

Potensi Nematoda Patogen Serangga *Steinernema* spp. dalam Pengendalian Hama Utama Tanaman Kapas

Heri Prabowo* dan IG.A.A. Indrayani

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat
Jl. Raya Karangploso km 4, Kotak Pos 199, Malang

*E-mail: heri_prabowo@yahoo.com

Diterima: 5 Mei 2009 Disetujui: 19 Mei 2009

ABSTRAK

Steinernema spp. memiliki potensi untuk mengendalikan hama tanaman kapas seperti *Helicoverpa armigera* dan *Pectinophora gossypiella*. *Steinernema* spp. mampu menyebabkan mortalitas *P. gossypiella* dan *H. armigera* berturut-turut sebesar 31,6–55,4 dan 46,3–63,8%. *Steinernema* spp. memiliki kemampuan membunuh lebih baik pada *P. gossypiella*, sedangkan kemampuan reproduksi dalam inangnya lebih baik pada *H. armigera*. *Steinernema* spp. mampu menginfeksi serangga inang lebih baik pada stadium ulat lebih tua dibandingkan stadium muda. *Steinernema* spp. dapat diproduksi secara *in vivo* dan *in vitro*. Produksi secara *in vivo* dapat menggunakan *Tenebrio molitor*, *Tirathaba rufivena*, dan *Attacus atlas*. Produksi secara *in vitro* dapat menggunakan usus ayam, lemak sapi, dan minyak kedelai. Perlu dikembangkan formulasi *Steinernema* spp. yang murah dan efektif untuk mengendalikan hama di atas permukaan tanah. Selain itu diperlukan pencarian isolat *Steinernema* spp. yang virulen dan cepat membunuh hama sasaran.

Kata kunci: *Steinernema* spp., *H. armigera*, *Pectinophora gossypiella*, juvenil infeksi, *Tenebrio molitor*, *Tirathaba rufivena*, *Attacus atlas*, produksi, formulasi

Potency of Entomopathogenic Nematodes *Steinernema* spp. Against Major Insect Pest of Cotton

ABSTRACT

Steinernema spp. could be potentially used for controlling *H. armigera* and *P. gossypiella* on cotton. *Steinernema* spp. causes mortality on *P. gossypiella* and *H. armigera* 31,6–55,4 and 46,3–63,8% respectively. The nematode causes a higher mortality on *P. gossypiella* than on *H. armigera*, however, produces more juvenile infective on *H. armigera* than on *P. gossypiella*. Higher successful infections of *Steinernema* spp. occurs on late larval stadium than on early one. Production of *Steinernema* spp. can be *in vivo* using *Tenebrio molitor*, *Tirathaba rufivena*, and *Attacus atlas*, and *in vitro* using chicken intestine, cow lipid, and soy bean oil. For effectively use, this nematode need to be formulated especially for controlling insect pests on soil surface, as well as finding the more virulent isolates against the target insects.

Keywords: *Steinernema* spp., *Helicoverpa armigera*, *Pectinophora gossypiella*, infective juvenil, *Tenebrio molitor*, *Tirathaba rufivena*, *Attacus atlas*, production, formulation

PENDAHULUAN

TANAMAN kapas merupakan komoditas yang disukai oleh serangga hama. Hama utama tanaman kapas adalah *Helicoverpa armigera* dan *Pectinophora gossypiella*. Apabila tidak dilakukan upaya pengendalian maka populasinya akan meningkat dan menyebabkan kerugian (Nurindah *et al.*, 2000).

Helicoverpa armigera merupakan serangga hama yang bersifat polifagus. Serangga ini dapat menjadi hama pada sejumlah tanaman penting, seperti: kacang-kacangan, jagung, bunga matahari, tembakau, tomat, dan kapas (Guerena dan Sullivan, 2003). Sebagai salah satu hama utama tanaman kapas, serangga ini merusak kuncup bunga, bunga, dan buah (Nurindah *et al.*, 2000). Soebandrijo *et al.* (1994) menyatakan bahwa satu ekor ulat *H. armigera* mampu merusak 2–12 kuncup bunga dan buah kapas, apabila teknik pengendalian yang digunakan tidak tepat, dapat mengakibatkan hilangnya hasil kapas lebih dari 50%.

Pectinophora gossypiella merupakan salah satu hama utama tanaman kapas yang menyerang kuncup bunga, bunga, buah maupun biji. Larva melubangi kuncup bunga dan memakan bunga yang sedang tumbuh atau menggerek masuk ke dalam buah dan kemudian memakan serat dan biji. Apabila tidak dikendalikan sama sekali, hama ini dapat menurunkan 79% hasil kapas berbiji, sedangkan apabila dikendalikan secara kimiawi berjadwal maka kerugian yang ditimbulkan adalah 36% (Nurindah *et al.*, 2000).

