

Kemangkusan Nematoda Entomopatogen *Steinernema carpocapsae* terhadap Hama Penggerek Umbi/Daun (*Phthorimaea operculella* Zell.) Kentang

Uhan, T.S.

Balai Penelitian Tanaman Sayuran Jl. Tangkuban Parahu No. 517 Lembang, Bandung 40391
Naskah diterima tanggal 27 Maret 2007 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 15 Agustus 2007

ABSTRAK. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari patogenisitas nematoda *Steinernema carpocapsae* terhadap larva *Phthorimaea operculella* di rumah kaca. Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang, Kabupaten Bandung mulai Agustus 2003-Agustus 2004. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan. Pengujian dilakukan menggunakan metode kertas saring dan penyemprotan. Perlakuan yang diuji yaitu 4 macam tingkat kepadatan populasi nematoda *S. carpocapsae* (200, 400, 800, dan 1.600 JI/ml), insektisida pembanding, dan kontrol. Hasil penelitian menunjukkan bahwa metode kertas saring dengan kepadatan *S. carpocapsae* 800 JI/ml pada 144 jam setelah aplikasi, efektif dalam mengendalikan larva *P. operculella* pada tanaman kentang di rumah kaca dengan mortalitas 100%, sedangkan pada metode penyemprotan dengan kepadatan *S. carpocapsae* 800 dan 1.600 JI/ml pada 144 jam setelah aplikasi dengan mortalitas 97,5 dan 100% berturut-turut.

Katakunci: *Solanum tuberosum*; *Steinernema carpocapsae*; *Phthorimaea operculella*; Kemangkusan

ABSTRACT. Uhan, T.S. 2008. The Effectivity of *Steinernema carpocapsae* Against Potato Tuber Moth (*Phthorimaea operculella* Zell.). The objective of this research was to find out the pathogenicity of *Steinernema carpocapsae* nematodes Lembang strains on mortality of *Phthorimaea operculella* on potato plant in the greenhouse. The experiment was carried out in the Laboratory of Pest and in the Greenhouse of Indonesian Vegetable Research Institute, Lembang, Bandung, at 1,250 m asl, from August 2003 to August 2004. The experiment was arranged in a randomized block design with 6 treatments and 4 replications. Testing was done by using filter paper method and spraying method. The treatments were 4 level density of *S. carpocapsae* nematodes (200, 400, 800, and 1,600 JI/ml), one insecticide as comparison, and control. The results showed that filter paper method with density of *S. carpocapsae* 800 JI/ml at 144 hours after application was effective to control larvae of *P. operculella* on potato plant in a greenhouse with mortality of 100%, while spraying method with density of *S. carpocapsae* 800 and 1,600 JI/ml at 144 hours after application caused mortality 97.5% and 100% of *P. operculella*, respectively.

Keywords: *Solanum tuberosum*; *Steinernema carpocapsae*; *Phthorimaea operculella*; Effectivity

Kentang merupakan salah satu tanaman hortikultura penghasil karbohidrat. Di beberapa negara, kentang merupakan komoditas utama karena tidak hanya dimanfaatkan sebagai sayuran, tetapi juga dijadikan bahan makanan pokok. Di Indonesia kentang banyak digunakan sebagai bahan baku industri makanan ringan. Menurut Badan Agribisnis Departemen Pertanian (1998) sesuai dengan pesatnya industri makanan olahan, maka kebutuhan kentang diperkirakan akan meningkat di masa mendatang.

Rerata produktivitas kentang di Indonesia relatif rendah. Jawa Barat sebagai penyumbang produksi kentang terbesar di Indonesia hanya mampu menghasilkan 17,8 t/ha (Badan Pusat Statistik 2000). Rendahnya produksi tanaman kentang di Indonesia pada umumnya disebabkan oleh berbagai faktor. Selain faktor teknologi dan budidaya seperti penyimpanan yang kurang baik,

penggunaan bibit yang bermutu rendah serta kultur teknis yang kurang tepat, juga faktor organisme pengganggu tanaman (OPT) memiliki pengaruh langsung terhadap penurunan produksi.

Salah satu OPT yang banyak menimbulkan kerugian pada tanaman kentang adalah hama penggerek umbi/daun kentang, *Phthorimaea operculella* (Lepidoptera:Gelechiidae). *Phthorimaea operculella* termasuk hama utama yang menyerang tanaman kentang, karena selain dapat merusak daun dan umbi kentang di pertanaman juga menyerang umbi kentang di dalam gudang penyimpanan (Santosa *et al.* 2002).

