

Pengendalian Ramah Lingkungan Hama Ulat Grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada Tanaman Kedelai

Environmentally Friendly Control of Armyworms (Spodoptera litura Fabricius) on Soybean

Emerensiana Uge*, Eriyanto Yusnawan, Yuliantoro Baliadi

Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi

Jalan Raya Kendalpayak Km 8 Malang 65162

*E-mail: : rensi.uge23@gmail.com

NASKAH DITERIMA 8 MARET 2020 ; DISETUJUI UNTUK DITERBITKAN 18 MEI 2021

ABSTRAK

Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) atau dikenal dengan ulat grayak merupakan hama penting pada tanaman kedelai dan beberapa jenis tanaman penting di Indonesia. Serangan *S. litura* dapat mengakibatkan kerusakan, bahkan kehilangan hasil pada tanaman kedelai. Gejala serangan berupa daun berlubang karena larva memakan jaringan daun hingga menyisakan epidermis dan tulang daun. Hama ini dilaporkan menyerang tanaman kedelai di sentra-sentra produksi di Indonesia yaitu Aceh, Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Nusa Tenggara Barat, Sulawesi Selatan dan Sulawesi Tengah. Upaya pengendalian hama ulat grayak yang dilakukan petani adalah menggunakan pestisida sintetik, namun karena dampak negatif penggunaannya terhadap kesehatan manusia dan keseimbangan ekosistem alam, maka perlu adanya alternatif pengendalian yang dampak negatifnya rendah terhadap lingkungan. Beberapa teknologi pengendalian yang telah diteliti dan diketahui efektifitasnya antara lain; penggunaan *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis virus (S/NPV) (50-100%), cendawan entomopatogen *Beauveria bassiana* (51-93%), *Metarhizium anisopliae* (93-100%), *Nomuraea rileyi* dan *Lecanicillium lecanii* (80-85%), Parasitoid (13-56%), predator *Forficula auricularia* (96%), nematoda entomopatogen Steinernematidae (30-51%), pestisida nabati (>30%), tanaman perangkap dan varietas tahan Aplikasi yang tepat akan mendukung perkembangbiakan spesies tersebut di alam sehingga akan terjadi siklus rantai makanan yang seimbang dan berkelanjutan. Komponen pengendalian ini dapat dimasukkan dalam pengendalian terpadu, sehingga serangan *S. litura* dapat ditekan, tanaman berproduksi optimal, keseimbangan ekosistem dapat dipertahankan, residu pestisida dapat diturunkan dan sistem pertanian berkelanjutan tercapai.

Kata kunci: kedelai, pengendalian hama, ramah lingkungan, *Spodoptera litura*

ABSTRACT

Spodoptera litura Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) or known as Armyworm is one of major pests in soybean plants and some important plants in Indonesia. *S. litura* attack may cause damage during the soybean growth and even yield loss. This pest attack has been reported in almost all producing areas of soybean in Indonesia,

such as Aceh, Central Java, East Java, South Sulawesi and Southeast Sulawesi. The pest control commonly practiced by farmers is using chemical pesticides, but due to negative impacts of their uses on human health and the balance of the natural ecosystem, it is necessary to have alternative controls that have low negative impacts toward the environment or environmentally friendly. Some control methods that have been studied and known for their effectiveness are the use of *Spodoptera litura* nuclear polyhedrosis viruses (S/NPV) (50-100%), fungal entomopathogens *Beauveria bassiana* (51,37-93,33%), *Metarhizium anisopliae* (93,3-100%), *Nomuraea rileyi* and *Lecanicillium lecanii* (80-85%), paracitoids (13,8-56%), predator *Ferticula auricularia* (96,76%), entomopathogenic nematode Steinernematidae (30-51%), plant pesticides (>30%), trap crop and resistant varieties.. The appropriate application will support the breeding of these species in nature, thus the food chain cycle will be balanced and sustained. This control component can be combined in the integrated control in terms of suppressing the *S. litura* attack, producing optimal yield, maintaining the ecosystem balance, reducing the pesticide residue, and achieving the sustainable farming system

Keywords: soybean, pest control, environmentally friendly, army worm

PENDAHULUAN

Kedelai (*Glycine max* (L.) Merrill) merupakan komoditas tanaman pangan penting di Indonesia. Kedelai selain untuk kebutuhan konsumsi langsung, juga digunakan untuk kebutuhan benih dan industri. Produksi kedelai selalu berfluktuasi setiap tahun, sehingga mempengaruhi ketersediaan kedelai secara nasional. Produksi kedelai pada tahun 2019 sebesar 0,42 juta ton biji kering, setara dengan 15,15% dari target tahun 2019 yaitu 2,8 juta ton. Nilai produksi tahun 2019 menurun 0,23 juta ton (64,6%), dibandingkan produksi tahun 2018 yakni 0,65 juta ton (Dirjentan 2019). Pada bulan Februari tahun 2019 total impor kedelai hampir 217 ribu ton, mengalami kenaikan 65% dibandingkan Februari 2018 (PPPND 2019). Kondisi demikian menggambarkan bahwa produksi di dalam negeri belum

mampu mengimbangi kebutuhan, sehingga untuk mencukupinya masih sangat bergantung pada impor. Salah satu kendala untuk mencapai produktivitas tinggi pada kedelai adalah serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Serangan OPT dapat merusak pertanaman maupun menurunkan produksi tanaman, bahkan gagal panen.

Kehilangan hasil kedelai akibat serangan OPT sangat beragam antarlokasi dan musim tanam, berkisar dari ringan hingga berat, tergantung pada populasi OPT, ketersediaan tanaman inang dan kondisi lingkungan. Salah satu hama utama pada tanaman kedelai adalah ulat pemakan daun, yaitu ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius). Hama ini tersebar hampir di seluruh wilayah pertanaman kedelai dan tanaman hortikultura di Indonesia. Ulat grayak memiliki kisaran inang yang luas (Marwoto dan Suharsono 2008; Fattah dan Ilyas 2016). Sifat polifag ini mengakibatkan hama dapat mempertahankan siklus hidupnya di alam sepanjang tahun dengan cara memperoleh makanan dari tanaman inang lain ketika tanaman inang utama tidak tersedia.

Kisaran serangan ulat grayak pada tanaman kedelai sangat beragam. Di Banskara India pada 2015 dan 2016 kisaran serangan akibat *S. litura* adalah 22-55% (Babu *et al.* 2018), sedangkan di Indonesia 23-45% (Adie *et al.* 2012). Gejala serangan pada daun yaitu daun berlubang, kadang ditemukan hanya tersisa epidermis dan tulang daun. Pengendalian yang terlambat pada fase generatif tanaman akan menyebabkan kehilangan hasil. Teknologi ramah lingkungan dalam pengendalian ulat grayak telah banyak diteliti, diantaranya pemanfaatan musuh alami, pestisida nabati, dan mikroorganisme bermanfaat. Namun belum banyak petani memanfaatkan teknologi ini karena dianggap kurang cepat membunuh dan tidak efisien waktu. Pengendalian yang umum dilakukan petani adalah menggunakan pestisida sintetik, seperti organofosfat, karbamat dan piretroid (Laba 2010). Beberapa produk pestisida sintetik seperti fipronil mampu menurunkan kerusakan akibat ulat grayak hingga 81% (Abou-Taleb *et al.* 2015) dan mortalitas hama 100% (konsentrasi 2,5-5%) yang setara dengan aplikasi diafentiuron konsentrasi 1,25-5% (Nurazizah *et al.* 2018). Efektivitas yang tinggi dan cepat dari pestisida sintetik mengakibatkan banyak dampak negatif terhadap lingkungan.

Dampak negatif penggunaan pestisida sintetik bagi lingkungan diantaranya adalah pencemaran lingkungan (tanah, air), membunuh musuh alami, terjadi resistensi hama, penumpukan residu pestisida pada produk, dan keracunan petani aplikator. Di

Desa Sumberejo, Ngablak 14,3% petani aplikator pestisida sistemik mengalami keracunan dan 34% mengalami gangguan keseimbangan (Samosir *et al.* 2017). Sedangkan di Kulon Progo 30% dari 50 orang yang diperiksa positif keracunan, dan di Sleman 46% dari total 40 petugas pengendali OPT mengalami gejala keracunan (Dwi 2011). Mempertimbangkan dampak negatif dari penggunaan pestisida sintetik di atas, maka penting untuk memilih teknologi pengendalian lain. Pengendalian yang ramah lingkungan dan pengelolaan hama terpadu dapat menjadi alternatif dalam bidang pertanian (Kim *et al.* 2017). Konsep pengelolaan hama terpadu sangat penting dilaksanakan dengan memadukan beberapa komponen pengendalian menjadi satu paket teknologi yang dapat diterapkan mulai dari penyiapan lahan dan benih. Oleh karena itu, studi pustaka tentang manfaat penggunaan komponen pengendalian ini perlu dilakukan untuk mendukung sistem pertanian ramah lingkungan. Tulisan ini menguraikan tentang pengembangan teknologi pengendalian ulat grayak ramah lingkungan yang akan memberikan kontribusi dalam budidaya tanaman kedelai yang berkualitas dan berkelanjutan.

Bioekologi Ulat Grayak

Ulat grayak termasuk hama yang memiliki metamorfosis sempurna. Siklus hidup *S. litura* mulai dari telur sampai imago berkisar 30 sampai 60 hari (Marwoto dan Suharsono 2008). Fase yang berperan menjadi hama adalah fase larva. Fase ngengat memegang peranan cukup penting karena satu ekor ngengat dapat memproduksi generasi ulat grayak dalam jumlah besar. Ngengat aktif pada malam hari, meletakkan telur pada bagian bawah dan atas permukaan daun dalam bentuk kelompok dengan jumlah 350 butir telur dan ditutupi bulu-bulu halus (BPTP Sulsel 2015). Pada kondisi normal, dalam satu tanaman akan ditemukan empat kelompok telur dan 200 larva. Pada kondisi pandemi ulat grayak, jumlah massa telur dalam satu tanaman dapat mencapai 15 kelompok dengan jumlah larva 400 hingga 500 per tanaman (Yadav *et al.* 2012). Pada umur tiga hingga lima hari telur menetas dan larva tinggal menetap pada tempat yang sama dan memakan daun di sekitarnya (Ahmad *et al.* 2013; BPTP Sulsel 2015). Larva berwarna hijau pucat dengan kepala berwarna hitam pekat dan memiliki dua bintik hitam di ruas perut. Periode larva instar I berlangsung dua hingga tiga hari. Larva instar I dan II memakan bagian epidermis daun sehingga lamina daun menjadi tipis, selanjutnya setiap individu larva mulai menyebar ke bagian lain tanaman. Fase larva terdiri dari lima instar, dan instar III, IV dan

V merupakan pemakan yang aktif dengan memakan seluruh bagian daun dan hanya menyisakan tulang-tulang daun. Fase ulat berlangsung selama 12-15 hari, selanjutnya masuk ke fase kepompong (Fattah dan Ilyas 2016). Kepompong mudah ditemukan pada rongga-rongga tanah pada kedalaman 0-3 cm (Zheng *et al.* 2011), dengan warna awal pucat kekuningan dan berubah menjadi coklat kemerahan, dan fase ini berlangsung selama 7-8 hari (BPTP Sulsel 2015; Ramaiah dan Maheswari 2018).