Tindakan pengendalian hama utama tanaman kapas yang masih dilakukan oleh sebagian petani kapas adalah pengendalian dengan penyemprotan insektisida kimia, terutama dari kelompok piretroid sintetik betasiflu-

trin (Nurindah dan Mukani, 2005). Padahal diketahui penggunaan insektisida kimia menimbulkan berbagai masalah, seperti terjadinya resistensi hama, resurgensi, keracunan pada manusia, dan pencemaran terhadap lingkungan. Dengan adanya dampak negatif yang ditimbulkan insektisida kimia, maka terbuka peluang untuk mengembangkan alternatif pengendalian *H. armigera* yang ramah terhadap lingkungan. Salah satunya adalah pengendalian secara hayati, khususnya pemanfaatan patogen serangga, seperti: bakteri, jamur, virus, dan nematoda (Lacey *et al.*, 2001).

Penggunaan nematoda untuk pengendalian hama secara hayati merupakan salah satu alternatif pengendalian hama yang ramah lingkungan. Salah satu patogen serangga yang sudah dimanfaatkan dalam pengendalian serangga hama, terutama serangga hama tanah adalah nematoda *Steinernema* spp. Meskipun demikian, banyak juga yang menggunakan patogen ini untuk mengendalikan serangga hama yang hidup pada kanopi tanaman. Terdapat tujuh famili nematoda yang dimanfaatkan untuk pengendalian hayati, yaitu: Mermithidae, Allantonematidae, Tetratomatidae, Phaenopsitylenchydae, Sphaerulariidae, Steinernematidae, dan Heterorhabditidae (Lacey *et al.*, 2001). Namun demikian nematoda dari famili Steinernematidae dan Heterorhabditidae yang saat ini paling berkembang pemanfaatannya sebagai agensia hayati pengendalian serangga hama (Glazer dan Lewis, 2000). *Steinernema* spp. yang termasuk famili Steinernematidae terbukti berpotensi menginfeksi lebih dari 250 spesies serangga yang berasal dari 75 famili dan 11 ordo. Selain itu lebih dari 25 strain *Steinernema* telah diisolasi dari berbagai negara, dan bahkan di beberapa negara telah banyak diproduksi secara komersial dalam berbagai bentuk formulasi, seperti di Aus-

tria, Jerman, Jepang, Inggris, Kolumbia, Kanada, dan Australia (Grewal dan Georgis, 1999). *Steinernema* spp. terbukti menyebabkan mortalitas ulat bawang *Spodoptera exigua* instar 5 sebesar 90% (Wagiman *et al.*, 2003), menyebabkan mortalitas rayap *Coptotermes curvignathus* sebesar 99,66% (Bhakti, 2004), menyebabkan mortalitas *Hoplia philanthus* sebesar 80% (Ansari *et al.*, 2003) dan menyebabkan mortalitas ulat jantung kubis *Crocicidolomia binotalis* sebesar 98,75% (Subagiya, 2005).

Tulisan ini merupakan tinjauan yang menginformasikan potensi *Steinernema* spp. untuk pengendalian hama utama tanaman kapas.

BIOLOGI *Steinernema* spp.

Dalam siklus hidupnya *Steinernema* spp. memiliki 3 macam stadium yaitu telur, larva (juvenil), dan dewasa. Juvenil memiliki empat stadium yaitu: juvenil stadium I (JI), juvenil stadium II, juvenil stadium III, dan juvenil stadium IV. Pergantian stadium ditandai dengan terjadinya pergantian kulit (Adams dan Nguyen, 2002). Juvenil stadium III merupakan stadium infeksi yang hidup bebas di luar inang tempat awal juvenil ini dihasilkan, biasanya tahan terhadap lingkungan yang buruk, dan merupakan stadium yang mampu menginfeksi inang baru sehingga disebut juvenil infeksi (Lewis *et al.*, 2006). Panjang tubuh juvenil berkisar antara 438–950 μm dan dewasanya 1.200–1.500 μm (Grewal dan Georgis, 1999).

Steinernema stadium infeksi (JI) masuk ke dalam tubuh serangga inang melalui lubang-lubang terbuka, seperti: integumen, spirakel, anus, dan mulut (Burnell dan Stock, 2000). JI dapat masuk ke dalam tubuh inang karena pengaruh CO_2 yang dihasilkan inangnya (Cranshaw dan Zimmerman, 2005). Apa-

bila JI masuk melalui mulut atau anus, maka JI tersebut akan menembus dinding perut untuk mencapai *haemocoel*. Sedangkan apabila masuk melewati spirakel, JI menembus dinding trakea untuk mencapai *haemocoel*. Ketika JI telah mencapai *haemocoel*, bakteri simbiosis yang dibawa dari dalam intestinumnya akan dilepaskan untuk membunuh serangga inang dengan cara menimbulkan *septicemia* (muntah darah) (Grewal dan Georgis, 1999).

