sem. Nas. Inovasi Teknologi Pertanian. Banjarbaru, 20 Juli 2016.
- Feldmann, F., U. Rieckmann & S. Winter. 2019. "The spread of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* in Africa: what should be done next?". *J. Plant Dis. Prot.* 126(5):97-101.
- Food and Agriculture Organization (FAO). 2003. "Good Agricultural Practices". Report of Expert Consultation on Good Agricultural Practices (GAP) Approach. Rome, Italy, 10-12 November 2003.
- Geetha, B. & S.R. Venkatachalam. 2021. "Evaluation of IPM technologies for the management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith on maize in Tamil Nadu". *Indian J. Plant Prot.* 49(1):5-8.
- Georgen, G., P.L. Kumar, S.B. Sankung, A. Togola & M. Tamo. 2016. "First report of outbreaks of the fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) (Lepidoptera, Noctuidae), a new alien invasive pest in West and Central Africa". *PLoS ONE* 11(10):e0165632.
- 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* 25:105-117.
- Gregory, P.J., S.N. Johnson, A.C. Newton & S.I. Ingram. 2009. "Integrating pests and pathogens into the climate change/food security debate". *J. Exp. Botany* 60(10):2827-2838.
- Guaerrero, A., E.A. Malo, J. Coll & C. Quero. 2014. "Semiochemical and natural product-based approaches to control *Spodoptera* spp. (Lepidoptera: Noctuidae)". *Pest Sci.* Springer-Verlag Berlin Heidelberg 2014. DOI:10.1007/s1030-013-0533-7.

- Guera, O.G.M., F. Castrejon-Ayala, N. Robledo, A. Jimenez-Perez, G. Sanchez-Rivera, L. Salazar-Marcial & H.E.F. Moctezuma. 2021. "Effectiveness of push-pull systems to fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) management in maize crops in Morelos, Mexico". *Insects* 12:298. <https://doi.org/10.3390/insects12040298>.
- Gunn, A. 2003. "The determination of larval coloration in the African armyworm, *Spodoptera exempta* and its consequences for thermoregulation and protection from UV light". *Entomologia Experimentalis et Applicata* 86(2):125-133. <https://doi.org/10.1046/j.1570-7458.1998.00273.x>.
- Gustianingtyas, M., S. Herlinda & S. Suwandi. 2021. "The endophytic fungi from South Sumatra (Indonesia) and their pathogenicity against the new invasive fall armyworm, *Spodoptera frugiperda*". *Biodiversitas : J. Biol. Diversity* 22(2):1051-1062. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d220262>.
- Haryati, Y. & A. Nurawan. 2009. "Peluang pengembangan feromon seks dalam pengendalian hama ulat bawang (*Spodoptera exigua*) pada bawang merah". *J. Litbang Pertanian* 28(2):72-77.
- Hasyim, A., W. Setiawati & R. Murtiningsih. 2013. "Perilaku memanggil ngengat betina dan evaluasi respons ngengat jantan terhadap ekstrak kelenjar feromon seks pada tanaman cabai". *J. Hort.* 23(1):72-79.
- Hasyim, A., W. Setiawati, L. Lukman & L.S. Marhaeni. 2019. "Evaluasi konsentrasi lethal dan waktu lethal insektisida botani terhadap ulat bawang (*Spodoptera exigua*) di laboratorium". *J. Hort.* 29(1):69-80. <https://dx.doi.org/10.21082/jhort.v29n1.2019.p69-80>.
- Herlinda, S., N. Octariati & S. Suwandi. 2020. "Exploring entomopathogenic fungi from South Sumatra (Indonesia) soil and their pathogenicity against a new invasive maize pest *Spodoptera frugiperda*". *Biodiversitas* 21:2955-2965.

- Huang, S., J. Xu & Z. Han. 2006. "Baseline toxicity data of insecticides against the common cutworm *Spodoptera litura* (Fabricius) and a comparison of resistance monitoring methods". *Int. J. Pest Manag.* 52(3):209-213. <https://doi.org/10.1080/09670870600673962>.
- Huang, J.M., Y.X. Zhao, H. Sun, H. Ni, C. Liu, X. Wang, C.F. Gao & S.F. Wu. 2021. "Monitoring and mechanisms of insecticide resistance in *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) with special reference to diamids". *Pesticide Biochem. Physiol.* 174:1048831. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.201.104831>.
- Hutasoit, R.T., S.H. Kalqutny & I.N. Widiarta. 2020. "Spatial distribution pattern, bionomic, and demographic parameters of a new invasive species of armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) in maize of South Sumatra, Indonesia". *Biodiversitas* 21:3576-3582. DOI:10.13057/biodiv/d210821.
- Ilyas, A. & A. Fattah. 2016. "Penggunaan NPV (Nuclear Polyhedrosis Virus) yang bersumber dari ulat grayak terinfeksi di lapangan dalam pengendalian *Spodoptera litura* pada kedelai di Sulawesi Selatan". *Pros. Sem. Nas. Inovasi Teknologi Pertanian, Banjarbaru*, hal. 818-828.
- IRAC-Michigan State University. 2021. Arthropod Pesticide Resistance Database. <http://www.pesticideresistance.org>. Diunduh 1 Juli 2021.
- Jung, J.M., D.H. Byeon, S. Jung & W.H. Lee. 2009. "Effect of climate change on the potential distribution of the common cutworm (*Spodoptera litura*) in South Korea". *Entomol. Res.* 49(12):519-528. <https://doi.org/10.1111/1748-596712398>.
- Kalshoven, L.G.E. 1980. "The pests of crops in Indonesia". Revised by P.A. van der Laan. PT Ictiar Baru- van Hoeve.
- Kandagal, A.S. & M.C. Khetagoudar. 2013. "Study on larvicidal activity of weed extract against *Spodoptera litura*". *J. Environ. Biol.* 34:253-257.