Inang Ulat Grayak

Ulat grayak merupakan serangga hama dengan tanaman inang yang sangat beragam, baik tanaman pangan maupun hortikultura, bahkan pada tumbuhan yang tidak dibudidayakan. Sifat polifag hama ini menyebabkan hama mudah ditemukan di mana pun selama tanaman inangnya tersedia. Beberapa tanaman inang ulat grayak yang telah diketahui adalah tanaman kacang-kacangan, tembakau, jarak, cabai, tomat, kapas, bunga matahari, bayam, tebu, kubis, kedelai, kacang tanah, jagung, buncis, terung, kangkung, pisang, dan tanaman hias (Marwoto dan Suharsono, 2008; Yadav *et al.* 2012), mulberry, okra, *cowpea*, dan ubijalar (Narvekar *et al.* 2018). Oleh karena itu, perlu dihindari penanaman secara polikultur tanaman inang serangga untuk menghindari kehilangan hasil yang besar.

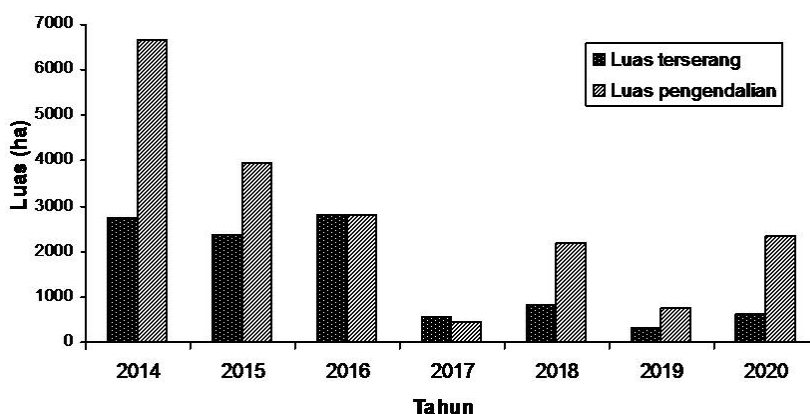
Kehilangan Hasil

Serangan ulat grayak umumnya tinggi pada akhir bulan Juli atau pertengahan Agustus hingga Oktober, dimana umumnya suhu udara meningkat dan kelembaban udara rendah. Suhu sangat mempengaruhi perilaku, distribusi, perkembangan, kelangsungan hidup, dan reproduksi serangga. Serangan pada tanaman inang utama menyebabkan kehilangan hasil 10-40% (Sundar *et al.* 2018).

Duhbale *et al.* (2017) melaporkan kehilangan hasil pada tanaman kedelai di India tanpa pengendalian mencapai 68%, lebih besar dibandingkan dengan kehilangan hasil tanaman dengan perlakuan insektisida sintetik Lamda Sihalotrin. Di Indonesia, uji ketahanan varietas kedelai terhadap *S. litura* pada uji tanpa pilihan menunjukkan intensitas serangan hama 34-64% dan pada uji dengan pilihan 19-57% (Adie *et al.* 2020). Serangan ulat grayak pada tanaman kedelai di Indonesia berfluktuasi setiap tahun (Gambar 1).

Pada tahun 2017, luas serangan ulat grayak pada pertanaman kedelai rendah, namun di tahun 2014 dan 2015 luas serangannya cukup tinggi (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa luas serangan berfluktuasi tiap tahun yang dipengaruhi oleh berbagai faktor seperti musim tanam, varietas, faktor lingkungan, serta sistem pengelolaan hama. Pusdatin Pertanian (2017) menginformasikan bahwa sebaran wilayah terserang ulat grayak sangat beragam. Dalam lima tahun terakhir (2016-2020), wilayah dengan luas serangan konsisten tinggi adalah Aceh, Jawa Tengah, Jawa Timur, Sulawesi Selatan, dan Sulawesi Tenggara. Daerah-daerah ini termasuk wilayah yang perlu mendapat perhatian dalam budidaya, khususnya dalam pemilihan varietas dan musim tanam. Akan tetapi, tidak menutup kemungkinan terjadi peningkatan luas serangan di wilayah Indonesia lainnya. Penambahan wilayah penyebaran ulat grayak dapat melalui produk hasil pertanian dan bahan perbanyak tanaman. Data serangan hama ulat grayak di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

Persentase wilayah terserang semakin menurun dari tahun 2016-2020 dibanding tahun 2015 (Tabel 1). Hal ini dapat dilihat dari data luas lahan pengendalian di beberapa wilayah lebih tinggi dibanding luas lahan terserang (Gambar 1).



Gambar 1. Lahan terserang dan luas pengendalian ulat grayak pada tanaman kedelai tahun 2014–2020. Sumber: Pusdatin (2016) dan Pusdatin (2020) (data diolah).

Tabel 1. Jumlah dan persentase provinsi di Indonesia yang terdampak serangan ulat grayak *Spodoptera litura* pada tahun 2014-2020

Tahun	Jumlah provinsi	Persentase provinsi (%/tahun)
2014	19	55,8
2015	24	70,5
2016	21	61,7
2017	14	41,1
2018	25	71,4
2019	18	51,4
2020	19	54,2

Sumber: Pusdatin (2016 dan 2020), data diolah.

Pengelolaan dan pengembangan teknologi tetap perlu dikaji dengan tujuan untuk menghambat munculnya biotipe hama baru yang lebih agresif, mencegah penyebaran ke wilayah yang belum terkena dampak, dan menjaga agar persentase serangan ulat grayak tetap berada pada batas ambang yang tidak merugikan secara ekonomi. Oleh karena itu, berbagai komponen pengendalian yang dapat mendukung penyelesaian permasalahan tersebut sangat penting untuk diketahui, dengan tetap memperhatikan keberlanjutan sistem pertanian yang aman bagi ekosistem.

Teknologi Ramah Lingkungan Pengendalian Ulat Grayak

Ketergantungan terhadap penggunaan pestisida sintetik sangat tinggi karena kemampuan membunuh yang lebih cepat, efektif waktu dan tenaga. Pengendalian yang tidak tepat dapat menimbulkan kerugian baik secara ekonomi maupun ekologis. Pengendalian organisme pengganggu tanaman (OPT) yang ramah lingkungan merupakan penerapan perlindungan tanaman yang dilakukan sesuai dengan sistem pengendalian hama terpadu (PHT) yakni dengan memadukan beberapa cara pengendalian yang lebih diarahkan pada cara pendekatan-pendekatan yang mengandalkan peran agro-ekosistem. Pengendalian OPT ramah lingkungan tentang sistem budidaya pertanian berkelanjutan tertuang dalam UU No. 22/2019 Bab IX pasal 48 ayat (1), sedangkan PP No. 6/1995 Bab I pasal 3 ayat (1) tentang perlindungan tanaman, dan UU No. 13/2010 Bab VI pasal 32 ayat (1d) tentang hortikultura bahwa perlindungan tanaman dilakukan sesuai dengan sistem PHT.

Beberapa teknologi pengendalian ulat grayak yang ramah lingkungan diantaranya pemanfaatan agens hayati, pestisida nabati, tanaman perangkap dan varietas tahan.

Spodoptera litura Nuclear Polyhedrosis Virus (SINPV)

Nuclear Polyhedrosis Virus (NPV) merupakan virus serangga, anggota genus Baculovirus (Maramorosch 2007). Virus masuk ke dalam tubuh inang melalui mulut saat aktivitas makan, dan tertelan menuju ke sel midgut atau dapat menembus haemocol. Organ utama yang terinfeksi yaitu trakea, sel lipid, epidermis, dan sel darah. Infeksi akan optimal pada kondisi alkalis, sehingga terjadi replikasi jutaan partikel virus infeksi baru dalam tubuh inang dan mulai menguasai jaringan-jaringan usus, sehingga haemolimfa berubah menjadi lebih keruh karena didominasi oleh cairan NPV. Cairan NPV dalam haemocoel merupakan partikel-partikel virion baru yang mulai aktif menginfeksi dan menyebabkan lisis sel. Lisis sel akan mengakibatkan aktifitas makan dan pergerakan serangga menurun dan menyebabkan kematian (Bedjo 2005).

Partikel virus infeksi dilepaskan dari tubuh inang melalui cairan lisis yang keluar dari tubuh serangga akibat pecahnya integumen. Cairan ini jatuh pada permukaan daun tanaman dan dimakan oleh serangga lainnya, sehingga siklus infeksi berulang (Ramanujam *et al.* 2014). Larva yang terinfeksi umumnya berpindah ke bagian atas daun tanaman dengan warna tubuh berubah ke arah merah muda, mengkilap, dan membengkak. Larva yang mati akan ditemukan menggantung pada daun menggunakan kedua kaki semu dengan posisi terbalik dan mati membusuk pada 3-12 hari setelah inokulasi (HSI) dan menghasilkan aroma khas yang sangat menyengat (Sharma dan Srivastava 2013; Ramanujam *et al.* 2014). Kiranasasi *et al.* (2013) melaporkan bahwa larva instar II-III ditemukan mati 4-5 hari setelah inokulasi. Tingkat kematian larva bergantung pada konsentrasi larutan SINPV, waktu aplikasi, stadia inang, instar larva saat aplikasi dan suhu (Ramanujam *et al.* 2014).

Infeksi SINPV lebih efektif pada larva instar awal I-IV, sedangkan pada larva instar V-VI kurang efektif. Larva instar V-VI memiliki daya tahan yang lebih tinggi karena larva mulai mengurangi aktivitas makan dan akan memasuki masa pembentukan pupa (Syahroni dan Haryadi 2019). Kematian akan terlihat pada stadia pupa dan imago, yakni membusuknya pupa, sedangkan sayap ngengat akan nampak mengeriting (Bedjo 2005). Beberapa isolat SINPV yang efektif dalam membunuh ulat grayak yaitu isolat SINPV JTM 97c dan JTM 02-5 (isolat asal Jawa Timur) dengan potensi membunuh 50% pada larva instar III. Isolat ini mudah ditemukan pada ulat grayak yang mati terinfeksi SINPV, dan dapat diperbanyak pada serangga inang itu sendiri

(Bedjo 2017). Perlu diperhatikan saat aplikasi agar NPV tetap aktif walau terpapar sinar UV. Hasil penelitian Kiranasasi *et al.* (2013) pada isolat *S/NPV* LB 06a dengan uji penyinaran selama 72 jam menunjukkan tingginya persentase larva berhenti makan dan larva mati, yang juga menghambat pembentukan pupa dan imago. *S/NPV* memiliki sifat yang sangat spesifik terhadap inang, sehingga tidak membunuh parasitoid dan predator lain. Keunggulan lainnya yaitu tahan terhadap faktor-faktor abiotik seperti kekeringan, kelembaban, suhu, dan asam (Kiranasasi *et al.* 2013).