Bakteri simbiosis memberikan beberapa keuntungan untuk nematoda, seperti: (1) membantu membunuh serangga inang secara cepat, (2) membentuk kondisi lingkungan yang cocok untuk perkembangan nematoda dengan cara menghasilkan antibiotik yang menekan pertumbuhan mikroorganisme kompetitor lain, (3) mengubah jaringan *host* menjadi sumber makanan, dan (4) sebagai sumber nutrisi bagi nematoda. Nematoda yang membawa bakteri simbiosis juga memberikan keuntungan bagi bakteri simbiosisnya, yaitu: perlindungan terhadap lingkungan luar, mempercepat penetrasi ke dalam *hemocoel* serangga inang, dan menghambat produksi protein antibakteri oleh inang (Hazir *et al.*, 2003). *Steinernema* dan bakteri simbiosis memiliki hubungan simbiosis mutualisme yang tidak obligat, yaitu masing-masing individu dapat hidup terpisah tanpa perlu adanya kehadiran individu pasangan simbiosisnya.

POTENSI *Steinernema* spp. SEBAGAI AGENSI PENGENDALI SERANGGA HAMA UTAMA TANAMAN KAPAS

Penggunaan *Steinernema* spp. untuk mengendalikan serangga hama memiliki beberapa keunggulan, antara lain: mempunyai kemampuan yang tinggi dalam mencari serang-

ga hama, mampu menginfeksi dan membunuh serangga hama sasaran dengan cara meracuni hemolimfa (*septicemia*) dalam waktu singkat (24–48 jam), mudah diperbanyak secara massal pada medium buatan, tidak berbahaya bagi mamalia dan vertebrata, tidak meracuni lingkungan, kompatibel dengan sebagian besar pestisida kimia, dan belum dilaporkan dapat menyebabkan resistensi pada serangga hama (Herbert dan Blair, 2007).

Steinernema spp. memiliki potensi mengendalikan serangga hama terutama dari ordo Orthoptera, Hemiptera, Lepidoptera, Coleoptera, dan Diptera (Hazir *et al.*, 2003). *Steinernema* spp. telah terbukti efektif mengendalikan beberapa serangga hama perkebunan dan hortikultura (Tabel 1).

Efektivitas *Steinernema* spp. pada setiap serangga uji berbeda-beda (Tabel 1). Strain nematoda dengan tingkat efektivitas tinggi (+++) menunjukkan bahwa serangga uji sangat peka terhadap infeksi strain nematoda tersebut. Strain nematoda dengan tingkat efektivitas sedang (++) hingga rendah (+) menunjukkan serangga uji lebih tahan terhadap infeksi nematoda. Menurut Woodring dan Ka-

ya (1988), *Steinernema* spp. dinyatakan sangat efektif dan berpotensi untuk mengendalikan serangga uji apabila memiliki LC₅₀ kurang atau sama dengan 200 JI/ml. Larva *P. Gossypiella*, *P. xylostella*, dan *C. binotalis* memiliki kepekaan tinggi terhadap infeksi *Steinernema* spp., sedangkan larva *H. armigera*, *S. exigua* dan *Liriomyza* sp. menunjukkan lebih tahan terhadap infeksi nematoda.

Efektivitas nematoda pada satu spesies inang tertentu belum tentu efektif terhadap spesies inang yang lain, karena setiap serangga memiliki ketebalan dinding kutikula, trakea, dan saluran pencernaan yang berbeda-beda. Selain itu setiap serangga memiliki mekanisme imunitas yang berbeda. Adanya mekanisme ini menghambat infeksi nematoda dengan melakukan proses enkapsulasi melanotik pada JI di dalam hemolimfa serangga sehingga JI tidak dapat melepaskan bakteri simbiosis.

Banyak faktor yang menentukan keberhasilan penggunaan *Steinernema* spp., tetapi salah satu faktor yang paling menentukan adalah kesamaan habitat, ekologi, dan daur hidup

Tabel 1. Efektivitas beberapa isolat *Steinernema* spp. pada beberapa spesies serangga hama di laboratorium

Tanaman inang	Serangga hama		Strain nematoda	Tingkat efektivitas di laboratorium
	Spesies	Stadia		
Kapas	<i>Helicoverpa armigera</i>	Ulat	AB05	++
	<i>Pectinophora gossypiella</i>	Ulat	AB05	+++
Kubis	<i>Plutella xylostella</i>	Ulat	ML07	+++
	<i>Crociodolomia binotalis</i>	Ulat	BT02	+++
Bawang merah	<i>Spodoptera exigua</i>	Ulat	ML07	++
Bunga krisan	<i>Liriomyza</i> sp.	Ulat	BT02	+

Sumber: Indrayani dan Gothama (2005)

Keterangan: 1) Berdasarkan LC₅₀: + = rendah (>400 juvenil infektif (JI)/ml); ++ = sedang (201–400 JI/ml); +++ = tinggi (≤200 JI/ml).

serangga hama dengan *Steinernema* spp. Kesamaan habitat dapat meningkatkan infektivitas *Steinernema* spp. terhadap inangnya. *Steinernema* spp. sangat tergantung pada temperatur yang rendah dan sangat rentan terhadap radiasi ultraviolet. Sinar ultraviolet dan temperatur tinggi dapat merusak lapisan lipid sehingga *Steinernema* spp. lebih cepat mati.