Hama ini berasal dari Amerika Selatan kemudian menyebar ke seluruh areal pertanaman kentang di dunia. Gejala serangan pada daun yaitu daun berwarna merah tua dan adanya jalinan seperti benang yang membungkus ulat

kecil berwarna kelabu. Kadang-kadang daun kentang menggulung yang disebabkan karena larva merusak permukaan daun atas kemudian bersembunyi di dalam gulungan daun tersebut. Selain menggerek daun, batang, dan jaringan daun, larva juga menyerang titik tumbuh. Kehilangan umbi kentang karena *P. operculella* di lapangan dapat mencapai 36% (Setiawati dan Tobing 1996). Apabila tidak dilakukan pengendalian dengan insektisida, intensitas kerusakan dapat mencapai 68,33% pada musim hujan dan 100% pada musim kemarau (Soeriaatmadja 1988). Gejala serangan *P. operculella* pada umbi kentang ditandai dengan adanya kotoran di sekitar mata tunas. Bila umbi yang terserang dibelah, maka akan terlihat lorong-lorong (liang korok) yang dibuat larva sewaktu memakan umbi. Kerusakan berat sering terjadi pada umbi kentang yang disimpan di dalam gudang selama 3-4 bulan. Kerugian hasil selama penyimpanan dapat mencapai 45-90% (Setiawati et al. 1998 dalam Setiawati et al. 2000).

Berbagai usaha pengendalian dilakukan untuk mengendalikan serangan *P. operculella*, salah satunya menggunakan insektisida yang sampai saat ini dianggap masih menjadi solusi terakhir bagi para petani di Indonesia. Penggunaan pestisida yang tidak bijaksana dapat menimbulkan dampak negatif, seperti semakin meningkatnya ketahanan hama terhadap bahan aktif pestisida, menurunkan populasi musuh alami (parasitoid dan predator), dan yang terpenting menyebabkan pencemaran lingkungan. Untuk mengatasi dampak negatif penggunaan pestisida, maka perlu dicari alternatif pengendalian yang ramah lingkungan, salah satunya adalah dengan pemanfaatan agens pengendali hayati. Menurut Bauer et al. (1995), nematoda dari spesies *S. carpocapsae* memiliki potensi yang kuat untuk mengendalikan serangan ordo Coleoptera, Lepidoptera, Hymenoptera, Diptera, Orthoptera, dan Isoptera yang berada di atas permukaan tanah (pemakan daun penggerek batang) maupun di dalam tanah.

Siklus hidup steinernema ini dapat juga dibagi dalam siklus reproduktif dan infeksi. Stadium infeksi nematoda ini adalah juvenil infeksi (J1). Juvenil nematoda yang infeksi adalah J3, masuk ke dalam serangga lewat lubang-lubang (mulut, spirakel, dan anus) dan penetrasi ke dalam hemocoel. J3 ini dalam tubuhnya membawa

simbion mutualistik bakteri *Xenorhabdis nematophilus*. Bakteri masuk dalam body cavity (lubang dalam tubuh) serangga, berbiak, dan mampu membunuh serangga dalam waktu 48 jam. Nematoda kemudian memakan sisa-sisa tubuh serangga yang sudah mati (oleh bakteri) kemudian berbiak dan berpencah. Nematoda tidak tahan terhadap faktor luar (kekeringan dan ultraviolet) maka perlu *adjuvant* (Gaugler 1979). Untuk dapat berkembang dengan baik nematoda entomopatogen memerlukan lingkungan fisik dan biotik yang mendukung kehidupannya. Nematoda ini memiliki ketahanan yang rendah terhadap lingkungan fisik yang ekstrim, khususnya kelembaban, kekeringan, cahaya matahari, dan suhu (Shetlar et al. 1998). Umumnya batas suhu terendah untuk steinernema masih tetap aktif berkisar antara 4-14°C (Molyneux 1985).

Walaupun dari pengujian laboratorium nematoda entomopatogen mempunyai spektrum yang luas, namun tidak berpengaruh negatif pada vertebrata. Jumlah dan komposisi artropoda pada plot yang diperlakukan dengan nematoda tidak berbeda dengan plot yang tidak diperlakukan sehingga pengaruhnya pada jasad bukan sasaran lain seperti artropoda juga dapat dicegah (Georgis et al. 1991, Bathon 1996). Berdasarkan uji pendahuluan yang telah dilakukan di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang bahwa *S. carpocapsae* dapat mengendalikan *P. operculella* dengan $LC_{50} = 400$ JI/ml.

Penggunaan nematoda entomopatogen sebagai agens hayati untuk mengendalikan *P. operculella* di Indonesia belum dilaporkan, oleh sebab itu penelitian mengenai keefektifan nematoda entomopatogen *S. carpocapsae* untuk mengendalikan *P. operculella* perlu dilakukan.