- Kardinan, A. & P. Maris. 2020. "Effect of botanical insecticides against fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith (Lepidoptera: Noctuidae)". IOP Conf. Ser.: Earth and Environ. Sci. 653(012160).
- Kartina, K., S. Shulkipli, M. Mardhiana & S. Egra. 2019. "Potensi ekstrak karamunting (*Melastoma malabathricum*) sebagai insektisida nabati untuk mengendalikan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.)". *Agrotekna: J. Agroteknologi dan Ilmu Pertanian* 4(1):28-41. DOI:10.31289/agr.v4i1.2806.
- 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. <https://escipub.com/american-journal-of-agricultural-research/>
- Khamid, M.B.R. & S.L. Siriyah. 2018. "Efektivitas bakteri entomopatogen dari tanah sawah asal Kecamatan Cilebar, Kabupaten Karawang terhadap intensitas serangan, mortalitas hama ulat grayak (*Spodoptera litura*) pada hasil tanaman kubis bunga (*Brassica oleracea*)". *J. Agrotek Indonesia* 3(1):66-69.
- Khan, Z., C. Midega, J. Pittchar, J. Pickett & T. Bruce. 2011. "Push-pull 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.
- Kole, R.K., K. Roy, B. Panja, E. Sankarganesh & T. Mandal. 2020. "Use of pesticides in agriculture and emergence of resistant pests". *Indian J. Animal Health* 58(2):53-70. DOI:10.36062/ijah.58.2SPL.2019.53-70.

- Krishanti, N.P.R.A., B. Wikantyo, A. Zulfitri & D. Zulfiana. 2017. "Bakteri entomopatogen sebagai agen biokontrol terhadap larva *Spodoptera litura* (F.)" *Berita Biologi: J. Ilmu-Ilmu Hayati* 16(1):13-21.
- Krisnawati, A., M.S.Y.I. Bayu & M.M Adie. 2017. "Identification of soybean genotypes based antixenosis and antibiosis to armyworm (*Spodoptera litura*)". *Nusantara Bioscience* 9(2):164-169. DOI:10.13057/nusbiosci/n090210.
- Kristanti, A.Y. 2018. "Uji virulensi *Steinernema* sp. terhadap *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) di laboratorium". *J. HPT* 4(3):109-114.
- 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.
- Kumar, A.S., K. Baskar, A. Johnson & S. Vincent. 2014. "Geographic variation in cypermethrin insecticide resistance and morphometry in *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae)". *J. Coastal Life Medicine* 2(3):225-229.
- Lammers, M. 2013. "Dating *Spodoptera* clades using fossil, secondary and ecological evidence. Systematics of *Spodoptera*". MSc. Thesis. Biosystematics, Wageningen University and Research.
- 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.
- Lubis, A.A.N., R. Anwar, B.P.W. Soekarno, B. Sartiami, Irmansyah & D. Herawti. 2020. "Serangan ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung di Desa Petir, Kecamatan Daramaga, Kabupaten Bogor dan potensi pengembangannya menggunakan *Metarhizium rileyi*". *J. Pusat Inovasi Masyarakat* 2(6):931-939.

- Luna-Espino, J.C., V.R. Castrejon-Gomez, S. Pineda, J.I. Figueroa & A.M. Martinez. 2021. Effect of four multiple nucleopolyhedrovirus isolates on the larval mortality and development of *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae): determination of virus production and mean time to death”. *Florida Entomologist* 101(2):153-159. <https://doi.org/10.1653/024.101.0201>.
- Liao, Y.L., B. Yang, M.F. Xu, W. Lin, D.S. Wang, K.W. Chen & H.Y. Chen. 2019. “First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in Southern China”. *J. Hymenoptera Res.* 73:95-102. <https://doi.org/10.3897/jhr.73.39136>.
- Maharijaya, A. 2014. “Identifikasi ketahanan beberapa tanaman Solanaceae terhadap hama dan penyakit”. Pros.Sem.Nas. Perhorti. Malang, 5-7 November 2014 : 347-349.
- Mamahit, J.M.E. J. Manueke & S.E. Pakasi. 2020. ”Hama invasif ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) pada tanaman jagung di Minahasa”. pp. 616-624. Pros. Sem. Nas. Lahan Suboptimal ke-8, Palembang 20 Oktober 2020, ”Komoditas sumber pangan untuk meningkatkan kualitas kesehatan di era pandemi covid19”.
- Marhaeni, L.S., F. Aprianto, A. Hasyim & L. Lukman. 2016. “Potensi campuran *Spodoptera exigua* Nucleopolyhedrovirus (SeNPV) dengan insektisida botani untuk meningkatkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) di laboratorium”. *J. Hort.* 26(1):103-112.
- Mariyono, J. 2008. “The impact of Integrated Pest Management technology on insecticide use in soybean farming in Java, Indonesia: two models of demand for insecticides”. *Asian J. Agric. Develop.* 5(1):43-56.
- Marwoto & Suharsono. 2008. “Strategi dan komponen teknologi pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai”. *J. Litbang Pertanian* 27(4):131-134.

- Meagher, R.L., J. Brambila & E. Hung. 2008. 'Monitoring for exotic Spodoptera species (Lepidoptera: Noctuidae) in Florida". *Florida Entomol.* 9(4):517-522. <https://doi.org/10.1653/0015-4040-91.4.517>.
- Midega, C.A.O., J.O. Pittchar, J.A. Pickett, G.W. Hailu & Z.R. Khan. 2018. "A climate-adapted push-pull system effectively controls fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (JE Smith) in maize in East Africa". *Crop Prot.* 105:10-15. DOI:10.1016/j.cropro.2017.11.003.
- Moekasan, T.K. & S. Sastrosiswojo. 1992. *Pengujian ambang kendali hama ulat bawang (Spodoptera exigua Hubn.) pada tanaman bawang merah di dataran rendah*. Laporan hasil penelitian kerjasama Balithort Lembang dengan Ciba Geigy R&D Lembang.
- Moekasan, T.K., L. Prabaningrum & M.L. Ratnawati. 2005. "Penerapan PHT pada sistem tanam tumpanggilir bawang merah dan cabai". Monografi Balitsa No. 19.
- Moekasan, T.K., N. Gunadi & T. Mutiarawati. 2006. *Budidaya sayuran di dalam rumah kaca*. Laporan hasil penelitian kerjasama Balitsa dengan PT Saung Mirwan dan Universitas Padjadjaran.
- Moekasan, T.K. & R.S. Basuki. 2007. "Status resistensi *Spodoptera exigua* Hubn. Pada tanaman bawang merah asal Kabupaten Cirebon, Brebes dan Tegal terhadap insektisida yang umum digunakan petani di daerah tersebut". *J. Hort.* 17(4):343-354. DOI:<http://dx.doi.org/10.21082/jhort.v17n4.2007.p%25p>.
- Moekasan, T.K. & L. Prabaningrum 2013. *Demoplot bawang merah di Desa Sumberlor, Kecamatan Babakan, Kabupaten Cirebon*. Laporan pelaksanaan demoplot VegImpact-Permanent Vegetable.
- Moekasan, T.K., W. Setiawati, F. Hasan, R. Runa & A. Somantri. 2013. "Penetapan ambang pengendalian *Spodoptera exigua* pada tanaman bawang merah menggunakan feromonoid seks". *J. Hort.* 23(1):80-90.