Biopestisida NPV dapat diproduksi sendiri secara sederhana. Bedjo (2005) merekomendasikan 1500 ekor larva terinfeksi *S/NPV* dengan volume semprot 300 L untuk pengendalian pada luasan lahan 1 ha. Perbanyakkan secara massal yaitu mengumpulkan larva instar III dan IV dari lahan pertanaman kedelai, kemudian dimasukkan ke dalam toples untuk pembiakan. Jumlah larva disesuaikan dengan ukuran toples untuk mencegah terjadinya saling menggigit antarlarva. Larva diberi pakan daun kedelai yang telah dicelupkan ke dalam larutan *S/NPV*, dan dibiarkan sampai mati. Bangkai larva dapat langsung digunakan untuk pengendalian *S. litura* di lapang dengan cara dihancurkan, disaring, dilarutkan dalam air dan disemprotkan ke tanaman kedelai.

Biopestisida *S/NPV* dalam berbagai formula (cair dan tepung) diaplikasikan sebagaimana insektisida sintetik yaitu dengan melihat tingkat serangan di lapang, dilakukan pada sore hari dan menggunakan penyemprot. Pengendalian sebaiknya dilakukan sedini mungkin yaitu sejak ditemukan adanya kelompok telur atau larva instar awal. Bedjo (2005) membuktikan bahwa *S/NPV* dengan volume semprot 300 l/ha dan penambahan bahan pembawa tween 80 maupun kaolin sebanyak 40% dapat membunuh larva 70-82%. *S/NPV* layak digunakan dalam skala luas untuk mengendalikan serangan ulat grayak pada tanaman kedelai di Indonesia.

Cendawan Entomopatogen

Cendawan entomopatogen merupakan salah satu agens pengendali hayati hama yang potensial. Kelebihan cendawan entomopatogen yaitu: 1) spesifisitas tinggi, 2) mudah dalam produksi massal, 3) relatif aman bagi serangga non target, 4) serta aman bagi lingkungan, manusia dan hewan (Singh *et al.* 2017a). Beberapa cendawan entomopatogen yang telah diteliti adalah *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae*, *Nomuraea rileyi*, dan *Lecanicillium lecanii*.

Tahapan infeksi cendawan entomopatogen yaitu penempelan, perkecambahan konidia, diferensiasi, dan penetrasi. Proses infeksi terjadi ketika konidia cendawan menempel pada permukaan sel inang. Cendawan mengeluarkan enzim (protease, kitinase, quitobiase, upase dan lipoxxygenase) untuk mendegradasi kutikula serangga dan secara mekanis penetrasi dibantu apresorium. Cendawan yang telah menginvasi dalam tubuh serangga akan berkembang menghasilkan hifa yang menyebar hingga ke haemocoel dan jaringan tubuh lainnya seperti otot, lemak, mitokondria dan hemosit, sehingga menyebabkan kematian larva (Singh *et al.* 2017a). Larva yang terinfeksi berubah menjadi hitam, mengecil, dan mengeras serta ditumbuhi miselium cendawan. Hasil penelitian efektivitas cendawan entomopatogen dalam pengendalian *S. litura* disajikan pada Tabel 2.

Kondisi lingkungan tumbuh sangat diperlukan untuk perkembangan dan pembentukan konidia, salah satunya tingkat kelembaban yang tinggi. Populasi ulat grayak cenderung menurun karena adanya infeksi *B. bassiana* pada kondisi kelembaban tinggi pada musim hujan (Sundar *et al.* 2018). Aplikasi *B. bassiana* 8 g/100 ml (kepadatan konidia $3,6 \times 10^8$ konidia/g) efektif membunuh larva *S. litura* 100% pada 10 HSI dibandingkan dosis yang lebih rendah (Indriyanti *et al.* 2017). Indrayani *et al.* (2013) menyatakan bahwa *N. rileyi* membutuhkan tingkat kelembaban 95-100% untuk bersporulasi, sedangkan suhu untuk berkecambah dan penetrasi berkisar 20-30 °C. Oleh karena itu, aplikasi suspensi cendawan entomopatogen sebaiknya dilakukan pada sore hari sehingga mengurangi paparan sinar matahari. Cendawan entomopatogen mudah ditemukan di alam, pada permukaan bawah tanah, tanaman atau dari bangkai larva atau serangga yang terinfeksi. Trizelia *et al.* (2015) mengisolasi isolat *Beauveria*, *Metarhizium* dan *Aspergillus* pada tanaman sayuran.

Kemampuan cendawan entomopatogen memproduksi konidia mempunyai arti sangat penting karena konidia merupakan propagul infeksi bagi cendawan yang berperan dalam proses infeksi. Hasil penelitian pengaruh kepadatan konidia cendawan entomopatogen dan efektivitasnya, serta kandungan toksin dan enzim dari masing-masing cendawan entomopatogen ditampilkan pada Tabel 3 dan 4.

Hingga saat ini ketersediaan cendawan entomopatogen di pasaran masih terbatas, namun perbanyakannya dapat dilakukan dengan teknik sederhana. Perbanyakkan dilakukan dengan mengisolasi cendawan dari bangkai larva yang terinfeksi. Cara perbanyakkan cendawan entomopatogen di lapang mengikuti panduan Lubis *et al.* (2020) pada

Tabel 2. Hasil penelitian pemanfaatan cendawan entomopatogen dalam pengendalian ulat grayak

Cendawan entomopatogen	Stadia larva ulat grayak	Mortalitas ulat grayak (%)	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	Instar II	82	Rosmiati <i>et al.</i> (2018)
	Instar III	95	Nurhayati <i>et al.</i> (2017)
	Instar II	93	Tobing <i>et al.</i> (2015)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	Instar IV & V	86	Aryo <i>et al.</i> (2017)
	Instar II	100	Tobing <i>et al.</i> (2015)
	Instar II & III	41&35	Asi <i>et al.</i> (2013)
<i>Nomuraea rileyi</i>	Instar II & III	93	Lemtur <i>et al.</i> (2017)
	Instar II dan III	93	Moanaro <i>et al.</i> (2017)
	Instar III	69&92	Bhargavi <i>et al.</i> (2018)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	Instar II & III	25&13	Asi <i>et al.</i> (2013)
	Instar III	83	Suhairiyah (2013)
	Instar II	40	Masyitah <i>et al.</i> (2017)

Parasitoid dan Predator

cendawan *N. rileyi*. Ciri-ciri larva yang terinfeksi *N. rileyi* yaitu tubuh kaku, seluruh permukaan tubuh tertutup miselium berwarna putih, dan terdapat konidia berwarna hijau gelap. Bangkai larva disterilisasi dalam kloroks 1,25% selama satu menit, kemudian dibilas dengan aquades. Selanjutnya konidia *N. rileyi* diambil dengan jarum ose dan dibiakkan pada media *potato dextrose agar* (PDA) dan inkubasi pada suhu 23-25 °C selama kurang lebih 14 hari. Biakan yang tidak terkontaminasi yang dipilih sebagai sumber inokulum. Biakan ini dapat langsung digunakan atau dapat juga diperbanyak pada media beras dan jagung pecah untuk penggunaan berikutnya. Adapun cara perbanyak cendawan pada media jagung pecah dan beras adalah sebagai berikut: jagung dan beras direndam dalam air bersih selama satu malam, lalu ditiriskan. Selanjutnya dimasukkan ke dalam plastik kedap udara dan disterilisasi pada suhu 121 °C selama 15 menit. Media yang telah steril dapat didinginkan dan secara aseptik ditambahkan konidia, kemudian ditutup plastik hingga rapat. Diamkan pada suhu ruang dan amati pertumbuhan koloni hingga menjadi hijau. Kurang lebih satu minggu biakan siap digunakan.

Aplikasi cendawan entomopatogen di lapang dapat dilakukan seperti pada aplikasi insektisida sintetik, dengan memperhatikan serangan hama di lapang. Hal yang perlu diperhatikan agar teknik pengendalian ini efektif adalah meningkatkan kemampuan mengidentifikasi jenis hama yang akan dikendalikan, aplikasi dilakukan pada sore hari (setelah jam 4 sore) dengan konsentrasi konidia minimal 10⁷/ml. Aplikasi dilakukan sebanyak tiga kali dan ditambahkan perekat dan pembawa pada suspensi konidia sebelum aplikasi (Prayogo 2005).

Parasitoid merupakan salah satu dari beberapa pengendali hayati yang telah digunakan dalam pengendalian hama yang ramah lingkungan. Beberapa diantaranya adalah *Telenomus remus* Nixon (Hymenoptera: Scelionidae), *Tetrastichus* sp., *Trichogramma japonicum*, *Peribaea orbata* Wiedemann (Diptera: Tachinidae), *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae), dan *Microplitis manilae* (Hymenoptera: Braconidae). Beberapa parasitoid ini diketahui sebagai parasit telur dan parasit larva. Parasit telur diantaranya adalah *Telenomus*, *Tetrastichus*, dan *Trichogramma*, sedangkan parasit larva yaitu *Eriborus*, *Peribaea* dan *Microplitis*. Penelitian pemanfaatan parasitoid dan peningkatan manfaatnya di lapang untuk pengendalian OPT belum banyak dilakukan, sehingga masih sangat besar peluang untuk mempelajarinya.

Keberhasilan hubungan inang dengan parasitoid dipengaruhi berbagai hal, yaitu lokasi habitat inang, lokasi inang, penerimaan inang, dan kesesuaian inang. Nelly *et al.* (2011) menemukan bahwa semakin tua umur instar ulat grayak maka semakin rentan terhadap parasitasi. Namun demikian ketersediaan parasit di lahan sangat penting. Oleh karena itu kapasitas reproduksi imago parasitoid sangat dibutuhkan (Akbar dan Buchory 2012). Anggara *et al.* (2015) menguji tingkat keamanan parasitoid *T. remus*, dan mendapatkan bahwa pada agroekosistem kompleks tingkat parasitasi terhadap hama akan lebih tinggi dibandingkan pada agroekosistem sederhana. Hal ini mengindikasikan bahwa kualitas lingkungan sangat mendukung kemampuan parasitasi dan lama hidup parasitoid.