Penelitian bertujuan untuk memperoleh tingkat kepadatan populasi nematoda *S. carpocapsae* yang efektif terhadap larva *P. operculella* dalam kondisi rumah kaca dengan 2 metode, yaitu metode kertas saring dan penyemprotan. Hipotesis pada tingkat kepadatan populasi nematoda entomopatogen *S. carpocapsae* 400 JI/ml efektif terhadap mortalitas larva *P. operculella* di rumah kaca menggunakan metode kertas saring dan penyemprotan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran mulai bulan Agustus 2003 sampai Agustus 2004. Lokasi penelitian pada ketinggian 1.250 m dpl.

Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok yang terdiri dari 6 perlakuan dan 4 ulangan. Setiap ulangan terdiri dari 1 pot/tanaman. Efikasi nematoda entomopatogen *S. carpocapsae* diuji dengan mengaplikasikan nematoda sesuai perlakuan terhadap 10 larva *P. operculella* instar-3 per cawan petri. Jenis perlakuan dan kepadatan populasi nematoda/konsentrasi formulasi insektisida yang diuji, yaitu (A) *S. carpocapsae* 200 JI/ml, (B) *S. carpocapsae* 400 JI/ml, (C) *S. carpocapsae* 800 JI/ml, (D) *S. carpocapsae* 1.600 JI/ml, (E) Insektisida *Bacillus thuringiensis* 1 ml/l, dan (F) kontrol. Data hasil penelitian dianalisis dengan analisis varians, untuk membedakan rerata perlakuan digunakan uji jarak berganda Duncan pada taraf nyata 5% menggunakan komputer program IRRISTAT versi 92-1.

Persiapan

Penanaman dan Pemeliharaan Tanaman Kentang

Bibit kentang varietas Granola ditanam pada pot plastik yang telah disediakan. Sebelum ditanam, tanah dicampur terlebih dahulu dengan pupuk kandang yang berasal dari kotoran ayam dengan perbandingan tanah:pupuk kandang adalah 4:1. Pot plastik yang sudah ditanami kentang disimpan di rumah kaca. Setelah tanaman berumur 40 hari setelah tanam (HST), tanaman telah siap untuk diinfestasi dengan larva *P. operculella* instar-3.

Perbanyakkan Larva *P. operculella*

Larva dikumpulkan dari pertanaman kentang di Lembang, kemudian dipelihara sampai menjadi pupa. Pupa yang diperoleh dibedakan jantan dan betina masing-masing sebanyak 50 ekor, kemudian pupa dimasukkan ke dalam stoples plastik yang pada bagian atasnya ditutup dengan kasa. Pupa akan menjadi imago dalam 5-6 hari. Untuk pakan imago, diberikan madu 10% yang dioleskan di atas kain kasa. Usia imago ± 13 hari.

Imago akan bertelur pada kertas saring yang terdapat pada stoples tersebut.

Untuk tempat penyimpanan telur disiapkan umbi kentang bebas pestisida yang sebelumnya telah dilubangi kecil-kecil. Telur akan menetas dalam 4 hari dan menjadi larva.

Perbanyakkan Nematoda *S. carpocapsae* Isolat Lembang

Steinernema carpocapsae isolat Lembang diisolasi dari tanah yang diambil dari areal kebun percobaan Margahayu dengan beberapa spot pengambilan pada kedalaman 20 cm kemudian dibawa ke rumah kaca dan disimpan dalam cawan petri, kemudian pada setiap sampel tanah yang sudah disimpan di dalam cawan petri diletakkan ulat *Crocidolomia pavonana* untuk memancing keberadaan nematoda pada tanah tersebut. Bila terdapat larva *C. pavonana* yang mati, dipindah ke cawan petri yang lain dan kemudian dibedah untuk dilihat nematodanya, dilanjutkan dengan perbanyakkan secara rutin sebagai bahan penelitian.

Perbanyakkan *S. carpocapsae* dilakukan secara in vitro, yaitu menggunakan *dog food* sebanyak 5 g yang disimpan dalam cawan petri. Nematoda *S. carpocapsae* kemudian diinokulasikan pada media tersebut sebanyak 10 JI/ml diinkubasikan selama 2 hari. Setelah 14 hari media perbanyakkan disaring dengan saringan nematoda dan disimpan dalam air steril pada suhu kamar. Lalu dipanen menggunakan pipet dan dihitung menggunakan *hand counter* dan diamati dengan bantuan mikroskop dengan perbesaran 30x.

Pelaksanaan Penelitian

Metode Kertas Saring

Pelaksanaan percobaan menggunakan metode kertas saring dilakukan dengan cara memasukkan 10 larva *P. operculella* instar-3 ke dalam cawan petri yang berisi kertas saring di dalamnya yang sebelumnya telah diinfestasikan nematoda *S. carpocapsae* dengan kepadatan populasi sesuai perlakuan. Larva *P. operculella* dibiarkan selama 3 jam untuk memberi kesempatan terjadinya kontak dengan nematoda. Setelah itu larva dipindahkan ke dalam pot yang berisi tanaman kentang berumur 40 HST kemudian ditutup dengan plastik mika.