- Moekasan, T.K., N.Gunadi, W. Adiyoga & I. Sulastrini. 2015. “Kelayakan teknis dan ekonomibudidaya cabai merah di dalam rumah kaca untuk menanggulangi serangan organisme pengganggu tumbuhan”. *J. Hort.* 25(1):180-192.
- Moekasan, TK, S. Hartanto, Suwandi, W.Setawati, A. Wulandari, L. Prabaningrum, W. Adiyoga, N. Gunaeni, H. Susanto, E. Sujitno, F. Haidar & A. Hendra. 2018, ‘*Diseminasi Perbaikan Teknologi Dan Inovasi Peningkatan Produksi Bawang Merah Dan Cabai*’, Laporan Akhir APBN Balitsa 2018.
- Moekasan, T.K., L. Prabaningrum & I.M. Samudra. 2020. “Determination of control threshold of *Spodoptera litura* on hot pepper”. *AAB Bioflux* 12(1):12-21.
- Morales, X.C., A. Tamiru, I.S. Sobhy, T.J.A. Bruce, C.A.O. Midega & S. Khan. 2021. “Evaluation of African maize cultivars for resistance to fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) larvae”. *Plants* 10:392. <https://doi.org/10.3390/plants10020392>.
- Mukkun, L., Y.L. Kleden & A.V. Simamora. 2021. “Detection of *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera:Noctuidae) in maize field in East Flores District, East Nusa Tenggara Province, Indonesia”. *Int. J. Trop. Drylands* 5(1):20-26.
- Montezano, D.G., A. Specht, D.R. Sosa-Gomez, V.F. Roque-Specht, J.C. Sousa-Silva, S.V. Paula-Moraes, J.A. Peterson & T.E. Hunt. 2018. “Host plants of *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in the Americas’. *African Entomology* 26(2)286-300. DOI:<https://doi.org/10.4001/003.026.0286>.
- Mustafa, M.A. 2006. “Some biological characters of the beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae)”. *Mesopotamia J. Agric.* 34(1):108-123. doi:10.33899/magrj.2006.38463.
- MyAgri*. Aplikasi Pendukung PHT. Google Play Store.

- 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.
- Narvekar, P.F., S.K. Mehendale, G.M. Golvankar, M.S. Kalmarkar & S.D. Desai. 2018. "Comparative biology of *Spodoptera litura* (Fab.) on different host plants under laboratory condition". *Int. J. Chem. Studies* 6(6):65-69.
- Nboyine, J.A., F. Kusi, M. Abdullah, B.K. Badii, M. Zakaria, G.B. Adu, A. Haruna. A. Seidu, V. Osei, S. Alhasan & A. Yahaya. 2020. "A new pest, *Spodoptera frugiperda* (J.E.Smith) in tropical Africa. Its seasonal dynamics and damage in maize field in Northern Ghana". *Crop Prot.*127:104960. DOI:10.1016/j.cropro.2019.104960.
- Negara, A. 2017. "Resistensi populasi hama bawang merah *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) terhadap klorfluazuron". *J. Entomol. Indonesia* 2(2):1. <https://doi.org/10.5994/jei.2.2.1>.
- Niazu, A., M.U. Khan, M.U. Javed, M. Alif & Shahab-Ud-Din. 2018. "Fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera:Noctuidae) as well known quarantine pest and its global strategies". *J. Agric. Sci. Bot.* 2(3):1-4. DOI:10.35841/2591-7897.2.3.1-4.
- Njeru, N.K., C.A.O. Midega, J.W. Muthomi, J.M. Wagacha & Z.R. Khan. 2020. "Impact of push-pull cropping system on pest management and occurrence of ear rots and mycotoxin contamination of maize in western Kenya". *Plant Pathology* 69:1644-1654.
- Njuguna, E., P. Nethononda, K. Maredia, R. Mbabazi, P. Kachapulula, A. Rowe & D. Nddo. 2021. "Experiences and perspectives on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) management in Sub-Saharan Africa" *J. Integrated Pest Manag.* 12(1):7. <https://doi.org/10.1093/jipm/pmab002>.