Parasitoid *Telenomus* sp., *Tetrastichus* sp., dan *Trichogramma japonicum* diketahui memarasit telur *Scirpophaga incertulas* dengan tingkat parasitasi

Tabel 3. Kerapatan konidia dan efektivitas cendawan entomopatogen dalam pengendalian *Spodoptera litura*

Jenis cendawan entomopatogen	Kerapatan konidia (konidia/ml)	Efektivitas (%)	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	10 ⁸	93	Tobing <i>et al.</i> (2015)
	1.47 × 10 ⁹	51	Budi <i>et al.</i> (2013)
	10 ¹⁰	82	Rosmiati <i>et al.</i> (2018)
<i>Metarhizium anisopliae</i>	10 ⁸	93-100	Tobing <i>et al.</i> (2015)
<i>Nomuraea rileyi</i>	3.4 × 10 ⁹	93	Maonaro <i>et al.</i> (2017)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	10 ⁷ -10 ⁹	80-85	Masyitah <i>et al.</i> (2017)

Tabel 4. Kandungan toksin dan enzim dari masing-masing cendawan entomopatogen

Isolat	Kandungan toksin dan enzim	Referensi
<i>Beauveria bassiana</i>	Beaureisin, beauverolit, bassianolit, isorolit, dan asam oksalat yang menyebabkan kenaikan pH, penggumpalan dan terhentinya peredaran darah	Kouvelis <i>et al.</i> (2011) Rohlfis dan Churchill (2011)
	Enzim kitinase dan protease. Protease Pr 1 dan Dtxs. Pr 1 menguraikan kutikula dan melemahkan pertahanan serangga, sedangkan Dtxs memiliki aktivitas insektisida.	Wang <i>et al.</i> (2012) Petlamul dan Prasertsan (2012)
<i>Nomuraea rileyi</i>	Enzim kitinase, protease, amilase, dan lipase	Prayogo (2017)
<i>Lecanicillium lecanii</i>	Toksin cyclosporin A., dipicolinic acid, hydroxycarboxylic acid, dan cyclodepsipeptide yang berfungsi mengganggu sistem syaraf	Prayogo (2012)

29,54; 13,02; dan 2,05% (Hidayani *et al.* 2013), sedangkan pada hama ulat grayak kemampuan parasitasi sangat rendah. Hasil penelitian yang mendukung potensi parasitoid *Spodoptera* sp. dilaporkan bahwa spesies *T. remus* mampu menekan populasi *S. exigua* 48% (Buchori *et al.* 2008), dan 60,19% pada populasi *S. frugiperda* di China (Liao *et al.* 2019).

Predator adalah serangga yang hidup bebas dengan memakan atau memangsa serangga lainnya, sehingga dapat dimanfaatkan sebagai agens pengendali hayati. Rao *et al.* (2011) menyatakan bahwa terdapat tujuh ordo hymenoptera dan dua ordo diptera merupakan parasitoid *S. litura*, sedangkan kelompok predator umumnya berasal dari spesies laba-laba. Di ekosistem sawah ditemukan berbagai predator, dan yang termasuk dalam kelompok predator penting adalah *Pheropsophus occipitalis*, *Paederus fuscipes*, *Coccinella arcuata*, *Pardosa pseudoannulata*, *Oxyopes* sp., *P. sumatrana*, *Verania lineata*, *Broscus* sp, dan *Chelisoche* sp. (Khodijah *et al.* 2012). Arobi *et al.* (2013) menemukan bahwa Cocopet (*Forficula auricularia*) memiliki potensi membunuh larva instar II hingga 96%. Potensi ini dapat dimanfaatkan dan dijaga kelestariannya, salah satunya dengan mengurangi penggunaan pestisida sintetik.

Aplikasi predator dan parasitoid di lapang dapat dilakukan di awal budidaya sebagai tindakan preventif. Adapun beberapa strategi yang dapat digunakan dalam perbanyakan predator ini antara

lain konservasi dengan cara sistem tanam yang lebih beraneka ragam, baik bunga maupun tanaman inang predator, manipulasi habitat dan menjaga kondisi suhu mikro sesuai bagi predator, menekan penggunaan pestisida sintetik, produksi massal dan karakterisasi molekuler strain spesies predator (Singh *et al.* 2017b). Salah satu contoh penerapan paket teknologi budidaya yang efisien berbasis konservasi musuh alami telah dilakukan pada tanaman kapas yakni dengan penggunaan varietas unggul, perlakuan benih dengan imidakloprit 10 g/kg benih sebelum tanam, aplikasi molases (10 ml/l air), dan penerapan konsep ambang kendali dengan mempertimbangkan keadaan predator. Penerapan konsep ini diketahui sangat efisien dalam budidaya dan bersifat ramah bagi predator dan musuh alami, serta mampu meningkatkan pendapatan petani 21,6-42,6% dibandingkan dengan cara petani (Nurindah 2014).

Peningkatan populasi predator dan parasitoid juga dapat dilakukan dengan introduksi, yaitu menambah atau memasukkan populasi musuh alami yang digunakan dalam jumlah banyak. Keberhasilan introduksi bergantung pada kemampuan beradaptasi terhadap inang dan iklim, serangan musuh alami lokal, dan ketepatan teknik pelepasan (Herlina 2011). Di samping itu, predator dan parasitoid juga dapat dilakukan dengan augmentasi, yaitu upaya peningkatan jumlah dan pengaruh musuh alami yang sebelumnya telah berfungsi di ekosistem tersebut, baik dengan cara pelepasan sejumlah tambahan

baru maupun dengan cara memodifikasi ekosistem sehingga jumlah dan daya mangsa predator dapat ditingkatkan.

Nematoda Entomopatogen

Kelompok nematoda entomopatogen (NEP) telah diketahui manfaatnya dalam pengendalian hayati serangga hama. Nematoda entomopatogen yang diketahui efektif adalah *Steinernema* (Steinernematidae) dan *Heterorhabditis* (Heterorhabditidae) (Radhakrishnan dan Shanmugam 2017). Selain itu, sifat polifagnya dapat membantu untuk berkembang biak dan bertahan di alam. Larva yang terinfeksi mengalami kerusakan pada saluran pencernaan.

Siklus hidup NEP diawali dari tahap telur, dan selanjutnya tahap juvenil. Juvenil infektif melakukan penetrasi secara aktif melalui trakea ke dalam tubuh serangga (haemocoel), selanjutnya melepaskan bakteri simbiosis yang mengeluarkan toksin yang dapat membunuh inang dengan sangat cepat. Jaringan hancur, lisis, terlihat adanya perubahan warna kutikula menjadi lebih pucat, dan mengeluarkan cairan. Pada *S. exigua* menyebabkan perubahan warna tubuh menjadi coklat kehitaman. Umur juvenil infektif yang umum digunakan dalam pengendalian adalah instar II (Kamariah 2013). Agensi ini mudah diperbanyak dengan cara membiakkannya pada serangga inang. Nematoda akan memanfaatkan nutrisi dalam tubuh larva untuk berkembang biak, selanjutnya bermigrasi dengan cara keluar dari tubuh larva dan mencari inang lain. Nematoda dapat berkembang biak dalam tubuh inang dan menghasilkan dua sampai tiga generasi, sehingga populasinya bertambah. Nematoda entomopatogen dengan konsentrasi yang tinggi, pada kondisi kelembaban udara yang tinggi dan suhu optimal sangat efektif membunuh serangga hama (Laznik *et al.* 2012).

S. carpocapsae, *S. longicaudum*, *Steinernema* sp. dan *H. indica* mampu menyebabkan kematian larva *S. litura* >90% pada 48 jam setelah inokulasi (JSI) (Yan *et al.* 2019). Acharya *et al.* (2020) membuktikan bahwa beberapa isolat *H. indica*, *S. carpocapsae*, dan *S. longicaudum* juga mampu menekan pertumbuhan *S. litura*. Aplikasi *Steinernema* 800 JI/2 ml air dan 1000 JI/2 ml air menghasilkan mortalitas larva instar III *S. exigua* 87% dan 95% pada enam hari setelah aplikasi (Kamariah 2013). Hasil uji NEP famili Steinernematidae juga dilaporkan Afifah *et al.* (2013) di mana isolat (konsentrasi 200 JI/1,5 ml) yang ditemukan pada tanaman kedelai efektif membunuh ulat grayak 34% pada larva instar III. Isolat *H. indica* juga

dilaporkan mampu membunuh larva hingga 76% (5×10^9 JI/ml) (Radhakrishnan dan Shanmugam 2017).

NEP dapat diisolasi dari tanah dan dibiakkan secara massal. Tanah (tekstur berpasir) diambil pada kedalaman 10-15 cm kemudian dimasukkan ke dalam plastik. Sampel tanah dipindahkan ke dalam botol plastik yang sebelumnya telah diisi larva ulat *Tenebrio molitor*. Larva yang terinfeksi akan mati dan mengalami perubahan warna. Apabila berwarna coklat tua kemungkinan terinfeksi *Heterorhabditis*, dan berubah menjadi coklat tua kehijauan kemungkinan terinfeksi *Steinernema*. Namun demikian, perlu diperhatikan kemungkinan adanya gejala infeksi yang meragukan, misalnya warna khas infeksi tidak merata dan berbau busuk (Woodring dan Kaya 1988). Larva yang terinfeksi NEP dibilas dengan air steril dan diinkubasi. Inkubasi dapat dilakukan dengan menggunakan cawan berdiameter 15 cm berisi air keran setinggi 0,5 cm. Pada tengah cawan diletakkan tutup cawan petri berdiameter 5 cm yang telah diberi alas kertas tisu lembab, selanjutnya diletakkan bangkai larva. Cara inkubasi ini sesuai untuk mengisolasi Juvenil infektif (JI) *Steinernema*. Cara isolasi JI *Heterorhabditis* yakni tutup cawan petri ditelungkupkan pada tengah cawan yang berisi air, kemudian kertas tisu diletakkan di atasnya dan ujung tisu dipastikan menyentuh air, dan bangkai larva diletakkan di atasnya. Perangkap ditempatkan pada ruang dengan suhu kamar dan kondisi gelap. Inkubasi berlangsung selama 10-20 hari. Pemanenan dilakukan dengan memindahkan cairan dalam cawan ke dalam gelas erlemeyer. Juvenil infektif dicuci dengan air keran sebanyak tiga kali, selanjutnya JI disimpan dalam 25-30 ml air. Juvenil infektif yang terkumpul dapat diinokulasikan kembali pada larva untuk menaikkan populasinya (Woodring dan Kaya 1988; Chaerani *et al.*, 2007).

Aplikasi nematoda di lapang dapat dilakukan dengan penyemprotan pada permukaan tanah dengan mencampurkan NEP dengan surfaktan atau gel, sehingga lebih efisien per satuan luas (Shapiro-Ilan *et al.* 2012). Yan *et al.* (2019) menguji kesesuaian suhu terhadap virulensi NEP, dan diketahui bahwa NEP memiliki kesesuaian suhu yang beragam yakni 10-30 °C bergantung pada jenis isolat. Erdiansyah (2016) menunjukkan bahwa formulasi cair *S. carpocapsae* lebih efektif membunuh larva 83% dibandingkan formula bubuk 51%. Potensi NEP dalam mengendalikan *S. litura* cukup besar, namun aplikasi di lapang belum banyak dikaji. Berbagai kajian terbaru akan sangat membantu memberikan informasi terkait pemanfaatan NEP dalam pengendalian *S. litura*.