Aplikasi *Steinernema* spp. memang lebih efektif untuk serangga hama yang berada di dalam tanah dan yang bersembunyi pada bagian tanaman selama siklus hidupnya. *Steinernema* spp. kurang efektif untuk mengendalikan hama yang terdapat pada kanopi tanaman (Hazir *et al.*, 2003). Namun demikian pengendalian serangga hama di atas permukaan tanah dapat dilakukan dengan cara mengaplikasikan nematoda dalam bentuk formulasi gel alginat. Formulasi ini melindungi nematoda dari pengaruh faktor lingkungan, sehingga kemampuan hidupnya lebih lama. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penempelan gel alginat yang mengandung nematoda pada permukaan daun kapas mampu membunuh larva *Spodoptera littoralis* sekitar 89% (Navon *et al.*, 2002).

Semua strain *Steinernema* spp. dapat menginfeksi serangga uji dengan waktu membunuh antara 1,5–3 hari. Kisaran waktu tersebut sesuai dengan kisaran normal LT *Steinernema* spp. yang telah diproduksi secara komersial di beberapa negara (Lewis *et al.*, 2006). *Steinernema* spp. membutuhkan waktu antara 2–3 hari untuk masuk ke dalam inang, melepaskan bakteri simbiosis kemudian membunuh serangga target. Selain dapat membunuh serangga target, *Steinernema* spp. juga dapat bereproduksi pada inangnya. Semua strain *Steinernema* spp. mampu bereproduksi pada semua serangga yang diujikan dengan hasil juvenil infektif yang cukup banyak. Hasil juvenil infektif yang dihasilkan berhubungan dengan kecocokan inang, kandungan nutrisi inang, dan panjang tubuh inang. Tabel 2 menunjukkan bahwa secara umum JI yang diproduksi cenderung berkorelasi positif dengan ukuran tubuh inangnya. Serangga berukuran kecil seperti *Liriomyza* sp. hanya menghasilkan 517–1.102 JI, sedangkan *H. armigera* dengan ukuran tubuh lebih besar mampu memproduksi JI lebih banyak. Serangga berukuran kecil biasanya hanya menghasilkan tidak lebih dari

Tabel 2. Waktu yang dibutuhkan *Steinernema* spp. untuk membunuh inang dan kisaran JI yang keluar dari inang

Tanaman inang	Spesies hama	Stadia	Panjang tubuh (mm)	Strain nematoda	Waktu (hari) ¹		Produksi JI/serangga ²
					LT ₂₅	LT ₅₀	
Kapas	<i>H. armigera</i>	Ulat	30	AB05	2	3	5 678–11 685
	<i>P. gossypiella</i>	Ulat	10	AB05	2	3	1 128–3 761
Kubis	<i>P. xylostella</i>	Ulat	10	ML07	1,5	2	1 148–1 894
	<i>C. binotalis</i>	Ulat	20	BT02	2	3	2 516–6 223
Bawang merah	<i>S. exigua</i>	Ulat	25	ML07	2	3	2 011–3 891
Krisan	<i>Liriomyza</i> sp.	Ulat	1	BT02	1,5	2	517–1 102

Sumber: Indrayani dan Gothama (2005)

Keterangan: ¹ LT = Lethal time (hari),

² Rata-rata dari 5–10 sampel serangga uji

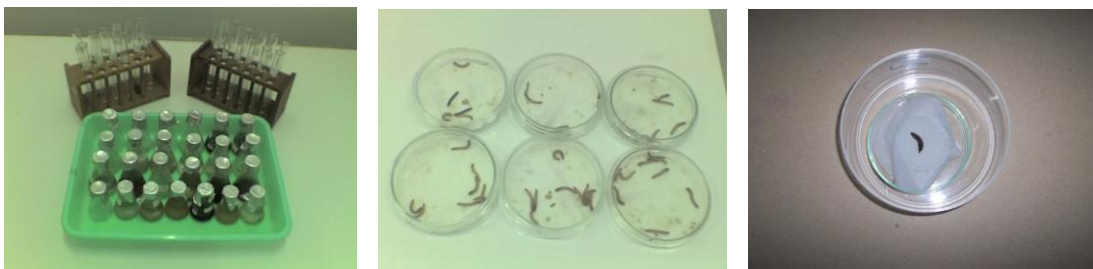
satu generasi JI karena terbatasnya kandungan nutrisi untuk perkembangan nematoda. Strain *Steinernema* spp. bereproduksi paling baik pada *H. armigera* dengan juvenil infektif yang dihasilkan berkisar antara 5.678–11.685 JI/serangga. Hal ini dimungkinkan karena tubuh *H. armigera* yang cukup panjang, kandungan nutrisi dalam inang yang melimpah, dan adanya kecocokan antara nematoda dengan inang target. Dari hasil produksi yang dihasilkan menunjukkan bahwa *H. armigera* memiliki potensi untuk dapat digunakan sebagai media produksi *Steinernema* spp. secara *in vivo*.