Metode Penyemprotan

Pada saat tanaman berumur 40 HST, tanaman diinfestasi dengan larva *P. operculella* instar-3 sebanyak 10 ekor per pot. Kemudian suspensi juvenil infektif yang sesuai dengan perlakuan disemprotkan menggunakan *hand sprayer* pada daun kentang sebanyak 10 ml/tanaman. Sebagai perekat ditambahkan stiker Agristic sebanyak 0,1%. Rancangan yang digunakan adalah acak kelompok dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan.

Pengamatan

Pengamatan utama dilakukan dengan menghitung persentase mortalitas larva *P. operculella* yang diuji baik pada metode kertas saring maupun pada metode penyemprotan. Waktu pengamatan terdiri dari 24, 48, 72, 96, 120, 144, dan 168 jam setelah aplikasi (JSA) terhadap mortalitas *P. operculella*. Perhitungan dilakukan dengan rumus Abbots (Finney 1952 dalam Busevine 1971) sebagai berikut.

$$Pt = \left(\frac{Po - PC}{100 - PC} \right) \times 100\%$$

Pt = Mortalitas serangga uji yang telah dikoreksi (%)

Po = Mortalitas serangga uji karena perlakuan

PC = Mortalitas serangga uji pada kontrol

Pengamatan Penunjang

Pengamatan penunjang meliputi intensitas kerusakan tanaman kentang yang terserang oleh *P. operculella*. Intensitas kerusakan dihitung berdasarkan rumus berikut (Direktorat Jenderal Tanaman Pangan dan Hortikultura 1998).

$$P = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

P = Intensitas kerusakan (%)

n = Jumlah rumpun yang memiliki kategori kerusakan (skoring) yang sama.

v = Skor berdasarkan luas seluruh daun tanaman yang terserang.

N = Jumlah tanaman yang diamati (N=10)

Z = Nilai kategori serangan tertinggi

Tabel 1. Skor (v) berdasarkan luas seluruh daun tanaman yang terserang (Scoring according to the total width of leaf affected)

Skor (Score)	Tingkat kerusakan (Level of damage)
0	Tidak ada serangan (No infection)
1	Luas kerusakan daun/tanaman (Leaf damage width/plant) $0 < X \leq 20\%$
3	Luas kerusakan daun/tanaman (Leaf damage width/plant) $21 < X \leq 40\%$
5	Luas kerusakan daun/tanaman (Leaf damage width/plant) $41 < X \leq 60\%$
7	Luas kerusakan daun/tanaman (Leaf damage width/plant) $61 < X \leq 80\%$
9	Luas kerusakan daun/tanaman (Leaf damage width/plant) $81 < X \leq 100\%$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Larva *P. operculella* yang terinfeksi *S. carpocapsae* menunjukkan gejala abnormal. Dimulai dengan gejala larva berhenti makan, berjalan menuju ujung-ujung batang, dan akhirnya mati. Ada beberapa larva yang mati dengan kondisi bergelantungan pada ujung-ujung batang tanaman kentang, seperti hasil penelitian yang dilakukan oleh Tanada dan Kaya (1993). Masih menurut peneliti di atas, gejala dan tanda serangga yang terinfeksi oleh nematoda entomopatogen dapat dikelompokkan menjadi 3, yaitu gejala internal, gejala eksternal, dan gejala perilaku. Pada umumnya gejala eksternal serangga yang terserang oleh nematoda ini adalah adanya perubahan warna, yaitu menjadi kecoklatan dan tubuhnya menjadi lunak. Pada gejala internal apabila tubuhnya dibedah jaringan dalam serangga inang menjadi hancur dan cair tetapi tidak berbau busuk. Sedangkan gejala perilaku yang terlihat adalah serangga menjadi pasif, berhenti bergerak, dan tidak makan. Menurut Simoes dan Rosa (1996), rusaknya jaringan diakibatkan pengaruh bakteri simbiosis *Xenorhabdus* spp. yang mengeluarkan toksin (eksotoksin) sehingga menyebabkan paralisis pada serangga yang diikuti dengan kematian serangga.

Metode Kertas Saring

Pengaruh tingkat kepadatan populasi *Steinernema* spp. isolat Lembang terhadap mortalitas larva *P. operculella* disajikan pada Tabel 2.

Pada pengamatan 12 JSA, perlakuan penggunaan *S. carpocapsae*, ataupun insektisida *B. thuringiensis* belum menunjukkan terjadinya mortalitas pada larva *P. operculella*. Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan *S. carpocapsae* pada berbagai tingkat kepadatan populasi yang berbeda belum memberikan pengaruh terhadap mortalitas larva *P. operculella*. Keadaan tersebut berhubungan dengan mekanisme penyerangan *S. carpocapsae* yang membutuhkan waktu untuk menyebabkan kematian pada inangnya.