Pestisida Nabati

Beragam jenis senyawa metabolit sekunder tumbuhan telah dimanfaatkan untuk mengendalikan serangga hama. Senyawa metabolit sekunder berperan penting dalam pengendalian hama tanaman. Potensi pemanfaatan senyawa metabolit sekunder sebagai pestisida nabati untuk pengendalian ulat grayak telah banyak diteliti (Tabel 5).

Cara kerja pestisida nabati dengan mempengaruhi aktivitas makan, gangguan pada sistem reproduksi, dan bersifat mengusir hama (Tabel 6). Selain itu, aktivitas senyawa metabolit sekunder dapat mengganggu sistem reproduksi serangga, mempengaruhi sistem saraf otot, keseimbangan hormon, reproduksi, penolak, penarik dan anti makan (Mediantie dan Cahyono 2012).

Cara pembuatan pestisida nabati sangat sederhana, dan dapat dilakukan menggunakan bahan tanaman yang basah atau kering. Daun segar dihaluskan dan dilarutkan dalam air dan didiamkan beberapa jam, kemudian ditambahkan perekat dan langsung diaplikasikan. Indiaty dan Marwoto (2008) menjelaskan cara pembuatan ekstrak biji mimba yaitu biji dikeringanginkan, kemudian digiling, diayak dan dilarutkan dalam pelarut (25-50 g dalam 1 liter air dan ditambahkan 1 ml alkohol 70%), selanjutnya direndam selama 12 jam. Hasil rendaman disaring dan ditambahkan 0,5 ml perata atau 1 g deterjen dan siap disemprotkan. Cara lain pembuatan pestisida dari bagian daun segar dilaporkan oleh Rahmawati *et al.* (2019) dengan menggunakan daun tanaman sirsak. Daun sirsak segar dicuci dengan

Tabel 5. Jenis dan bagian tanaman yang berpotensi sebagai pestisida nabati dan efektivitas terhadap ulat grayak *Spodoptera litura*

Jenis tanaman	Stadia hama yang diamati	Kandungan senyawa	Keefektifan pestisida nabati
Biji mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	Larva instar II, pupa dan imago	Fenol (Nahak dan Sahu 2011)	Efektif membunuh 98% telur dan 100% larva, pupa dan imago <i>S.litura</i> (Gadi 2017)
Daun bintaro (<i>Cerbera odollam</i>)	Larva instar II	Fenol, flavonoid, alkaloid, tannin, antosianin, dan glikosida (Saho dan Marar 2018)	Konsentrasi 2% efektif menghambat pertumbuhan dan perkembangan <i>S. litura</i> (Sa'diyah <i>et al.</i> 2013)
Ekstrak daun, biji sirsak (<i>Annona muricata</i>) dan biji mahoni (<i>Swietenia mahagoni</i>)	Larva instar III	Daun sirsak: Asetogenin & Annonain (Moghadamtousi <i>et al.</i> 2015) Biji Mahoni: limonoid (Fowles <i>et al.</i> 2012)	Pengaruh ekstrak daun sirsak terhadap waktu berhenti makan lebih tinggi yaitu sebesar 33,3%. Persentase kegagalan pembentukan pupa dan imago terbaik pada aplikasi ekstrak biji mahoni sebesar 70% dan 76,7%. (Yanuwiadi <i>et al.</i> 2013)
Daun melinjo (<i>Gnetum gnemon</i> L.)	Larva instar III	Fenolik dan antioksidan (Wazir <i>et al.</i> 2011)	Konsentrasi 20% berpengaruh dalam menekan aktivitas makan larva uji (Moniharapon dan Moniharapon 2014)
Daun mindi (<i>Melia azedarach</i> L.)	Larva instar III	alkaloid, tanin, saponin, fenolik, triterpenoid, dan flavonoid	Metode maserasi Jazzar dengan konsentrasi 20% efektif membunuh larva (Amin <i>et al.</i> 2016)
Buah mahkota dewa (<i>Phaleria papuena</i> Warb.)	Larva instar II	alkaloid, tannin, flavonoid, fenol, saponin, lignan, minyak atsiri, dan sterol (Batubara <i>et al.</i> 2012)	Konsentrasi 5% menghasilkan nilai LC50 yaitu 7,9% pada 8 hari setelah aplikasi (HSA) (Zestyadi <i>et al.</i> 2018)
Daun mimba (<i>Azadirachta indica</i>)	Larva insar III	Saponin, alkaloid (Krishna dan Krishnaiah 2014)	Konsentrasi ekstrak 20% efektif membunuh hama (Manoe <i>et al.</i> 2018)
Bunga kembang bulan (<i>Tithonia diversifolia</i> A.Gray)	Larva instar II	flavonoid dan terpenoid (Alkandahri dan Subarnas 2017)	Konsentrasi 8% efektif membunuh larva (Azwana <i>et al.</i> 2019)

Tabel 6. Kandungan senyawa metabolit sekunder tanaman dan mekanisme penghambatan pada larva (*Spodoptera litura*)

Senyawa metabolit	Mekanisme penghambatan	Referensi
Azadirachtin, salanin, meliantriol	Mengganggu proses pergantian kulit, menurunkan nafsu makan, dan menghalau hama	Indiati dan Marwoto (2008)
Flavonoid	Mengganggu proses makan, bersifat racun, dan menolak hama untuk meletakkan telur	War <i>et al.</i> (2012)
Asetogenin & annonain	Repellen (penolak serangga) dan anti-feedent (penghambat makan)	Moghadamtousi <i>et al.</i> (2015)
Limonoid	Anti-feedent (penghambat makan)	Fowles <i>et al.</i> (2012)
Saponin steroid	Saponin steroid berperan sebagai anti-feedent dan toksin pada serangga	Hussain <i>et al.</i> (2019)
Tanin	Mengikat protein sehingga mengakibatkan proses penyerapan protein yang terjadi dalam sistem pencernaan menjadi terganggu dan mengganggu aktivitas makan serangga, serta aktivitas enzim detoksifikasi larva	Yuan (2020)
Minyak atsiri	Bersifat menghambat aktivitas enzim acetylcholin esterase yang dapat mengganggu pertumbuhan dan perkembangan serangga	Jankowska <i>et al.</i> (2018)

air mengalir, dikeringanginkan dan ditimbang sesuai kebutuhan. Dalam 1 kg daun sirsak dibutuhkan pelarut (air) sebanyak 1 liter (1:1). Daun dihaluskan dengan cara ditumbuk dan ditambahkan air. Campuran bahan disaring untuk mendapatkan ekstrak. Hasil saringan dapat diencerkan dan ditambahkan sedikit deterjen sebagai perekat, selanjutnya disimpan kurang lebih selama 24 jam sebelum siap digunakan. Aplikasi pestisida nabati dapat dilakukan seperti pada pestisida sintetik, yakni dengan melihat kejadian di lapang. Aplikasi sebaiknya dilakukan pada sore hari, sehingga tidak mudah terdegradasi dan efektif bertahan di tanaman. Pestisida nabati merupakan salah satu dari beberapa komponen PHT, sehingga produk-produk ini dapat dikombinasikan dengan beberapa pengendalian lain sehingga dapat mencapai target pengendalian yang diharapkan.

Tanaman Perangkap

Tanaman perangkap merupakan strategi tolak tarik (*push-pull strategy*) yang prinsipnya mengendalikan secara non toksik, yang secara tidak langsung dapat meningkatkan peran musuh alami (Midega *et al.* 2014). Tanaman perangkap ditanam untuk memikat dan menjauhkan hama dari tanaman utama atau tanaman komersial, sehingga tanaman utama terlindung dari serangan hama. Hama diusahakan untuk menjauhi tanaman utama dan terkonsentrasi pada tanaman perangkap. Prinsip penanaman tanaman perangkap bergantung pada preferensi hama, spesies tanaman, kultivar, dan fase pertumbuhan tanaman. Keunggulan dari tanaman perangkap yakni mengurangi kerusakan tanaman

utama, menarik organisme menguntungkan, mengurangi penggunaan input eksternal, meningkatkan keanekaragaman hayati, dan mempertahankan produktivitas.

Tanaman perangkap yang dipilih umumnya mempunyai nilai ekonomis, sehingga mudah diadopsi petani. Populasi tanaman perangkap yang ditanam harus lebih rendah dibandingkan tanaman budidaya. Pola penanaman tanaman perangkap berlajur satu atau dua baris di antara petakan tanaman budidaya, contoh 2 baris tanaman perangkap di antara 8 baris tanaman utama. Waktu tanam antara tanaman perangkap dan tanaman budidaya perlu diperhatikan. Pada tanaman perangkap yang berumur lebih panjang dari tanaman budidaya, maka sebaiknya penanaman tanaman perangkap dilakukan lebih awal dari tanaman budidaya, sedangkan pada tanaman yang berumur sama dengan tanaman budidaya dapat ditanam bersamaan, untuk mencegah keterlambatan panen (Nurindah *et al.* 2009). Dengan pengaturan waktu tanam, diharapkan nilai ekonomis dari tanaman perangkap dan nilai kemanfaatannya sebagai perangkap OPT dapat optimal.

Tanaman perangkap menghasilkan bahan kimia atau volatil yang menarik hama untuk singgah. Spesies tanaman dan kultivar tertentu menghasilkan senyawa volatil yang berbeda. Nuridah *et al.* (2009) melaporkan bahwa populasi *S. litura* pada tanaman tembakau dapat ditekan dengan penggunaan tanaman perangkap kacang hijau (*Vigna radiata* L.) dan jagung (*Zea mays* L.) dengan persentase penekanan masing-masing 50% dan 25%. Zhou

et al. (2010) melaporkan beberapa jenis tanaman perangkap yang dapat digunakan untuk pengendalian *S. litura* pada tembakau seperti jarak kepyar (*Ricinus communis*), talas (*Colocasia esculenta*), kacang tanah (*Arachis hypogaea*), dan ubijalar (*Ipomoea batatas*). Namun dari semua jenis tanaman ini, jarak kepyar diketahui memerangkap lebih banyak larva dan berhasil mengurangi serangan pada tanaman tembakau. Hasil penelitian Zhou *et al.* (2011) menemukan bahwa aplikasi tanaman perangkap *C. esculenta* dan S/INPV efektif menekan populasi larva dan meningkatkan kepadatan predator dibandingkan dengan pengendalian dengan pestisida sintetik.

Kajian tanaman perangkap dalam mengendalikan *S. litura* pada tanaman kedelai masih terbatas. Bedjo (2015) merekomendasikan genotipe kedelai MLG 3023 sebagai perangkap *S. litura* pada tanaman kedelai, karena adanya sifat kerentanan kultivar terhadap serangan *S. litura*. Pemilihan tanaman sebagai perangkap sebaiknya mempertimbangkan efektivitas dan nilai ekonomisnya. Jarak kepyar direkomendasikan dalam pengendalian *S. litura* pada tanaman kedelai karena efektif memerangkap larva, dan umur panen lebih panjang (110-121 hari) (Santoso *et al.* 2014) dibandingkan tanaman kedelai, sehingga dapat melindungi tanaman kedelai selama fase pertumbuhannya.