PRODUKSI MASSAL *Steinernema* spp.

Produksi *Steinernema* spp. secara massal dapat dilakukan secara *in vivo* maupun *in vitro*. Produksi *Steinernema* spp. secara *in vitro* dilakukan dengan menggunakan medium buatan, sedangkan produksi secara *in vivo* menggunakan serangga sebagai inangnya. Produksi secara *in vitro* membutuhkan peralatan yang khusus, seperti fermentor dan media yang spesifik. Sedangkan secara *in vivo* lebih mudah dilakukan karena hanya membutuhkan pemeliharaan serangga inangnya saja (Gaugler dan Hand, 2002). Produksi *Steinernema* spp.

secara *in vivo* memiliki beberapa keunggulan, antara lain: peralatan yang digunakan lebih sederhana, dan bahan perbanyakan lebih mudah tersedia serta JI yang diproduksi cukup banyak dan berkualitas (Grewal dan Georgis, 1999). Produksi secara *in vitro* dapat menggunakan usus ayam, lemak sapi, dan minyak kedelai. Produksi secara *in vivo* dapat menggunakan ulat hongkong *Tenebrio molitor*, ulat bambu *Tirathaba rufivena*, dan pupa ulat sutra liar *Attacus atlas*. Produksi menggunakan *T. molitor* dapat menghasilkan $8,3 \times 10^5$ – $1,9 \times 10^6$ JI/gram biomassa. Produksi menggunakan *T. rufivena* dapat menghasilkan $9,3 \times 10^5$ – 2×10^6 JI/gram biomassa (Prabowo, 2007). Sedangkan produksi menggunakan pupa ulat sutra liar *Attacus atlas* dapat menghasilkan $8,3 \times 10^5$ – $1,4 \times 10^6$ JI/gram biomassa (Purwanto *et al.*, 2006).

Untuk penyimpanan *Steinernema* spp. dapat menggunakan beberapa formulasi seperti suspensi (cair) dan gabungan suspensi dan media padat. Kedua formulasi ini efektif menyimpan *Steinernema* spp. selama ± 6 bulan dan tetap efektif menyebabkan mortalitas ulat *S. litura* 63–69% dalam waktu 3–5 hari setelah perlakuan (Gothama *et al.*, 2002). Sedangkan untuk pengemasan, pengiriman nematoda dalam jarak jauh, dan penyimpanan masih perlu diteliti lebih lanjut.



Gambar 1. Hasil produksi juvenil infektif *Steinernema* spp. (kiri), produksi *Steinernema* spp. menggunakan *Tenebrio molitor* (tengah), perangkat yang digunakan untuk produksi *Steinernema* spp. secara *in vivo* (kanan)

FAKTOR PENDUKUNG EFEKTIVITAS *Steinernema* spp.

Konsentrasi

Sebenarnya satu juvenil infeksiif nematoda mampu membunuh dan berkembang di dalam tubuh serangga inang, tetapi supaya mampu membunuh inang secara cepat diperlukan konsentrasi efektif tertentu. Dibutuhkan 200 JI/ml untuk menyebabkan mortalitas 50% ulat *H. armigera* (Indrayani dan Gothama, 2005).

Kemampuan *Steinernema* spp. membunuh serangga secara cepat membutuhkan konsentrasi tinggi, sebab dengan semakin tingginya konsentrasi yang diberikan akan memperluas wilayah serangannya di dalam tubuh serangga inang. *Steinernema* memiliki tingkat virulensi yang berbeda-beda, tergantung akan strain dan jenis spesies nematoda, serta jenis serangga target. Menurut Grewal dan Georgis (1999), *Steinernema* memiliki sepuluh spesies, antara lain: *S. affinis*, *S. anomali*, *S. carpocapsae*, *S. feltiae*, *S. sensu*, *S. glaseri*, *S. intermedia*, *S. kushidai*, *S. rara*, dan *S. scapterisci*. Masing-masing jenis *Steinernema* ini memiliki tingkat virulensi yang berbeda. *S. carpocapsae* sebanyak 100 JI mampu menyebabkan mortalitas *P. xylostella* sebesar 41% (Mahar *et al.*, 2004). *S. feltiae* sebanyak 100 JI mampu menyebabkan mortalitas *Galleria mellonella*, *Tribolium confusum*, dan *Tenebrio molitor* berturut-turut sebesar 100%, 90%, dan 81% (Kreft dan Skrzypek, 2002). Sehubungan dengan hal tersebut, maka perlu mencari strain-strain nematoda yang lebih virulen dengan konsentrasi JI lebih rendah tetapi membunuh inang lebih banyak dan lebih cepat. Spesies yang biasanya digunakan untuk pengendalian *P. gossypiella* adalah *Steinernema riobris* (Gassman *et al.*, 2006), sedangkan spesies yang biasa-

nya digunakan untuk pengendalian *H. armigera* adalah *Steinernema carpocapsae* (Ali *et al.*, 2007).