- Northern Territory Government. 2020. "Plant biosecurity:ENT-15. Armyworm". Dept. Primary Industry and Resources. Version X:1-5.
- Nurani, A.R., I.P. Sudarta & N.N. Darmiati. 2018. "Uji efektivitas jamur *Beauveria bassiana* terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman tembakau". *J. Agroteknologi Tropika* 7(1):11-23.
<https://ojs.unud.ac.id/index.php/JAT/article/view/38256>.
- Nurjanani & Ramlan. 2008. "Pengendalian hama *Spodoptera exigua* Hbn. Untuk meningkatkan produktivitas bawang merah pada lahan tadah hujan di Jeneponto, Sulawesi Selatan". *J. Pengkajian dan Pengembangan Pertanian* 11(2):164-170.
- OCHA Service. 2021. <http://www.reliefweb.int/report/world/fall-armyworm-cos-more-2bn-losses>. Diunduh 8 September 2021.
- Oki, N., A. Kaga, T. Shi, izu, M. Takahashi, Y. Kono & M. Takahashi. 2017. "QTL mapping of antixenosis resistance to common armyworm (*Spodoptera litura* Fabricius) in wild soybean (*Glycine soja*)". *PLoS ONE* 12(22):e0189440.
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0189440>.
- Ou -Yang, Y.Y., Y.P. Zhao, R.J. Hopkins, X.Y.Chen, G.H. Huang & X. Wang. 2018. "Parasitism of two *Spodoptera* spp. by *Microplitis prodeniae* (Hymenoptera: Braconidae)". *J. Econ. Entomol.* 111(3):1131-1136.
<https://doi.org/10.1093/jee/toy085>.
- Prabaningrum, L. & T.K. Moekasan. 2021. "Use of light trap for controlling cabbage pests". *IOP Conf. Series: Earth and Environmental Sci.* 752(2021)012027. doi:10.1088/1755-1315/752/1/012027.
- Prasanna, B.M., H.E. Huesing, E. Regina & M.P. Virginia (eds.). 2018. Fall armyworm in Africa. A guide for integrated pest management. 1st edn. CDMX.CIMMYT, Mexico.

- Prasetyo, F. 2015. "Efektivitas agens pengendali hayati (APH) dan insektisida sintetik untuk pengendalian hama *Spodoptera exigua* (Hubner) pada tanaman bawang merah di Desa Matekan, Kabupaten Probolinggo. Skripsi pada Program Studi Agroteknologi, Fak. Pertanian, Univ. Jember.
- Pogue, M.G. 2011. "Genitalia characters and mitochondrial COI sequences to place *Leucochlanea hipparis* (Druce) in Spodoptera Guenee (Lepidoptera: Noctuidae)". *Proc. Entomol. Soc. Wash.* 113:497-507.
- Purnamaratih, K.E., S. Karindah & G. Mudjiono. 2018. "Pengaruh sistem tumpangsari pada pertanaman bawang merah *Allium ascalonicum* L. dengan mint dan seledri terhadap populasi *Spodoptera exigua* H. (Lepidoptera: Noctuidae)". *J. HPT* 6(1):9-14.
- Purwani, K.I., S. Nurhatika, D. Ermavitalini, T.B. Saputro & D.S. Budiarti. 2017. "Reducing the level of leaves damage of *Brassica rapa* caused by armyworm (*Spodoptera litura* F.) through liquid bioinsecticide formulation of bintaro (*Cerbera odollam*) leaves extract". *AIP Conf. Proc.* 1854.020029(2017). <https://doi.org/10.1063/1.4985420>.
- Putra, I.L.I & K. Khotimah. 2021. "Life cycle of *Spodoptera frugiperda* J.E. Smith with lettuce (*Lactuca sativa*) and packcoy (*Brassica rapa* L.) in the laboratory". *J. Proteksi Tan. Trop.* 2(1):8-13. DOI: 10.19184/jppt.v2i1.21459.
- Qin, H.G., Z.X. Ye, S.J. Huang, J. Ding & R.H. Luo. 2004. "The correlations of the different host plants with preference level, life duration and survival rate of *Spodoptera litura* Fabricius". *Chinese J. Eco. Agric.* 12(2):40-42.
- Rahmawati, A.F., S. Ikawati & T. Himawan. 2016. "Evaluasi berbagai insektisida terhadap hama ulat bawang (*Spodoptera exigua* Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman bawang merah". *J. HPT* 4(2):54-60.

- Ramadhan, R.A.M., L.T. Puspitasari, R. Meliansyah, R. Maharani, Y. Hidayat & D. Dono. 2016. "Bioaktivitas formulasi minyak biji *Azadirachta indica* (A. Juss) terhadap *Spodoptera litura* F.". *J. Agrikultura* 27(1):1-8.
- Ramadhan, R.A.M. & D. Dono. 2019. "Pendugaan peristiwa resistensi *Spodoptera litura* berdasarkan survey dan wawancara di Desa Mekarjaya, Kecamatan Cikajang, Kabupaten Garut". Pros. Sem. Nas. PEI Cabang Bandung. p.165-169.
- Ramaiah, M. & T.U. Maheswari. 2018. "Biology studies of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* Fabricius". *J. Entomol. Zool. Studies* 6(5):2284-2289.
- Rao, M.S., C.A.R. Rao, S. Vennila, D. Manimanjari, M. Maheswari & B. Venkateswarlu. 2014. "Estimation of number of generations of *Spodoptera litura* Fab. on peanut in India during near and distant future climate change scenarios". *Acad. J.* 9(7):195-203. DOI:10.5897/SRE.2013.5783.
- Reddy, N.V., N. Dubey & H. Avinashe. 2020. "Destruction of paddy swarming caterpillar (*Spodoptera mauritia*) in Assam". *Int. J. Innov. Res. Technol.* 7(6):207-210.
- Redman, E.M., K. Wilson, D. Grzywacs & J.S. Cory. 2010. "High level of genetic diversity in *Spodoptera exempta* NPV from Tanzania". *J. Invertebrate Pathol.* 105:190-193.
- Resmayati & I.M. Samudra. 2015. "Pengkajian penerapan pengendalian hama ulat *Spodoptera exigua* pada usaha tani bawang merah di Serang, Banten". *J. Agroteknologi* 7(2):106-112.
- Rose, D.J.W. 1975. "Field development and quality changes in successive generations of *Spodoptera exempta* Wlk., the African armyworm". *J. App. Ecol.* 12(3):737-739. doi:10.2307/2402085.
- Rwomushana, I. 2029. *Spodoptera frugiperda* (fall armyworm). Invasive Species Compendium. Wallingford, UK. CABI. DOI:10.1079/ISC.29810.20203373913.