Varietas Tahan

Varietas unggul tahan hama merupakan salah satu komponen penting dalam pengelolaan hama terpadu (PHT). Dalam budidaya tanaman kedelai, penggunaan varietas tahan telah dilakukan untuk menghindari kehilangan hasil akibat serangan hama dan penyakit utama. Varietas tahan ulat grayak harus menjadi pilihan utama ketika hendak melakukan budidaya di lahan yang telah diketahui merupakan wilayah endemik serangan ulat grayak. Penggunaan varietas tahan dapat menekan tingkat kerusakan tanaman, mengurangi atau menghilangkan aplikasi pestisida, tidak merusak lingkungan dan menekan kehilangan hasil. Salah satu cara yang dapat digunakan adalah identifikasi plasma nutfah berdasarkan karakter morfologi dan fisiologi yaitu sifat antixenosis dan antibiosis tanaman terhadap serangga hama (Krisnawati *et al.* 2017).

Mekanisme ketahanan antixenosis dan antibiosis merupakan sifat pertahanan alami tanaman terhadap kerusakan yang disebabkan oleh hama, seperti pertahanan fisik atau kimia yang menyebabkan serangga menolak untuk tinggal. Pertahanan fisik dapat berupa duri, trikoma, sedangkan pertahanan kimia dapat berupa racun atau enzim pencernaan,

bahkan pada beberapa tanaman dapat menghasilkan senyawa kimia yang dapat menarik predator atau parasit hama (Hare 2011; Clavijo McCormick *et al.* 2012). Beberapa varietas diketahui memiliki kerapatan trikoma daun yang tinggi seperti varietas Kipas Merah dan mengalami peningkatan kerapatan seiring bertambahnya umur tanaman (Hendriwal *et al.* 2013). Karakter morfologi trikoma ini lebih berperan dibandingkan dengan karakter lainnya untuk pengendalian *S. litura* (Adie *et al.* 2012).

Mekanisme antibiosis melibatkan karakter sintetik dan fisika dalam perkembangan dan proses fisik serangga (Oki *et al.* 2012). Pengukuran kepekaan larva terhadap mekanisme antibiosis dapat dilakukan dengan mengamati abnormalitas larva, mortalitas, perkembangan pupa, dan berat larva. Suharsono dan Suntono (2007) melaporkan bahwa Balitkabi telah memperoleh dua galur introduksi (IAC-100 dan IAC-80596-2 dari Brazilia) yang tahan terhadap hama pengisap polong dan ulat grayak. Turunan persilangan IAC banyak dikembangkan untuk memperoleh galur-galur baru berdaya hasil tinggi dan tahan serangan ulat grayak. Salah satunya adalah G100H yang merupakan turunan persilangan antara IAC dengan Himeshirazen, yang mempunyai tingkat ketahanan tinggi terhadap ulat grayak. Hasil persilangan lainnya dengan menggunakan IAC 100 sebagai tetua diperoleh galur harapan kedelai yang tergolong agak tahan hingga tahan terhadap ulat grayak yaitu galur IAC-100/Kaba-G-80, IAC100/Kaba-G-67, IAC-100/Burangrang-P-95, IAC-100/Kaba-G-47, dan IAC-100/Burangrang-G-119 (Sundari dan Sari 2015). Krisnawati *et al.* (2017) melaporkan adanya sifat ketahanan antixenosis dan antibiosis dari genotip kedelai G511H/Anj-1-4 terhadap ulat grayak. Ketahanan antixenosis dari genotip kedelai G511H/Anj-1-4 berupa trikoma pendek dan kepadatan trikoma, sedangkan ketahanan antibiosis berupa kandungan senyawa yang ada dari tanaman yang dapat diukur berdasarkan parameter perkembangan larva. Galur-galur ini perlu untuk dikaji dan dikembangkan untuk mendukung percepatan ketersediaan varietas tahan ulat grayak. Hingga saat ini pembentukan varietas kedelai tahan ulat grayak masih terus dilakukan. Balitkabi sejak 2016 hingga 2019 telah melepas beberapa varietas dengan sifat tahan dan agak tahan terhadap ulat grayak di antaranya Dering 3 (tahan), Dena 2, Dering 2, Demas 3, Derap 1, Deja 1 (agak tahan) (Balitkabi 2016; Balitkabi 2021). Diharapkan varietas-varietas ini dapat diadopsi petani, sehingga dapat mengurangi kejadian serangan di lapang dan meningkatkan produksi kedelai.

KESIMPULAN

Pengendalian ramah lingkungan merupakan penerapan perlindungan tanaman yang sesuai dengan sistem pengendalian hama terpadu (PHT) dengan memadukan pendekatan-pendekatan yang mengandalkan peran agroekosistem. Pengendalian ulat grayak bersifat ramah lingkungan merupakan potensi yang menjanjikan karena sangat efisien, mudah diperoleh di alam, aman bagi kesehatan lingkungan dan makhluk hidup di sekitarnya. Beberapa cara pengendalian yang telah diketahui keefektifannya adalah penggunaan agens hayati *S/NPV*, cendawan entomopatogen *B.bassiana*, *M. anisopliae*, *N. rileyi* dan *L. lecanii*. Parasitoid dan predator *Forficula auricularia*, nematoda entomopatogen famili Steinernematidae, pestisida nabati, tanaman perangkap (jarak kepyar, kacang hijau, kacang tanah, talas, ubijalar), dan varietas tahan. Beberapa agens pengendalian ini dapat diperbanyak secara mandiri dan sederhana. Komponen pengendalian ini memiliki kelemahan, salah satunya adalah kecepatan membunuh yang lebih lambat dibandingkan pestisida sintetis. Oleh karena itu, perlu perpaduan teknologi dalam satu sistem pengendalian hama terpadu sehingga lebih efektif dan efisien.

DAFTAR PUSTAKA

- Abou-Taleb, Hamdy HK, Barrania AA, Attia MA. 2015. Comparative effectiveness of fipronil and other insecticide treatments against cotton leafworm and role of two detoxification enzymes. *Alexandria Science Exchange Journal* 36(4) : 342-348
- Acharya R, Su YS, Shim JK, Lee KY. 2020. Virulence of four entomopathogenic nematodes against the tobacco cutworm *Spodoptera litura* Fabricius. *Biological Control*, 150. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2020.104348> (Diakses 10 Feb 2021)
- Adie MM. 2007. Panduan pengujian individual, kebaruan, keunikan, keseragaman dan kestabilan kedelai. Pusat Perlindungan Varietas Tanaman. Departemen Pertanian Republik Indonesia. 12 hlm
- Adie MM, Krisnawati A, Mufidah AZ. 2012. Derajat ketahanan genotipe kedelai terhadap hama ulat grayak. Hlm. 29-36. Dalam: Rahmiana AA *et al* (eds). *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi 2012*. Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi
- Adie M, Krisnawati A, Baliadi Y. 2020. Evaluation for soybean resistance to army worm *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). pp: 1-8. *IOP Conf Ser: Earth Environ Sci* 484. International Conference on Sustainable Cereals and Crops Production Systems in the Tropics 23-25 September 2019. Makassar City Indonesia
- Afifah L, Rahardjo BT, Tarno H. 2013. Eksplorasi nematoda entomopatogen pada lahan tanaman jagung, kedelai dan kubis di Malang serta virulensinya terhadap *Spodoptera litura* Fabricius. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 1(2): 1-9
- Ahmad M, Gaffar A, Rafiq M. 2013. Host plants of leaf worm *Spodoptera litura* (Fabricius) (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Asian Journal of Agriculture Biology* 1(1):23-28
- Akbar ME, Buchory D. 2012. Pengaruh lama ketiadaan inang terhadap kapasitas reproduksi parasitoid *Snellenius manilae* Ashmead (Hymenoptera: Braconidae). *Jurnal Entomologi Indonesia* 9(1): 14-22
- Alkandahri MY, Subarnas A. 2017. Kandungan senyawa sintetik dan aktivitas farmakologi ekstrak daun kembang bulan (*Tithonia diversifolia* (Hemsley) A. Gray) sebagai antimalaria. *Farmaka* 15(3): 170-186
- Amin ZA, Wardhani T, Pratamaningtyas S. 2016. Pengaruh metode maserasi jassar dan balafif dalam memperoleh ekstrak air daun mindi (*Melia azedarach*L.) sebagai insektisida botani pada ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian* 10(2): 110-12
- Anggara AW, Buchori D, Pudjianto. 2015. Kemapanan parasitoid *Telenomus remus* (Hymenoptera: Scelionidae) pada agroekosistem sederhana dan kompleks. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 3(3): 111-125
- Arabi Y, Oemry S, Zahara F. 2013. Daya predasi cecopet (*Forficula auricularia*) (Dermaptera: Nisolabididae) pada berbagai instar larva ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) (Lepidoptera : Noctuidae) di laboratorium. *Jurnal online Agroekoteknologi* 1(2): 296-303
- Aryo K, Purnomo, Wibowo, Aeny TN. 2017. Virulensi beberapa isolat *Metarhizium anisopliae* terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium. *Jurnal Agrotek Tropika* 5(2): 96-101
- Asi MR, Bashir MH, Afzal M, Zia K, Akram M. 2013. Potential of entomopathogenic fungi for biocontrol of *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *The Journal of Animal and Plant Sciences* 23(3): 913-918
- Azwana, Mardiana S, Zannah RR. 2019. Efikasi insektisida nabati ekstrak bunga kembang bulan (*Tithonia diversifolia* A.Gray) terhadap hama ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman sawi di laboratorium. *Jurnal Biolink* 5(2): 131-141
- Babu SR, Dudwal R, Meena PK, Rokadia P. 2018. Estimation of avoidable losses due to defoliators (semilooper complex and common cutworm, *Spodoptera litura* Fab.) in different varieties of soybean. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7(8): 3078-3085

- Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi [Balitkabi]. 2016. Deskripsi varietas. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/publikasi/deskripsi-varietas>. (Diakses 15 Apr 2021)
- Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi [Balitkabi]. 2021. Deskripsi varietas terbaru. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/informasi/deskripsi-varietas-terbaru>. (Diakses 15 Apr 2021)
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan [BPTP Sulsel]. 2015. Laporan hasil penelitian dan pengkajian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian
- Batubara I, Kotsuka S, Yamauchi H, Kuspradini T, Mitsunaga, Darusman LK. 2012. TNF- α production inhibitory activity, phenolic, flavonoid and tannin contents of selected Indonesian medicinal plants. *Research Journal of Medicinal Plant* 6(6):406-415
- Bedjo. 2005. Pemanfaatan *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (SNPV) untuk pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. *Buletin Palawija* 7(8): 1-9
- Bedjo. 2015. Pengendalian larva ulat grayak (*Spodoptera litura*) dengan virus SNPV. *Info Teknologi, Balai penelitian tanaman aneka kacang dan umbi* 13 Agustus 2015. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/infotek/pengendalian-larva-ulat-grayak-spodoptera-litura-dengan-virus-slnpv/> (Diakses 11 Feb 2021)
- Bedjo. 2017. The potential of various isolates of *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Viruses from East Java (Indonesia) to control *Spodoptera litura* on soybean. *Biodiversitas* 18(2): 582-588
- Bhargavi GB, Manjula K, Rao R, Reddy BR. 2018. Efficacy of oil based formulations of *Nomuraea rileyi* (Farlow) samson against *Spodoptera litura* in vitro. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 7(10): 3413-3422
- Buchori D, Herawati E.D, Sari A. 2008. The effectiveness of *Telenomus remus* (Nixon) (Hymenoptera: Scelionidae) for controlling welsh onion pest *Spodoptera exigua* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae) (in Indonesian). *Jurnal Entomologi Indonesia* 5(2): 81-95
- Budi AS, Afandhi A, Puspitarini RD. 2013. Patogenesitas jamur entomopatogen *Beauveria bassiana* Balsamo (Deuteromycetes: Moniliales) pada larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 1(1):57-65
- Chaerani, Suryadi Y, Priyatno TP, Koswanudin D, Rahmat U, Sujatmo, Yusuf, Griffin CT. 2007. Isolasi nematoda patogen serangga steinernema dan heterorhabditis. *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 7(1):1-9
- Clavijo Mc Cormick A, Unsicker SB, Gershenzon J. 2012. The specificity of herbivore-induced plant volatiles in attracting herbivore enemies. *Trends in Plant Science* 17: 303-310
- Direktorat Jendral Tanaman Pangan [Dirjentan]. 2019. Laporan Kinerja. Direktorat Jenderal Tanaman Pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, Hal: 46
- Dudhbale C, Surpam A, Kothikar R, Koche M. 2017. Bio-efficacy of chemical insecticides against *Spodoptera litura* infesting soybean. *American Journal of Entomology* 1(1): 16-18
- Dwi H. 2011. Sedikit Tentang Pestisida. http://dinkesjatengprov.go.id/index.php?oppyion=com_content&view=article&id=48%3Aasedikittentang-pestisida&catid=42%3Apl&lang=en (Diakses 1 Juni 2011)
- Erdiansyah I. 2016. Pemanfaatan formula nematoda entomopatogen *Steinernema carpocapsaes* untuk mengendalikan hama ulat *Spodoptera litura* pada pertanaman kedelai. *Jurnal Ilmiah Inovasi* 16(1): 33-40
- Fattah A, Ilyas A. 2016. Siklus hidup ulat grayak (*Spodoptera litura* F) dan tingkat serangan pada beberapa varietas unggul kedelai di Sulawesi Selatan. Hlm 834-842. Dalam Muslimin *et al* (eds). *Prosiding Seminar Nasional Inovasi Teknologi Pertanian Banjarbaru 2016*. BPTP Balitbangtan Kalimantan Selatan
- Fowles RG, Mootoo BS, Ramsewak RS, Khan A. 2012. Toxicity-structure activity evaluation of limonoids from *Swietenia* species on *Artemia salina*. *Pharmaceutical Biology* 50(2): 264-267
- Gadi N. 2017. Effect of *Azadirachta indica* extracts on oriental leafworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). *Chronicle of The New Researcher* 2(1): 1-5
- Hare JD. 2011. Ecological role of volatiles produced by plants in response to damage by herbivores insects. *Annual Review of Entomology* 56:161-180
- Hendriyal, Latifah, Hayu R. 2013. Perkembangan *Spodoptera litura* F. (Lepidoptera: Noctuidae) pada kedelai. *Jurnal Floretek* 8: 88-100
- Herlina L. 2011. Introduksi parasitoid, sebuah wacana baru dalam pengendalian hama kutu putih pepaya *Paracoccus marginatus* di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian* 30(3): 87-97
- Hidayani, Rusli R, Lubis YS. 2013. Keanekaragaman spesies parasitoid telur hama Lepidoptera dan parasitasnya pada beberapa tanaman di kabupaten Solok, Sumatera Barat. *Jurnal Natur Indonesia* 15(1):9-14
- Hussain M, Debnath B, Qasim M, Bamisile BS, Islam W, Hammed MS, Wang L, Qiu D. 2019. Role of saponins in plant defense against specialist herbivores. *Molecules* 24:1-21
- Indiati SW, Marwoto. 2008. Potensi ekstrak biji nimba sebagai insektisida nabati. *Buletin Palawija* 15: 9-14

- Indrayani IGAA, Prabowo H, Mulyaningsih S. 2013. Patogenisitas dua isolat lokal jamur *Nomuraea rileyi* (Farlow) Samson terhadap *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae). *Jurnal Penelitian Tanaman Industri* 19 (1):8-14
- Indriyanti DR, Mahmuda S, Slamet M. 2017. Effect of *Beauveria bassiana* doses on *Spodoptera litura* mortality. *International Journal of Scientific and Technology Research* 6(9): 206-210
- Jankowska M, Rogalska J, Wyszowska J, Stankiewicz M. 2018. Molecular targets for components of essential oils in the insect nervous system. *Molecules* 23(24):1-20
- Kamariah, Nasir B, Pangeso J. 2013. Efektifitas berbagai konsentrasi nematoda entomopatogen (*Steinernema* sp.) terhadap mortalitas larva *Spodoptera exiqua* Hubner. *eJurnal Agrotekbis* 1(1): 2338-3011
- Khodijah, Herlinda S, Irsan C, Pujiastuti Y, Thalib R. 2012. Artropoda predator penghuni ekosistem persawahan lebak dan pasang surut Sumatera Selatan. *Jurnal Lahan Suboptimal* 1(1): 57-63
- Kim KH, Kabir El, Jahan SA. 2017. Exposure to pesticides and the associated human health effects. *Science of The Total Environment* 575:525-535
- Kiranasasi AD, Chailani SR, Afandhi A, Bedjo. 2013. Persistensi tiga isolat *Spodoptera litura* Nuclear Polyhedrosis Virus (S/NPV) asal Nusa Tenggara Barat dan Jawa Timur untuk mengendalikan larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai (*Glycine max* L). *Jurnal Hama dan Penyakit Tumbuhan* 1(4):59-66
- Kouvelis VN, Wang C, Skrobek A. 2011. Assessing the cytotoxic and mutagenic effects of secondary metabolites produced by several fungal biological control agents with the Ames assay and the vitotox(w) test. *Mutation Research/Genetic Toxicology and Environmental Mutagenesis* 722(1):1-6
- Krishna PG, Krishnaiah GM. 2014. Chemical composition of the leaves of *Azadirachta indica* Linn (Nemm). *International Journal of Advancement in Engineering Technology Management and Applied Science* 1(5): 21-31
- Krisnawati A, Bayu MSYI, Adie M. 2017. Identification of soybean genotypes based on antixenosis and antibiosis to the armyworm (*Spodoptera litura*). *Nusantara Bioscience* 9(2): 164-169
- Laba IW. 2010. Analisis empiris penggunaan insektisida menuju pertanian berkelanjutan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 3(2): 120-137
- Laznik Z, Vidrih M, Trdan S. 2012. Effect of different fungicides on viability of entomopathogenic nematodes *Steiner nemafeltiae* (Filipjev), *S. carpocapsae* (Weiser) and *Heterorhabditis downesi* (Stock, Griffin and Burnell) (Nematoda: Rhabditida) under laboratory conditions. *Chilean Journal of Agricultural Research* 72: 62-67
- Lemtur M, Kumari, A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya S. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. *The Bioscan* 12(2):843-846
- Liao YL, Yang B, Xu MF, Lin W, Wang DS, Chen KW, Chen HY. 2019. First report of *Telenomus remus* parasitizing *Spodoptera frugiperda* and its field parasitism in southern China. *Journal of Hymenoptera Research* 73: 95-102
- Lubis AAN, Anwar R, Soekarno BPW, Istiaji B, Sartiami D, Irmansyah, Herawati D. 2020. Serangan ulat grayak jagung (*Spodoptera frugiperda*) pada tanaman jagung di desa Petir kecamatan Daramaga kabupaten Bogor dan potensi pengendaliannya. *Jurnal Pusat Inovasi Masyarakat* 2(6):931-939
- Manoe BL, Harini TS, Nahas AE. 2018. Uji efikasi ekstrak kasar daun nimba terhadap mortalitas ulat grayak *Spodoptera litura* F di laboratorium. *Agrisa* 7(2):346-352
- Maonaro, Kumari A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya S. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. *The Bioscan* 12(2):843-846
- Maramorosch K. 2007. Viruses, vectors, and vegetation: an autobiography. *Advances in Virus Research* 70:1-31
- Marwoto, Suharsono. 2008. Strategi dan komponen teknologi pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman kedelai. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(4) : 131-136
- Masyitah I, Sitepu SF, Safni I. 2017. Potensi jamur entomopatogen untuk mengendalikan ulat grayak *Spodoptera litura* F pada tanaman tembakau in vivo. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU* 5(30): 484-493
- Mediantie S, Cahyono S. 2012. Preferensi species lalat buah terhadap atraktan metil eugenol dan cue-lure dan populasinya di Sumatera Barat dan Riau. *Journal of Horticulture* 18(2):227-233
- Midega CAO, Jonsson M, Khan ZR, Ekbom B. 2014. Effects of landscape complexity and habitat management on stemborer colonization, parasitism and damage to maize. *Agriculture Ecosystems Environment* 188: 289-293
- Moanaro, Kumari A, Choudhary JS, Pan RS, Maurya S. 2017. Natural incidence of *Nomuraea rileyi* an entomopathogenic fungus on *Spodoptera litura* infesting groundnut in eastern region of India. *The Bioscan* 12(12): 843-846
- Moghadamtousi SZ, Fadaeinasab M, Nikzad S, Mohan G, Ali HM, Kadir HA. 2015. *Annona muricata* (Annonaceae): a review of its traditional uses, isolated acetogenins and biological activities. *International Journal of Molecular Science* 16(7): 15625-658