Saat Aplikasi

Steinernema spp. sangat rentan radiasi ultraviolet, oleh karena itu aplikasinya sebaiknya dilakukan pada pagi atau sore hari. Hal ini dengan pertimbangan bahwa lama *Steinernema* spp. terkena sinar ultraviolet lebih singkat. Untuk pengendalian hama di atas permukaan tanah perlu menambahkan bahan formulasi yang tepat, antara lain: gel alginat, tanah liat, atau spons. Karena dengan adanya formulasi ini dapat mempertahankan viabilitas dan infeksiifitas nematoda.

Inang Sasaran

Umur dan stadia serangga hama berpengaruh terhadap efektivitas *Steinernema* spp. Umumnya *Steinernema* spp. lebih mudah menginfeksi larva *H. armigera* dan *P. gossypiella* pada instar akhir (instar 5) dibandingkan dengan instar awal (instar 2) (Tabel 3). Hal ini berhubungan dengan aktivitas bergerak larva. Instar muda (instar 2 dan 3) biasanya lebih aktif berpindah-pindah dibandingkan dengan instar tua (instar 4 dan 5). Pada larva yang aktif bergerak menyebabkan nematoda mengalami kesulitan untuk melakukan penetrasi meskipun nematoda memiliki sifat *ambush* (memburu) inang (Lewis *et al.*, 2006).

Efektivitas *Steinernema* spp. menginfeksi *H. armigera* akan menurun pada stadia prepupa dan pupa. Karena pada stadia tersebut lubang masuk nematoda untuk menginfeksi hanya berasal dari spirakulum sehingga kemungkinan nematoda masuk ke dalam inang menjadi lebih rendah. Kemampuan menginfeksi *Steinernema* spp. pada *P. gossypiella* juga menunjukkan dengan semakin bertambah

umur inang maka kemampuan infeksiya meningkat.

Tabel 3. Infeksi *Steinernema* spp. pada *H. armigera* dan *P. gossypiella*

Stadia serangga	<i>H. armigera</i> (AB05=373 JI/ml) ¹		<i>P. gossypiella</i> (AB05=166 JI/ml) ¹	
	n	Mortalitas (%)	n	Mortalitas (%)
Larva				
Instar 2	80	18,8	-	
Instar 3	80	46,3	38	31,6
Instar 4	80	53,8	-	-
Instar 5	80	63,8	56	55,4
Prepupa	80	16,3	-	-
Pupa	120	9,2	42	41,9

Sumber: Indrayani dan Gothama (2005)

Keterangan: ¹ Konsentrasi lethal (LC₅₀)

KENDALA DALAM PEMANFAATAN *Steinernema* spp.

Produksi *Steinernema* spp. secara *in vivo* cukup mudah dilakukan dengan metode yang sederhana. Jumlah JI yang dihasilkan pada produksi secara *in vivo* cukup banyak dan tergantung ukuran serangga inangnya. Inang serangga untuk memproduksi juga mudah ditemukan seperti *T. molitor*, *S. litura*, dan *T. rufivena*. Masa panen JI relatif lama, yaitu mencapai 5–10 kali panen. Panen awal biasanya lebih banyak dibandingkan panen-panen berikutnya. Penyimpanan *Steinernema* spp. dapat dilakukan dengan menggunakan beberapa bahan formulasi seperti tanah liat, gel alginat, tepung tapioka, kaolin, spon+agar. Penyimpanan dalam tanah liat dilakukan dengan menyimpan nematoda ke dalam 200 gram tanah liat dan kemudian dibentuk ke dalam butiran-butiran kecil. Penyimpanan dalam gel alginat

dilakukan dengan mencampurkan nematoda ke dalam campuran kalsium alginat, aquagel, dan agar kemudian disimpan dalam kemasan botol atau plastik. Penyimpanan dalam tepung tapioka dilakukan dengan menyimpan nematoda ke dalam 200 gram tepung tapioka dan kemudian dibentuk ke dalam butiran-butiran kecil. Penyimpanan dalam kaolin dilakukan dengan menyimpan nematoda ke dalam 200 gram kaolin dan kemudian dibentuk ke dalam butiran-butiran kecil. Penyimpanan dalam spon + agar dilakukan dengan menyimpan nematoda ke dalam spon + agar dan kemudian dimasukkan ke dalam botol plastik.