- Safdar, H., N. Javed, S.A. Khan & M. Arshad. 2018. "Reproductive potential of entomopathogenic nematodes on armyworm (*Spodoptera litura*)". *Pak. J. Zool.* 50(2):771-774. DOI:<https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/2018.50.2.sc3>.
- Sahu, B. R. Pachori, R.N. Navya & S. Patidar. 2020. "Extent of damage by *Spodoptera litura* on cabbage". *J. Entomol. Zool. Studies* 8(3):1153-1156.
- Saleem, M., D. Hussain, G. Ghouse, M. Abbas & S.W. Fisher. 2016. "Monitoring of insecticide resistance in *Spodoptera litura* (Lepidoptera:Noctuidae) from four districts of Punjab, Pakistan to conventional and new chemistry insecticides". *Crop Prot.* 79:177-184. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cropro.2015.08.024>.
- Salinas-Sanchez, D.O., L. Aldana-Llanos, M.E. Valdes-Estrado, M. Gutierrez-Ochoa, G. Valladares-Cisneros & E. Rodriguez-Flores. 2012. "Insecticidal activity of *Tagetes erecta* extracts on *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae)". *Florida Entomol.* 95(2):428-432.
- Sari, A, D. Buchori & I. Nurkomar. 2020. "The potential of *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae) as biocontrol agent for the new fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in Indonesia". *Planta Tropika: J. Agrosains* 8(2):69-74. DOI:10.18196/pt.2020.116.69-74.
- Sartiami, D., Dadang, I. Harahap, Y. Kusumah & R. Anwar. 2020. First record of fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) in Indonesia and its occurrence in three provinces". IOP Conf. Series Earth Environ. Sci 468:012021. DOI:10.1088/1755-1333/15/468/1/012021.
- Sarwar, Z.M., A.I. Malik, M. Suhail, S. Saeed, M.U. Sial, W. Jaleel, M.N. Naqqash & Q. Saeed. 2021. "Genus *Spodoptera* (Hadeninae: Noctuidae: Lepidoptera): A new species from Southern Punjab, Pakistan". *Pak. J. Zool.*:1-4. DOI:<https://dx.doi.org/10.17582/journal.pjz/20170725160707>

- Sarwar, G., N.A. Maan, M.A. Ayub, M.R. Shahid, M.A. Malik & M. Farooq. 2021. "Evaluation of indigenous the nucleopolyhedrosisvirus (NPV) of *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in combination with chlorantraniliprole against *Spodoptera* species". *Egyptian J. Biol. Pest Control* 31(58):260.
- Schmidt-Duran, A., V. Villaba-Velasques, R. Charon-Cerdas, K. Martinez & D. Flores-Mora. 2015. "Larval stage prediction model of *Spodoptera frugiperda* collected in fig (*Ficus carica*) and discovery of *Apanteles* sp. as its parasitoid". *Revista Tecnologia en Marcha* 28(1). Cartago Jan/Mar. 2015.
- Selvaraj, S., D. Adiroubane, V. Ramesh & A.L. Narayanan. 2010. "Impact of ecological factors on incidence and development of tobacco cut worm, *Spodoptera litura* Fabricius on cotton". *J. Biopesticides* 3(1):043-046.
- Setiawati, W., A. Hasyim & A. Hudayya. 2018. "Penggunaan rain shelter dan biopestisida Atecu pada budidaya cabai di luar musim untuk mengurangi kehilangan hasil dan serangan OPT". *J. Hort.* 28(2).
- Shankar, M., H.C. Sharma, T.R. Babu & D. Sridevi. 2013. "Evaluation of chickpea genotypes for resistance to beet armyworm, *Spodoptera exigua*". *Indian J. Plant Prot.* 41(4):275-281.
- Sharma, S. & P.C. Sharma. 2018. "Relative toxicity of novel insecticides against *S. litura* (Fab.) field populations". *J. Entomol. Res.* 42(1):41-44.
- Shashank, P.R., A. Thomas & V.V. Ramamurthy. 2021. "DNA barcoding and phylogenetic relationship of *Spodoptera litura* and *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae)". *Florida Entomol.* 48(1):223-228.
<https://doi.org/10.1653/024.098.0138>.
- Shepard, B.M., A.T. Barrion & J.A. Litsinger. 1995. *Rice-feeding insects of tropical Asia*. Los-Banos, Laguna, the Philippines, International Rice Research Institute.

- Shi, L., Y. Shi, Y. Zhang & X. Xiao. 2019. "A systematic study of indoxacarb resistance in *Spodoptera litura* revealed complex expression profiles and regulatory mechanism". *Sci. Reports Article number 14997*(2019).
- Sieglwart, M., B. Graillot, C.B. Lopez, S. Besse, M. Bardin, P.C. Nicot & M. Lopez-Ferber. 2015. "Resistance to bio-insecticides or how to enhance their sustainability: a review". *Front. Plant Sci.* <https://doi.org/10.3389/fpls.2015.00381>.
- Sitepu, M. 2018. "Peran tanaman refugia terhadap tingkat parasitasi parasitoid telur dan larva penggerek batang padi (*Scirpophaga incertulas* Walker; Lepidoptera: Pyralidae)". Tesis. Program Magister Agroteknologi Pakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara.
- Souza, J.R., G.A. Carvalho, A.P. Moura, M.H.G. Couto & J.B. Maia. 2013. "Impact of insecticides used to control *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) in corn on survival, sex ratio and reproduction of *Trichogramma pretiosum* Riley offspring". *Chilean J. Agric. Res.* 73(2):122-127. DOI:10.4067/S0718-50392013000200006.
- Sousa, F.F., S.M. Mendes, O.F. Santos-Amaya, O.G. Aranjó, 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>.
- Sparks, T.C. & R. Nauen. 2015. "IRAC: Mode of action classification and insecticide resistance management". *Pesticide Biochemistry and Physiol.* 121:122-128. <https://doi.org/10.1016/j.pestbp.2014.11.014>.
- Sule, R. & D. Kumar. 2019. "Insecticide resistance studies of cypermethrin 25 EC and chlorpyrifos 20 EC against *Spodoptera litura* fabricius, 1775 (Lepidoptera: Noctuidae)". *Indian J. Agric. Res.* 53(4):453-457.