Faktor penentu patogenisitas nematoda entomopatogen terletak pada bakteri mutualistiknya, yaitu dengan diproduksinya toksin intraseluler dan ekstraseluler yang dihasilkan bakteri dalam waktu 24-48 jam (Kaya dan Gaugler 1993) bakteri yang bersimbiosis mutualistik dengan nematoda *Xenorhabdus* spp.

Patogenisitas *Xenorhabdus* spp. bergantung pada kemampuan masuknya nematoda ke *hemocoel* serangga inang, juga kemampuan bakteri untuk memperbanyak diri di haemolimpa serta kemampuannya untuk melawan mekanisme pertahanan serangga inang (Akhrust dan Boemere 1990).

Pada pengamatan 24 JSA sudah terjadi mortalitas pada larva *P. operculella* walaupun tingkat mortalitasnya relatif rendah. Pada setiap perlakuan menggunakan *S. carpocapsae*, mortalitas baru terjadi pada 800 dan 1.600 JI/ml. Pada 1.600 JI/ml mengakibatkan mortalitas 10% dan menunjukkan hasil yang berbeda nyata

jika dibandingkan dengan berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* dan tingkat insektisida *B. thuringiensis*. Mortalitas yang terjadi pada penggunaan insektisida *B. thuringiensis* sebesar 17,5%. Hal ini menunjukkan bahwa pada 24 JSA, nematoda sudah dapat mempenetrasi dan mendegradasi susunan kutikula larva *P. operculella* oleh enzim proteolitik yang dihasilkan oleh nematoda *S. carpocapsae* (Boemare *et al.* 1993).

Pada pengamatan 48 JSA, perlakuan *S. carpocapsae* dengan kepadatan populasi 400 JI/ml sudah dapat memberikan persentase mortalitas *P. operculella* yang tidak berbeda dengan kepadatan 200 JI/ml. Sedangkan mortalitas yang terdapat pada kepadatan 400 JI/ml (15%) memberikan pengaruh yang tidak sama dengan mortalitas pada 800 JI/ml (25%), 1.600 JI/ml (32,5%), dan insektisida *B. thuringiensis* (40%). Mortalitas yang terdapat pada kepadatan 1.600 JI/ml (32,5%), memberikan hasil yang tidak berbeda nyata dengan mortalitas pada 800 JI/ml (25%) dan insektisida *B. thuringiensis* (40%).

Pada pengamatan 72 dan 96 JSA, mortalitas pada 1.600 JI/ml menunjukkan hasil yang berbeda nyata jika dibandingkan dengan berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* dan insektisida *B. thuringiensis*. Mortalitas pada 1.600 JI/ml yang terdapat pada 72 JSA adalah 52,5% dan pada 96 JSA adalah 77,5%.

Pada pengamatan 120 JSA hasil yang diperoleh secara statistik bahwa kepadatan *S.*

Tabel 2. Pengaruh aplikasi *S. carpocapsae* pada mortalitas larva *P. operculella* pada metode kertas saring (*Effect of *S. carpocapsae* application on larvae mortality of *P. operculella* on filter paper method*). Lembang 2004

Perlakuan (Treatments)	Mortalitas larva <i>P. operculella</i> pada pengamatan (Mortality of <i>P. operculella</i> larvae at), JSA (HAA)						
	12	24	48	72	96	120	144
	%.....						
<i>S. carpocapsae</i> 200 JI/ml	0 a	0 a	15 b	27,5 b	55 b	70 b	87,5 b
<i>S. carpocapsae</i> 400 JI/ml	0 a	0 a	15 b	40 c	65 c	80 bc	92,5 bc
<i>S. carpocapsae</i> 800 JI/ml	0 a	5 b	25 c	45 c	67,5 c	87,5 c	100 c
<i>S. carpocapsae</i> 1.600 JI/ml	0 a	10 c	32,5 cd	52,5 d	77,5 d	90 c	97,5 bc
Insektisida BT 1 cc	0 a	17,5 c	40 d	65 e	87,5 e	95 d	100 c
Kontrol (Control)	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a

* JSA (HAA) = Jam setelah aplikasi (Hour after application)

** JI = Juvenil Infektif (Juvenill Investive)

carpocapsae 400 JI/ml (80%), dan 800 JI/ml (87,5%) menunjukkan pengaruh yang sama dengan mortalitas tertinggi *P. operculella* pada 1.600 JI/ml (90%). Sedangkan setiap perlakuan kepadatan *S. carpocapsae* dengan insektisida *B. thuringiensis* memberikan pengaruh yang berbeda di mana mortalitas pada penggunaan insektisida *B. thuringiensis* mencapai 95%.