Pengembangan formulasi *Steinernema* spp. untuk mengendalikan hama pada permukaan tanah belum banyak kemajuan karena belum diperoleh bahan formulasi yang tepat. Kendala-kendala yang dihadapi dalam upaya pengembangan *Steinernema* spp. sebagai pengendali hayati serangga hama antara lain: (1) daya simpan JI masih relatif singkat, (2) media simpan yang tepat belum ditemukan, (3) bentuk formulasi yang efektif dan efisien belum tersedia, dan (4) belum ditemukan teknik aplikasi yang tepat di lapangan, terutama yang dapat mempertahankan stabilitasnya di pertanaman atau di permukaan tanah. Perlu dikembangkan aplikasi kombinasi nematoda dengan patogen serangga lain untuk meningkatkan efektivitas pengendalian. Menurut Gothama *et al.* (1995), kombinasi *Steinernema* spp. dengan *Spodoptera exigua*-NPV meningkatkan mortalitas *S. exigua* hingga 64% dibandingkan jika diaplikasikan secara terpisah. Oleh karena itu kompatibilitas nematoda dengan patogen lain perlu diuji agar penggunaan nematoda untuk pengendalian hama selain efektif dan efisien juga potensial mengurangi ketergantungan pada insektisida kimia.

KESIMPULAN DAN SARAN

Steinernema spp. memiliki potensi untuk mengendalikan hama utama kapas *H. armigera* dan *P. gossypiella*. *Steinernema* spp. memiliki kemampuan membunuh lebih baik pada *P. gossypiella*, sedangkan kemampuan reproduksi dalam inangnya lebih baik pada *H. armigera*. *Steinernema* spp. mampu menginfeksi serangga inang lebih baik pada stadium ulat lebih tua dibandingkan stadium muda. *Steinernema* spp. dapat diproduksi secara *in vivo* dan *in vitro*. Produksi secara *in vivo* dapat menggunakan *T. molitor*, *T. rufivena*, dan *A. atlas*. Produksi secara *in vitro* dapat menggunakan usus ayam, lemak sapi, dan minyak kedelai. Perlu dikembangkan formulasi *Steinernema* spp. yang murah dan efektif untuk mengendalikan hama di atas permukaan tanah. Selain itu diperlukan pencarian isolat *Steinernema* spp. yang virulen dan cepat membunuh hama sasaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams, B.J. and K.B. Nguyen. 2002. Taxonomy and systematic. In Gaugler, R. 2002. Entomopathogenic nematology. Cabi Publishing. UK. p. 1–4.
- Ali, S.S., R. Pervez, H.M. Abid, and R. Ahmad. 2007. Effect of temperature on survival of *Steinernema seemae*, *S. masoodi*, and *S. carpocapsae* (Rhabditida: Steinernematidae) and their subsequent infectivity to prepupa of *Helicoverpa armigera* (Hübner). Archives of Phytopathology and Plant Protection 40(3):183–187(5).
- Ansari, M.A., L. Tirry, and M. Moens. 2003. Entomopathogenic nematodes and their symbiotic bacteria for the biological control of *Hoplia philanthus* (Coleoptera: Scarabaeidae). Biological Control 28(2003):111–117.
- Bhakti, D. 2004. Pengendalian rayap *Coptotermes curgnathus* Holmgren menggunakan nematoda *Steinernema carpocapse* W. dalam skala laboratorium. Jurnal Natur Indonesia 6(2):81–83.
- Burnell, A.M. and S.P. Stock. 2000. Heterorhabdits, Steinernema, and their bacterial symbion-lethal pathogens of insects. Journal Nematology 2(1):31–42.
- Cranshaw W.S. and R. Zimmerman. 2005. Insect parasitic nematodes. Journal Home and Garden. Colorado State University.
- Gaugler, R. and R. Han. 2002. Production technology. In Gaugler, R. (ed). Entomopathogenic nematology. CABI Publishing. UK. p. 289–310.
- Gassman, A.J., S.P. Stock, Y. Carrière, and B.E. Tabashnik. 2006. Effect of entomopathogenic nematodes on the fitness cost of resistance to Bt toxin Cry1Ac in pink bollworm (Lepidoptera: Gelechiidae). Journal of Economic Entomology 99(3):920–926.
- Glazer, I. and E.E. Lewis. 2000. Bioassays for entomopathogenic nematodes. In Navon, A. and K.R.S. Ascher (eds.) Bioassays of entomopathogenic microbes and nematodes. CAB International Pub. UK. p. 229–245.
- Gothama, A.A.A., IG.A.A. Indrayani, dan M. Fauzi. 2002. Formulasi *Steinernema* sp. untuk aplikasi pada kanopi tanaman dan tanah. Laporan Hasil Penelitian. Balittas. Malang. hal. 12.
- Gothama, A.A.A., P.P. Sikorowski, and G.W. Lawrence. 1995. Interactive effects of *Steinernema carpocapse* and *Spodoptera exigua* nuclear polyhedrosis virus on *Spodoptera exigua* larvae. J. Invertebrate Pathology 66:270–276.
- Grewal, P. and R. Georgis. 1999. Entomopathogenic nematodes. In Hall, F.R. and J.J Menn (eds.) Methods in biotechnology Vol. 5: Use and delivery. Humana Press, Inc. Totowa. New Jersey. p. 276.
- Guerena, M. and P. Sullivan. 2003. Organic cotton production. Appropriate Technology Transfer