- Sumini & S. Bahri. 2020. "Keanekaragaman dan kelimpahan musuh alami di tanaman padi berdasarkan jarak dengan tanaman refugia". *J. Agrotek Tropika* 8(1):177-184.
- Supeno, B., Tarmizi, Meidiwarman, H. Haryanto. 2021. "Keragaman parasitoid yang berasosiasi dengan telur hama baru *Spodoptera frugiperda* di Pulau Lombok". pp. 418-423. Pros. Saintek LPPM Univ. Mataram. Virtual Conf. 9 -10 Nov. 2020.
- Suprapti, E., D.S. Utami, T.K.D. Sumarah & Haryani. 2020. "Uji efikasi ekstrak daun mahoni (*Swietenia mahagoni* L. Jacq.) terhadap hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) dan hasil tanaman kacang tanah (*Arachis hypogaea* L.)". *J. Ilmiah Agrineca* 20(2):135-142. <https://doi.org/10.36728/afp.v20i2.1083>.
- Swastika, K., I.G.A.Y. Ambarwati & I.A.L. Dewi. 2017. "Perbandingan pendapatan usahatani bawang merah dengan dan tanpa feromon (Studi kasus di Gapoktan Asta Mandiri, Desa Songan B, Kecamatan Kintamani, Kabupaten Bangli)". *E-J. Agribisnis dan Agrowisata* 6(1):76-85. <http://ojs.unud.ac.id/index.php/JAA>.
- Syahroni, N.G. & N.T. Haryati. 2019. Uji efektivitas konsentrasi *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SINPV) JTM 97 C formulasi bubuk terhadap larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai" *J. Pengendalian Hayati* 2(2):46-52.
- Tambo, J.A., R.K. Day, J. Lamontagne-Godwin., S. Silvestri, P.K. Beseh, B. Oppong-Mensah, N.A. Phiri & M. Matimelo. 2020. "Tackling fall armyworm (*Spodoptera frugiperda*) outbreak in Africa: an analysis of farmers' control actions". *Int. J. Pest Manag.* 66(4):298-310. DOI:10.1080/09670874.2019.1646942.

- Tanwar, R.K., A. Prakash, S.K. Panda, N.C. Swain, D.K. Garg, S.P. Singh, S.S. Kumar & O.M. Bambawale. 2010. "Rice swarming caterpillar (*Spodoptera mauritia*) and its management strategies". Technical Bulletin 24. NCIPM, New Delhi.
- Taufik, R., S. Sumarni & S.A. Nugroho. 2020."Efek sublethal campuran ekstrak daun srikaya (*Annona squamosa* L.) dan rimpang kunyit (*Curcuma domestica* Val.) terhadap larva *Spodoptera litura* F.". *Agromix* 11(1):66-78. <https://doi.org/10.35891/agx.v1i1.1901>.
- Taylor, J.E. & D.G. Riley. 2008. "Artificial infestations of beet armyworm, *Spodoptera exigua* (Lepidoptera: Noctuidae) used to estimate an economic injury level in tomato". *Crop Prot.* 27:268-274.
- 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.
- Tong, H., Q. Su, X. Zhou & L. Bai. 2013. "Field resistance of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) to organophosphates, pyrethroids, carbamates, and four newer chemistry insecticides in Hunan, China". *J. Pest Sci.* 86(3):599-609. doi:10.1007/S10340-013-0505-y.
- Togola, A., S. Meseke, A. Menkir, B. Badu-Apraku, O. Boukar, M. Tamo & R. Djouaka. 2018. "Measurement of pesticide residues from chemical control of the invasive *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) in maize experimental field in Mokwa, Nigeria". *Int. J. Environ. Res. Publ. Health* 15:849. DOI:10.3390/ijerph15050849.
- Tompe, A.A., U.B. Hole, S.R. Kulkarni, C.S. Chaudari & S.K. Chavan. 2020. "Studies on seasonal incidence of leaf eating caterpillar, *Spodoptera litura* (Fab.) infesting capsicum under polyhouse condition". *J. Entomol. Zool. Studies* 8(1):761-764.

- Tompunu, V.P. 2014. "Populasi hama *Spodoptera exempta* pada tanaman padi sawah di Desa Molompar Dua Utara Kabupaten Minahasa Tenggara". Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan., Faperta, UNSRAT.
- Trisyono, Y.A., V.E.F. Aryuwandari, M. Hartaman & Jumari. 2019. "Occurrence of heavy infestation by the fall armyworm *Spodoptera frugiperda*, a new alien invasive pest in corn in Lampung, Indonesia". *J. Perlindungan Tanaman Indonesia* 23(1):156-160. DOI:10.22146/jpti.46455.
- Tsai, C.L., I.H. Chu, M.H. Chou, T. Chareonviriyaphap, M.Y. Chiang, P.A. Lin, K.H. Lu & W.B. Yeh. 2020. "Rapid identification of invasive fall armyworm *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera, Noctuidae) using species specific primers in multiple PCR". *Sci. Rep.* 10(1):16508. doi:10.1038/s41598-020-73786-7.
- Turhadi, T., B. Bedjo, S. Suharjono. 2020. "Pengaruh ekstrak daun bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap waktu berhenti makan dan mortalitas larva ulat grayak (*Spodoptera litura*)". *Agro Bali: Agric. J.*3(2):136-143.
- Udiarto, B.K., T.K. Moekasan & S. Rubini. 2005. "Pengendalian hama ulat bawang *Spodoptera exigua* pada tanaman bawang merah di Brebes". *J. Hort.* 15(3):178-187.
- Untung, K. 1993. *Pengantar pengelolaan hama terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta
- 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.
- Varshney, R., B. Poornesha, A. Raghavendra, Y. Laliyha, V. Apoorva, B. Ramanujam, R. Rangeswaran, K. Subaharan, A.N. Shylesha, N. Bakthavatsalam, M. Chaudhary & V. Pandit. 2020. "Bio-control based management of fall armyworm, *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera: Noctuidae) on Indian maize". *J. Plant Dis. Prot.* DOI:10.1007/s41348-020-00357-3.