- Moniharapon DD, Moniharapon M. 2014. Ekstrak etanol daun melinjo (*Gnetum gnemon* L.) sebagai anti feedant terhadap larva ulat grayak (*Spodoptera litura* Fab.) pada tanaman sawi (*Brassica sinensis* L.). *Jurnal Budidaya Pertanian* 1(2): 100-104
- Nahak G, Sahu RK. 2011. Evaluation of antioxidant activity of flower and seed oil of *Azadirachta indica* A. Juss. *Journal of Applied and Natural Science* 3(1):78-81
- Narvekar PF, Mehendale SK, Karmarkar MS, Desai SD, Golvankar GM. 2018. Effect of BT on Third instar larvae against *Spodoptera litura* (Fab.) on different host plants under laboratory condition. *International Journal of Chemical Studies* 6(6): 899-901
- Nelly N, Yusniman, Rahmawatu Y. 2011. Pengaruh instar larva inang *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) terhadap keberhasilan hidup parasitoid *Eriborus argenteopilosus* Cameron (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Jurnal Entomology Indonesia* 8(1):36-44
- Nurazizah I, Basit A, Murwani I, Prabowo H. 2018. Evaluasi efek campuran fipronil dan diafentiuron dalam mengendalikan hama ulat grayak (*Spodoptera litura* Fabricius) pada tanaman tembakau (*Nicotiana tabacum* L.). *Jurnal Folium* 1(2): 79-87
- Nurhayati, Sayuthi, Husni. 2017. The effectiveness of entomopatogen fungi of *Beauveria bassiana* Ferr for handling the *Spodoptera litura* F. caterpillar on soybean plant (*Glycine max* L. Merr). *Journal of Pharmacy and Biological Sciences* 12(4):73-86
- Nuridah, Sunarto DA, Sujak. 2009. Tanaman perangkap untuk pengendalian serangga hama tembakau. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri* 1(2): 55-68
- Nurindah. 2014. Konservasi musuh alami mendukung budi daya tanaman kapas tanpa penyemprotan insektisida. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat dan Minyak Industri* 6(2):99-107
- Oki N, Komatsu K, Sayama T, Ishimoto M, Takahashi M, Takahashi M. 2012. Genetic analysis of antixenosis resistance to the common cutworm (*Spodoptera litura* Fabricius) and its relationship with pubescence characteristics in soybean (*Glycine max* (L.) Merr.) *Breeding Science* 61: 608-617
- Petlamul W, Prasertsan P. 2012. Evaluation of strains of *Metarhizium anisopliae* and *Beauveria bassiana* against *Spodoptera litura* on the basis of their virulence, germination rate, conidia production, radial growth and enzyme activity. *Mycobiology* 40 (2): 111-116
- Prayogo Y. 2005. Potensi kendala dan upaya mempertahankan keefektifan cendawan entomopatogen untuk mengendalikan hama tanaman pangan. *Buletin Palawija* 10: 53-65
- Prayogo Y. 2012. Bio-lec: Biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit utama kedelai. Disampaikan pada Seminar Internal Balitkabi, 4 Juni 2012. <http://balitkabi.litbang.pertanian.go.id/berita/bio-lec-alternatif-pengganti-insektisida-sintetik/> (Diakses 14 Jan 2021)
- Prayogo Y. 2017. Biopestisida untuk pengendalian hama dan penyakit kedelai. Dalam Nugrahaeni N *et al* (eds), *Bunga rampai teknik produksi benih kedelai (75-94)*. Malang: IAARD Press
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2016. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2017. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Data dan Informasi [Pusdatin]. 2020. Statistik Iklim OPT dan DPI. Direktorat tanaman pangan Kementerian Pertanian. Jakarta, hal: 37
- Pusat Pengkajian Perdagangan Dalam Negeri [PPPDN]. 2019. Analisis perkembangan harga bahan pangan pokok di pasar domestik dan internasional. Kementerian Perdagangan Republik Indonesia. Jakarta, hal: 66
- Radhakrishnan S, Shanmugam S. 2017. Bioefficacy of entomopathogenic nematodes against *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae) in Bhendi. *International Journal of Current Microbiology and Applied Science* 6(7): 2314-2319
- Rahmawati R, Syarief M, Jumiatur, Djenal. 2019. Potensi ekstrak daun sirsak (*Annona muricata*) pada pengendalian hama pengisap polong (*Riptortus linearis*) tanaman kedelai. *Agriprima, Journal of Applied Agricultural Sciences* 3(1):22-29
- Ramaiah M, Maheswari TU. 2018. Biology studies of tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* Fabricius. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 6(5):2284-2289
- Ramanujam B, Rangeshwaran R, Sivakumar G, Mohan M, Yandigeri MS. 2014. Management of insect pests by microorganisms. *Proceedings of the Indian National Science Academy*. 80(2): 455471
- Rao GVR, Wightman JA, Rao DVR. 2011. World review of the natural enemies and diseases of *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). *International Journal of Tropical Insect Science* 14(3): 273-284
- Rohlf M, Churchill ACL. 2011. Fungal secondary metabolites as modulators of interactions with insects and other arthropods. *Fungal Genetics and Biology* 48: 23-34
- Rosmiati A, Hidayat C, Efrin F, Setiati Y. 2018. Potensi *Beauveria bassiana* sebagai agens hayati *Spodoptera litura* Fabr pada tanaman kedelai. *Jurnal Agrikultura* 29(1):43-47
- Sa'diyah NA, Purwani KI, Wijayawati. 2013. Pengaruh ekstrak daun bintaro (*Cerbera odollam*) terhadap

- perkembangan ulat grayak (*Spodoptera litura* F.). Jurnal Sains dan Seni Pomits 2(2):111-115
- Saho A, Marar T. 2018. Phytochemical analysis, antioxidant assay and antimicrobial activity in leaf extracts of *Cerbera odollam* Gaertn. Pharmacognosy Journal 10(2):285-292
- Samosir K, Setiani O, Nurjazuli. 2017. Hubungan pajanan pestisida dengan gangguan keseimbangan tubuh petani hortikultura di kecamatan Ngablak kabupaten Magelang. Jurnal Kesehatan Lingkungan Indonesia 16(2): 63-69
- Santoso BB, Sudika IW, Jaya IKD, Aryana IGPM. 2014. Hasil biji kadar minyak jarak kepyar lokal beaq amor (*Ricinus communis* L) pada berbagai umur pemangkasan batang utama. Jurnal Agronomi Indonesia 42(3): 244-249
- Shapiro Ilan DI, Han R, Dolinski C. 2012. Entomopathogenic nematode production and application rechnology. The Journal of Nematology 44(2):206-217
- Sharma N, Srivastava R. 2013. In vitro production of nuclear polyhedrosis virus of *Helicoverpa armigera*. Persian Gulf Crop Protection 2: 18-31
- Singh D, Raina TK, Singh J. 2017a. Entomopathogenic fungi: an effective biocontrol agent for management of insect populations naturally. Journal of Pharmaceutical Science. and research 9(6): 830-839
- Singh KN, Rachana RR, Jhonson T, Varatharajan R. 2017b. Conservation of insect predators for pest management. International Journal of Tropical Agriculture 35(4): 921-929
- Suhairiyah. 2013. Pengaruh pemberian cendawan *Lecanicillium lecanii* terhadap mortalitas ulat grayak (*Spodoptera litura*) secara In Vitro. Lentera Bio 2(3): 253-257
- Suharsono, Suntono. 2007. Efektivitas beberapa jenis insektisida sintetik dan galur tahan untuk mengendalikan hama perusak daun. Hasil Penelitian Tahun 2005. Balitkabi, Malang. Hal: 7
- Sundar B, Rashmi V, Sumith HK, Sandhya. 2018. Study the incidence and period of activity of *Spodoptera litura* on soybean. Journal of Entomology and Zoology Studies 6(5): 331-333
- Sundari T, Sari KP. 2015. Perbaikan ketahanan kedelai terhadap hama ulat grayak. Iptek Tanaman Pangan 10(1):19-28
- Syahroni MNG, Haryadi NT. 2019. Uji efektivitas konsentrasi *Spodoptera litura*-nuclear polyhedrosis virus (SNPV) JTM97C formulasi bubuk terhadap larva *Spodoptera litura* Fabricius (Lepidoptera: Noctuidae) pada tanaman kedelai. Jurnal Pengendalian Hayati 2(2): 46-52
- Tobing SSL, Marheni, Hasanuddin. 2015. Uji efektivitas *Metarhizium anisopliae* Metch. dan *Beauveria bassiana* Bals. terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) pada tanaman kedelai (*Glicyne max* L.) di rumah kassa. Jurnal Agroteknologi 4(1): 1659-1665
- Trizelia, Armon N, Jaelani H. 2015. Keanekaragaman cendawan entomopatogen pada rizosfer berbagai tanaman sayuran. Hlm 998-1004. Dalam: Setyawan AD *et al* (eds). Prosiding seminar nasional masyarakat biodiversitas Indonesia 1(5) 2015. Masyarakat Biodiversitas Indonesia
- Wang B, Kang Q, Lu Y, Bai L, Wang C. 2012. Unveiling the biosynthetic puzzle of destruxins in *Metarhizium* species. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America 109: 1287-1292
- War AR, Paulraj MG, Ahmad T, Buhroo AA, Hussain B, Ignacimuthu S, Sharma HC. 2012. Mechanisms of plant defense against insect herbivores. Plant Signaling and Behavior 7: 1306-1320
- Wazir D, Ahmad S, Muse R, Mahmood M, Shukor MY. 2011. Antioxidant activities of different parts of *Gnetum gnemon* L. Journal of Plant Biochemistry and Biotechnology 20 (2):234-240
- Woodring JL, Kaya HK. 1988. Steinernematid and Heterorhabditid nematodes: a handbook of biology and techniques. Southern Cooperative Series Bulletin 331. Arkansas Agricultural Experiment Station, Fayetteville, Arkansas
- Yadav DS, Kamte AS, Jadhav RS. 2012. Bio-efficacy of cyantraniliprole a new molecule against *Scelodonta strigicollis* Montschulsky and *Spodoptera litura* Fabricius in grapes. Pest Management in Horticultural Ecosystems 18: 128-134
- Yan X, Arain MS, Lin Y, Gu X, Zhang L, Li J, Han R. 2019. Efficacy of entomopathogenic nematodes against the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lepidoptera: Noctuidae). Journal of Economic Entomology 113(1):64-72
- Yanuwiadi B, Amin SL, Hiasinta GH, Bedjo. 2013. Potensi ekstrak daun sirsak, biji sirsak dan biji mahoni untuk pengendalian ulat grayak (*Spodoptera litura* L.). Natural B 2 (1): 88-93
- Yuan Y, Li Lusha, Zhao J, Chen M. 2020. Effect of tannic acid on nutrition and activities of detoxification enzymes and acetylcholinesterase of the fall webworm (Lepidoptera: Arctiidae). Journal of Insect Science 20 (1):1-7
- Zestyadi IRS, Solikhin, Yasin N. 2018. Toksisitas ekstrak buah mahkota dewa (*Phaleria papuena* Warb.) terhadap ulat grayak (*Spodoptera litura* F.) di laboratorium. Jurnal Agrotek Tropika 6(1):21-25

Zhou Z, Chen Z, Fu Xu Z. 2010. Potential of trap crops for integrated management of the tropical armyworm *Spodoptera litura* in Tobacco. *Journal of Insect Science* 10 (17): 1-11

Zhou ZS, Fu Xu Z, Chen ZP. 2011. Co efficacy of trap crop, *Colocasia esculenta* (L) Schott and biological agent, *Spodoptera litura* nuclear polyhedral virus on the tobacco caterpillar, *Spodoptera litura* (Fabricius) in the Tobacco Field. *Pakistan Journal of Zoology* 43(4):689-699