- for Rural Areas. www.attra.ncat.org diakses 16 Februari 2008.
- Hazir, S., H.K. Kaya, S.P. Stock, and N. Keskun. 2003. Entomopathogenic nematodes (Steinernematidae and Heterorhabditidae) for biological control of soil pests. *Turk J. Biol.* 27(2003):181–202.
- Herbert, E.E. and H.G. Blair. 2007. Friend and foe: the two faces of *Xenorhabdus nematophila*. *Nature Publishing Group* 5(2007):634–646.
- Indrayani, IG.A.A. dan A.A.A. Gothama. 2005. Efektifitas nematoda patogen *Steinernema* sp. pada hama utama beberapa tanaman perkebunan dan hortikultura. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Tanaman Industri* 11(2):60–65.
- Kreft, A. and H. Skrzypek. 2002. Insect infection by entomogenous nematodes (Rhabditida: Steinernematidae and Heterorhabditidae) in condition of competition. *Annales Universitatis Mariae Curie Sklodowska lublin Polonia*. p. 1–12.
- Lacey, L.A., R. Frutos, H.K. Kaya, and P. Vails. 2001. Insect pathogen as biological control agents: do they have future?. *Biological Control* 21(2001):230–248.
- Lewis, E.E., J. Campbell, C. Griffin, H. Kaya, and A. Peters. 2006. Behavioral ecology of entomopathogenic nematodes. *Journal Biological Control* 38(2006):66–79.
- Mahar, A.N. M. Munir, and K.B. Laghari. 2004. Production and pathogenicity of four Steinernematids in diamondback moth, *Plutella xylostella* L. (Lepidoptera: Yponomeutidae). *Asian Journal of Plant Sciences* 3(4):484–488.
- Navon, A., V.K. Nagalakshmi, S. Levski, L. Salame, and I. Glazer. 2002. Effectiveness of entomopathogenic nematodes in an alginate gel formulation against lepidopterous pests. *Biocontrol Science and Technology* (2002) 12:737–746.
- Nurindah, Soebandrijo, dan A.A.A. Gothama. 2000. Serangga hama kapas dan pengendaliannya. Dalam Subiyakto dan Nurindah (ed). *Organisme pengganggu tanaman kapas dan musuh alami serangga hama kapas*. Balittas. Malang. hal. 3.
- Nurindah dan Mukani. 2005. Peningkatan daya saing agribisnis kapas dengan PHT di lahan sawah tadah hujan. *Prosiding Lokakarya Revitalisasi Agribisnis Kapas Diintegrasikan dengan Palawija di Lahan Sawah Tadah Hujan*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan. Bogor. hal. 35–42.
- Prabowo, H. 2007. Kuantitas dan kualitas produksi nematoda patogen serangga pada larva *Tenebrio molitor* L. (Coleoptera: Tenebrionidae) dan *Tirathaba rufivena* W. (Lepidoptera: Pyralidae). Skripsi. Fakultas Biologi. Universitas Gadjah Mada. Tidak dipublikasikan. hal. 1–40.
- Purwanto, H., U.N.W. Astuti, dan M.H. Palupi. 2006. Perbanyakan *Steinernema* spp. (Nematoda: Steinernematidae) isolat Yogyakarta pada pupa *Attacus atlas* dan larva *Galleria mellonella* serta larva *Tenebrio molitor*. Laporan penelitian proyek dana Masyarakat Biologi Universitas Gadjah Mada. hal. 1–20.
- Soebandrijo, Sri-Hadiyani, IG.A.A. Indrayani, G. Kartono, Subiyakto, S.A. Wahyuni, dan Nurheru. 1994. Peningkatan produktivitas kapas dengan efisiensi pengendalian hama secara terpadu. Laporan proyek ARM Balittas. hal. 17.
- Subagiya. 2005. Pengendalian hayati dengan nematoda entomogenous *Steinernema carpocapsae* (All) strain lokal terhadap hama *Crocidolomia binotalis* Zell. di Tawangmangu. *Agrosains* 7(1):34–39.
- Wagiman, F.X., B. Trimman, dan Rr.S. Astuti. 2003. Keefektifan *Steinernema* spp. terhadap *Spodoptera exigua*. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* 9(1):22–27.
- Woodring, J.L. and H.K. Kaya. 1988. Steinernematid and heterorhabditid nematodes, a hand book of techniques. Fayetteville, Arkansas Agric. Exp. Sta.