- Vijayalakshmi, P., T. Vijayalakshmi & N. Naidu. 2016. "Evaluation of certain insecticide molecules against chili pod borer, *S. litura* in Andhara Pradesh". *J. Res. Angrau*. 44(2):26-30.
- Viteri, D.M., A.M. Linares, L. Flores & A. Irrizagi. 2018. "Efficacy of biological agents and synthetic insecticides to control fall armyworm, larvae". 12th Int. Conf. Agric. Hort. Sydney, Australia. *Agrotechnol.* 7. DOI:10.4172/2168-9881-C1-031.
- War, A.R., G.K. Taggar, M.Y. War & B. Hussain. 2016. "Impact of climate change on insect pests, plant chemical ecology, tritrophic interactions and food production". *Int. J. Clinical Biol. Sci.* 1(2):16-29.
- Wibisono, I., Y.A. Trisyono, E. Martono & A. Purwantoro. 2007. "Evaluasi resistensi terhadap metoksifenozone pada *Spodoptera exigua* di Jawa". *J. Perlindungan Tan. Indonesia* 13(2):127-135.
- Wijanarko, A., S. Hartono, T. Harjaka & N.Yusmarlita. 2007. "Characterization of Baculovirus of *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) isolates from Yogyakarta". *J. Perlindungan Tanaman* 13(1):63-72.
- Wijaya, S. Wahyuni & Dendi. 2014. "Pengaruh beberapa cara pengendalian hama ulat grayak (*Spodoptera exigua* Hubn.) terhadap intensitas serangan dan pertumbuhan serta hasil bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) kultivar Bima". *J. Agros wagati* 2(2):224-234.
- Wu, C.J., S.Y. Fan, Y.H. Jiang & A.B. Zhang. 2004. "Inducing gathering effect of taro on *Spodoptera litura* Fabricius". *China J. Ecol.* 23:172-174.
- Xue, M., Y.H. Pang, H.T. Wang, Q.L. Li & T.X. Liu. 2010. "Effects of four host plants on biology and food utilization of the cutworm, *Spodoptera litura*". *J. Insect Sci.* 10:22. doi:10.1673/031.010.2201.

- Yogesh, K.H.D., & B. Swarnali. 2019. "Biology of *Spodoptera litura* (Fabricius) on different crop plants". *J. Entomol Res.* 43(2):165-168. DOI:10.5958/0974-4576.2019.00032.X.
- Zandonadi C.H.S., J.P.A.R. daCunha, T.C. Alves & S.M.Silva. 2017. "Tank mixture of pesticide for *Spodoptera frugiperda* control in maize with triflumuron". *Bioscience J. Uberlandia* 33(1):31-40.<https://doi.org/10.14343.Bj>.
- Zheng, X.L., X.P. Cong, X.P. Wang & C.L. Lei. 2011. "A review of geographic distribution, overwintering, and migration in *Spodoptera exigua* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae)". *J. Entomol. Res. Soc.* 13(3):39-48.
- Zhu, F., L. Lavine, S. O'Neal, M. Lavine, C. Foss & D. Walsh. 2016. "Insecticide resistance and management strategies in urban ecosystems". *Insects* 7(1):2. doi:10.3390/insects7010002.

GLOSARIUM

Abiotik: istilah yang digunakan untuk menyebut sesuatu yang tidak hidup atau benda.

Antibiosis: pengaruh tanaman secara fisiologis terhadap serangga hama, sebagai akibat serangga tersebut makan atau mencerna jaringan tanaman tertentu. Serangga tersebut akan mengalami penyimpangan dalam perkembangannya.

Antifeedant: senyawa organik yang dihasilkan oleh tanaman, yang merupakan metabolit sekunder, yang digunakan untuk melawan hama. Senyawa tersebut mencegah hama untuk makan tanaman atau membuat hama berhenti makan tanaman.

Antixenosis: sifat tanaman yang “menolak” hama atau sifat tanaman yang menyebabkan serangga hama menjauhi atau tidak menyukai tanaman tersebut.

Bioekologi: ilmu yang mempelajari hubungan makhluk hidup dengan lingkungannya.

Biopestisida: senyawa atau bahan yang digunakan untuk membunuh hama, yang bahan utamanya bersumber dari bahan hayati atau makhluk hidup.

Biotik: istilah yang digunakan untuk menyebut makhluk hidup.

Entomopatogen: penyakit (dapat berupa cendawan, bakteri, virus atau nematoda) yang menyerang serangga.

Feromon: senyawa kimia yang dikeluarkan dari tubuh individu yang dapat mempengaruhi respons sosial atau seksual individu lain.

Feromonoid: bentuk sintetik dari feromon.

Genotipe: keadaan genetik atau sifat yang tidak dapat diamati.

Imago: bentuk dewasa serangga.

Insektisida: senyawa racun yang digunakan untuk membunuh serangga.

Instar: tahap perkembangan serangga yang ditandai dengan pergantian kulit.

Invasi: aksi penyerangan dengan tujuan menguasai.

Kompatibel: dapat dipadukan.

Kultur teknis: bercocok tanam.

Larva: bentuk muda serangga yang perkembangannya mengalami metamorfosis atau perubahan bentuk.

Larvicidal: senyawa yang digunakan untuk membunuh larva.

Mikroba: jasad renik.

Mode of Action: cara kerja pestisida yang menyebabkan gangguan fisiologis pada targetnya.

Nabati: segala sesuatu yang berasal dari tumbuhan.

Oviposisi: proses peletakan telur oleh serangga betina.

Parasitoid: organisme yang hidup pada atau di dalam organisme yang lain.

Pestisida: bahan racun yang digunakan untuk membunuh, menolak atau mengendalikan organisme pengganggu.

Predator: organisme yang hidup dengan cara memburu, menangkap dan memakan organisme lain.

Pupa: kepompong atau stadia serangga yang tidak aktif.

Resisten: kebal.

Spesies: istilah dalam taksonomi yang menunjuk pada satu atau beberapa kelompok individu yang serupa dan dapat membuahi satu sama lain di dalam kelompoknya.

Transgenik: pemindahan materi genetik (gen) dari satu organisme untuk dikombinasikan dengan materi genetik organisme lain dengan tujuan gen yang dipindahkan tersebut akan diekspresikan oleh organisme yang menerimanya.