Hasil yang diperoleh pada 144 dan 168 JSA menunjukkan bahwa pada setiap kepadatan *S. carpocapsae* dan insektisida *B. thuringiensis* secara statistik tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dalam mengakibatkan mortalitas larva *P. operculella*. Hal ini ditunjukkan dengan mortalitas tertinggi terdapat pada 800 JI/ml yang mencapai 100% pada 144 JSA.

Metode Penyemprotan

Pada Tabel 3 dapat dilihat hasil pengamatan aplikasi nematoda entomopatogen *S. carpocapsae* pada berbagai tingkat kepadatan dan waktu aplikasi yang berbeda terhadap mortalitas larva *P. operculella*.

Pada pengamatan 12 JSA, perlakuan metode penyemprotan pada berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* ataupun insektisida *B. thuringiensis* belum menunjukkan terjadinya mortalitas pada larva *P. operculella*. Hal ini dikarenakan *S. carpocapsae* memerlukan waktu untuk melakukan kontak sampai terjadinya infeksi pada larva *P. operculella*, sesuai dengan yang diutarakan Chaerani dan Nurbaeti (1996), setelah nematoda melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva, sistem pencernaan nematoda yang semula tertutup mulai aktif membuka dan mengeluarkan

bakteri simbiosis ke dalam haemolimpa dan mengakibatkan kematian serangga hama akibat toksin intraseluler dan ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri simbiosis dalam waktu 24-48 jam.

Pada 24 JSA terjadi mortalitas pada larva *P. operculella* walaupun tingkat mortalitas masih rendah. Pengaruh yang nyata terlihat pada 1.600 JI/ml apabila dibandingkan dengan berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* lainnya dan insektisida *B. thuringiensis*. Mortalitas yang terjadi pada 1.600 JI/ml adalah 5% sedangkan pada insektisida *B. thuringiensis* 12,5%.

Pada pengamatan 48, 72, dan 96 JSA, kepadatan *S. carpocapsae* 1.600 JI/ml menunjukkan hasil yang berbeda nyata dan berpengaruh terhadap mortalitas larva *P. operculella* jika dibandingkan dengan kepadatan *S. carpocapsae* 200, 400, dan 800 JI/ml, serta insektisida *B. thuringiensis*. Mortalitas pada 1.600 JI/ml pada 48 JSA adalah 30%, pada 72 JSA adalah 55%, dan pada 96 JSA adalah 77,5%.

Pengamatan pada 120 JSA menunjukkan bahwa mortalitas *P. operculella* yang terjadi pada berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* dan insektisida *B. thuringiensis* menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata. Mortalitas pada 1.600 JI/ml, yaitu 92,5% sedangkan pada insektisida *B. thuringiensis* 95%.

Pengamatan pada 144 JSA, mortalitas yang terjadi pada berbagai tingkat kepadatan *S. carpocapsae* dan insektisida *B. thuringiensis* menunjukkan hubungan yang tidak berbeda nyata. Mortalitas tertinggi terdapat pada 1.600

Tabel 3. Pengaruh aplikasi *S. carpocapsae* pada mortalitas larva *P. operculella* pada metode penyemprotan (*Effect of *S. carpocapsae* application on larvae mortality of *P. operculella* on spraying method*), Lembang 2004

Perlakuan (Treatments)	Mortalitas larva <i>P. operculella</i> pada pengamatan (Mortality of <i>P. operculella</i> larvae at), JSA (HAA)							
	12	24	48	72	96	120	144	168
<i>S. carpocapsae</i> 200 JI/ml	0 a	0 a	15 b	35 b	62,5 b	82,5 b	95 b	100 b
<i>S. carpocapsae</i> 400 JI/ml	0 a	0 a	20 c	45 c	65 c	85 bc	97,5 b	100 b
<i>S. carpocapsae</i> 800 JI/ml	0 a	0 a	20 c	45 c	70 c	85 bc	97,5 b	100 b
<i>S. carpocapsae</i> 1.600 JI/ml	0 a	5 b	30 d	55 d	77,5 d	92,5 cd	100 b	100 b
Insektisida BT 1 cc	0 a	12,5 c	37,5 e	60 e	85 e	95 d	100 b	100 b
Kontrol (Control)	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a	0 a

Jl/ml dan insektisida *B. thuringiensis* masing-masing 100%.

Pada Tabel 2 dan 3, secara umum pengamatan ke-12, 24, 48, 72, 96, dan 120 JSA kematian larva *P. operculella* meningkat seiring dengan bertambahnya konsentrasi dan lamanya perlakuan. Menurut Uhan dan Sastrosiswojo (2001) semakin lama waktu kontak antara *S. carpocapsae* dan inang maka semakin besar kemungkinan *S. carpocapsae* untuk menginfeksi inang sehingga mengakibatkan terjadinya peningkatan mortalitas larva. Hal ini dapat dilihat pada metode kertas saring pada 144 JSA, di mana pada 200 Jl/ml mortalitasnya 87,5%, 400 Jl/ml mencapai 92,5%, 800 Jl/ml mencapai 100%, dan pada 1.600 Jl/ml mencapai 97,5%. Demikian juga dengan metode penyemprotan pada 144 JSA, di mana 200 Jl/ml mortalitasnya 95%, 400 Jl/ml mencapai 97,5%, 800 Jl/ml mencapai 97,5%, dan pada 1.600 Jl/ml mencapai 100%. Sedangkan pada penggunaan insektisida *B. thuringiensis* pada waktu yang sama dapat menyebabkan mortalitas sebesar 100%.