INDEKS

A

Abiotik, 83
Antibiosis, 83
Antifeedant, 83
Antixenosis, 83

B

Bioekologi, 83
Biopestisida, 83
Biotik, 83

E

Entomopatogen, 83

F

Feromon, 38, 83
Feromonoid, 84

G

Genotipe, 84

I

Imago, 84
Insektisida, 84
Instar, 84
Invasi, 84

K

Kompatibel, 84
Kultur teknis, 84

L

Larva, 84
Larvicidal, 67, 84

M

Mikroba, 84
Mode of Action, 84

N

Nabati, 84

O

Oviposisi, 84

P

Parasitoid, 61, 84
Pestisida, 84
Predator, 84
Pupa, 84

R

Resisten, 84

S

Spesies, 84

T

Transgenik, 85

RIWAYAT HIDUP



Laksmiwati Prabaningrum lahir di Yogyakarta pada tanggal 31 Agustus 1960. Ia mengawali pendidikan tinggi di Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada (UGM) Yogyakarta, dan lulus pada tahun 1984. Gelar Magister Sains diperolehnya dari Universitas yang sama pada tahun 1990. Program doktoral diselesaikannya pada tahun 2005 di Universitas Padjadjaran (UNPAD), Bandung. Karirnya di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (BALITSA) dimulai sejak tahun 1984. Ia tergabung pada Kelompok Peneliti Entomologi dan Fitopatologi sebagai Peneliti Ahli Utama dalam bidang hama dan penyakit tanaman sayuran. Bidang kajian yang ditekuninya ialah Pengendalian Hama Terpadu (PHT) yang meliputi penelitian musuh alami OPT, ambang pengendalian, dan tanaman perangkap. Karya tulis yang dihasilkan diterbitkan di jurnal, monografi, buku dan modul-modul pelatihan. Modul-modul pelatihan budidaya tanaman sayuran (tomat, cabai, paprika, mentimun dan kentang) berdasarkan konsepsi PHT yang disusun bersama-sama dengan tim telah digunakan dalam pelatihan-pelatihan petani maupun petugas penyuluh. Kerjasama penelitian dalam dan luar negeri yang diikuti, antara lain dengan PT Saung Mirwan, PT Jasulawangi, PT Syngenta Indonesia, CropLife Indonesia Wageningen University and Research, Belanda, ACIAR, Australia, dan AFACI Korea. Kegiatan

organisasi profesi yang diikutinya ialah sebagai anggota Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) cabang Bandung dan Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) sebagai anggota.



Tonny Koestoni Moekasan lahir pada tanggal 26 Maret 1958. Sarjana pertanian diselesaikannya di Universitas Bandung Raya (UNBAR) Bandung. Ia memulai berkarir di Balai Penelitian Tanaman Sayuran (BALITSA) sejak tahun 1982 dan saat ini tergabung dalam Kelompok Peneliti Entomologi dan Fitopatologi sebagai Peneliti Ahli Utama bidang hama dan penyakit tanaman sayuran.

Bidang kajian yang ditekuninya meliputi ambang pengendalian, toksikologi, dan teknik penyemprotan. Kerjama penelitian telah dijalinnya dengan mitra di dalam dan luar negeri seperti PT Saung Mirwan, PT Syngenta Indonesia, CropLife Indonesia, PT Jasulawangi, Wageningen University and Research, Belanda, ACIAR, Australia, dan AFACI Korea. Karya tulis ilmiah yang dihasilkannya diterbitkan di jurnal, prosiding nasional dan internasional. Buku yang disusunnya telah diterbitkan oleh penerbit nasional, sedangkan modul-modul pelatihan budidaya tanaman sayuran berdasarkan konsepsi PHT yang disusunnya bersama tim telah digunakan pada pelatihan petani, petugas penyuluh dan karyawan perusahaan swasta yang bergerak dalam bidang pertanian. Kegiatan organisasi profesi yang diikutinya ialah sebagai anggota Perhimpunan Entomologi Indonesia (PEI) cabang Bandung dan Perhimpunan Periset Indonesia (PPI) sebagai anggota.

Ulat Grayak, *Spodoptera* spp. :

HAMA POLIFAG, BIOEKOLOGI, DAN PENGENDALIANNYA

Spodoptera spp. atau di Indonesia dikenal dengan nama ulat grayak merupakan hama utama tanaman pangan, hortikultura dan perkebunan yang sangat merugikan dan jika tidak dilakukan pengendalian yang tepat dapat menyebabkan kegagalan panen. Sebarannya sangat luas, hampir di seluruh dunia.

Ulat grayak bersifat polifag, artinya kisaran inang hama tersebut sangat luas. Selain itu, hama ini sangat mudah beradaptasi, mobilitasnya yang tinggi, kemampuan bereproduksi (fekunditas) tinggi dan mudah menjadi resisten terhadap insektisida. Dengan karakteristik yang demikian, ulat grayak menjadi ancaman serius bagi ketahanan pangan dunia.

Perubahan iklim seperti pemanasan global yang terjadi sejak beberapa dekade terakhir berdampak pula terhadap kehidupan ulat grayak, yaitu antara lain menjadikan perkembangan hama tersebut semakin meningkat karena daur hidupnya lebih pendek. Oleh karena itu kewaspadaan terhadap hama ulat grayak di Indonesia harus semakin ditingkatkan.

Buku ini menyajikan berbagai informasi mengenai hama ulat grayak, dimulai dari bioekologinya, pengendalian yang umum dilakukan dan dampaknya, komponen teknologi pengendalian hama terpadu (PHT), penerapan teknologi PHT, serta peluang dan tantangan penerapan teknologi PHT untuk mengendalikan hama ulat grayak di Indonesia. Buku ini diharapkan dapat digunakan sebagai salah satu acuan bagi siapapun yang berminat dalam upaya mengendalikan hama ulat grayak di Indonesia.



Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jl. Ragunan No. 29, Pasar Minggu, Jakarta 12440
Telp. (021) 7806202. Fak. (021) 7800644
e-mail :iaardpress@litbang.pertanian.go.id