Semakin besar tingkat konsentrasi yang digunakan maka semakin besar pula kemungkinan agens pengendali untuk menginfeksi inang. Hal ini diperkirakan karena bakteri simbiosis *Xenorhabdus* spp. yang terdapat dalam tubuh *S. carpocapsae* mempunyai kemampuan yang lebih tinggi dalam bereproduksi dan menghasilkan toksin sehingga mengakibatkan kematian larva *P. operculella*, maka dengan jumlah nematoda entomopatogen yang sedikit sudah mampu menyebabkan kematian pada larva *P. operculella*. Seperti yang diutarakan oleh Dunphy *et al.* (1995) menyatakan bahwa kematian larva lebih banyak ditentukan oleh aktivitas bakteri simbiosis sehingga sejumlah kecil nematoda yang masuk sudah dapat menyebabkan kematian pada larva.

Mortalitas tertinggi terjadi pada kepadatan populasi 1.600 Jl/ml pada 96 JSA yaitu mencapai 77,5% pada metode kertas saring dan penyemprotan, di mana pada kepadatan ini menunjukkan pengaruh yang nyata apabila dibandingkan dengan kepadatan populasi *S. carpocapsae* yang lain dan insektisida *B. thuringiensis*. Hal ini terjadi karena semakin tinggi kepadatan populasi nematoda entomopatogen maka semakin besar peluang bagi nematoda *S. carpocapsae* untuk menemukan dan melakukan penetrasi ke dalam tubuh larva *P. operculella*.

Pergerakan larva *P. operculella* juga membantu nematoda entomopatogen dalam menemukan inang, seperti yang dikemukakan oleh Kaya dan Gaugler (1993), bahwa nematoda entomopatogen *Steinernema* spp. dalam menyerang inang bersifat pasif dan menunggu inang berada di dekatnya.

Faktor-faktor yang mendukung perkembangan *S. carpocapsae* yaitu lingkungan fisik dan biotik yang sesuai. Menurut Shetlar *et al.* (1988) dalam Wagiman *et al.* (2001) nematoda ini memiliki ketahanan yang rendah terhadap lingkungan fisik yang ekstrim, khususnya kelembaban, kekeringan, suhu tinggi, dan sinar ultraviolet. Kelembaban yang diperlukan oleh *S. carpocapsae* adalah lebih dari 80% (Kaya *et al.* 1993). Dari faktor fisik tidak satu pun spesies *S. carpocapsae* yang tahan terhadap kekeringan. Di alam, evaporasi yang lambat sangat diperlukan di dalam tanah untuk menjamin nematoda lebih efektif. Suhu berpengaruh pada kelangsungan hidup *S. carpocapsae*. Suhu berkisar antara 15-30°C dengan pH netral. Suhu reproduksi optimal terjadi antara 25-28°C (Kaya *et al.* 1993). Umumnya batas suhu terendah *Steinernema* spp. masih aktif bergerak antara 4-14°C.

Radiasi matahari merupakan salah satu faktor yang mempengaruhi aplikasi *Steinernema* spp. di permukaan daun (Nickle dan Shapiro 1992). Menurut Uhan (1991), *S. carpocapsae* sangat rentan terhadap suhu tinggi, kelembaban yang kurang dari 80%, dan sinar ultraviolet. Oleh karena itu, penyemprotan tanaman dengan air sebelum dan sesudah perlakuan sangatlah penting karena dapat menjaga lingkungan tetap lembab.

Pada Tabel 4 dapat dilihat intensitas kerusakan daun pada tanaman kentang pada metode kertas saring pada berbagai tingkat kepadatan dan waktu aplikasi yang berbeda.

Pada Tabel 5 dapat dilihat intensitas kerusakan daun pada tanaman kentang dengan metode penyemprotan pada berbagai tingkat kepadatan dan waktu aplikasi yang berbeda.

Pada Tabel 4 dan 5, dapat dilihat bahwa persentase kerusakan pada tanaman kentang oleh *P. operculella* pada semua perlakuan menunjukkan perbedaan yang nyata lebih rendah dari kontrol, kecuali pada kepadatan populasi nematoda 200 Jl/ml. Pada kepadatan 400, 800, dan 1.600 Jl/ml menunjukkan hasil yang berbeda

Tabel 4. Intensitas kerusakan daun tanaman kentang pada metode kertas saring (*Plant damage of potato caused by P. operculella on paper filter method*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Intensitas kerusakan daun pada tanaman kentang pada pengamatan (<i>Plant damage of potato caused by P. operculella on paper filter method</i>), JSA (HAA)						
	24	48	72	96	120	144	168
	%						
<i>S. carpocapsae</i> 200 JI/ml	10,98 bc	11,48 cd	11,48 c	11,48 b	11,48 b	11,48 b	11,48 b
<i>S. carpocapsae</i> 400 JI/ml	5,98 ab	7,55 bc	7,45 b	8,55 b	8,55 b	8,55 b	8,55 ab
<i>S. carpocapsae</i> 800 JI/ml	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a
<i>S. carpocapsae</i> 1.600 JI/ml	3,03 a	3,03 ab	3,03 a	3,03 a	1,63 a	3,03 a	7,25 ab
Insektisida BT 1 cc	1,60 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,63 a	1,65 a	2,48 b
Kontrol (<i>Control</i>)	14,25 c	15,50 d	21,75 d	23,25 c	21,63 c	26,00 c	24,75 c

Tabel 5. Intensitas kerusakan daun tanaman kentang pada metode penyemprotan (*Plant damage of potato leaf caused by P. operculella on spraying method*)

Perlakuan (<i>Treatments</i>)	Intensitas kerusakan daun pada tanaman kentang pada pengamatan (<i>Plant damage of potato caused by P. operculella on spraying method</i>), JSA (HAA)						
	24	48	72	96	120	144	168
	%						
<i>S. carpocapsae</i> 200 JI/ml	12,70 b	17,75 b	18,50 b	18,50 b	18,50 b	18,50 b	18,50 b
<i>S. carpocapsae</i> 400 JI/ml	5,86 a	7,45 a	8,55 a	8,55 a	8,55 a	8,55 a	8,55 a
<i>S. carpocapsae</i> 800 JI/ml	4,15 a	4,73 a	4,73 a	4,73 a	4,73 a	4,73 a	4,73 a
<i>S. carpocapsae</i> 1.600 JI/ml	1,65 a	1,65 a	1,65 a	1,65 a	1,65 a	1,65 a	1,65 a
Insektisida BT 1 cc	2,20 a	2,20 a	2,20 a	2,20 a	2,20 a	2,20 a	2,20 a
Kontrol (<i>Control</i>)	14,25 b	17,50 b	25,50 b	30,75 c	30,75 c	30,75 c	30,75 c

nyata dengan kontrol. Semakin tinggi tingkat kepadatan nematoda maka mortalitas larva ikut meningkat sehingga tingkat kerusakan tanaman kentang menjadi rendah. Larva *P. operculella* yang terinfeksi nematoda entomopatogen aktifasinya akan berkurang dan akan mati akibat toksin intraseluler dan ekstraseluler yang dihasilkan oleh bakteri simbiosis *Xenorhabdus* spp.

KESIMPULAN

Metode kertas saring dengan kepadatan *S. carpocapsae* 800 JI/ml pada 144 JSA efektif dalam mengendalikan larva *P. operculella* di rumah kaca dengan mortalitas 100%. Sedangkan pada metode penyemprotan dengan kepadatan *S. carpocapsae* 800 dan 1.600 JI/ml pada 144 JSA efektif dalam mengendalikan larva *P. operculella* pada tanaman kentang di rumah kaca dengan mortalitas masing-masing 97,5 dan 100%. Dengan demikian untuk aplikasinya di lapangan lebih baik menggunakan metode penyemprotan.

PUSTAKA

1. Akhurst, R.J and M.E. Boemare. 1990. Biology and Taxonomy of *Xenorhabdus*. In Gaugler, R and H.K. Kaya (Eds.) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press Inc. Boca Raton Florida. 12:75-87.
2. Bathon, H. 1996. Impact of Entomopathogenic Nematodes on Non Target Host Biocontrol. *SCI and Technol.* 6(3):421-434.
3. Bauer, M.E., H.K. Kaya and G.S. Thurson. 1995. Factor Affecting Entomopathogenic Nematode Infection of *Plutella xylostella* on Leaf Surface. *Entomologia Experimentalis et Applicata*. 77:230-250.
4. Boemare, N.E., Giglio, M.H.B., Thalet, J.O. and R.J. Akhurst. 1993. The Phages and Bacteriocins of *Xenorhabdus* spp. Symbiosis of the Nematode *Steinernema* spp. and *Heterohabditis* spp. Nematodes and Biological Control of Pest. *J. Invert. Pathol.* 137-145.
5. Badan Agribisnis Departemen Pertanian. 1998. *Investasi Agribisnis Komoditas Unggulan Tanaman Pangan dan Hortikultura*. Diterbitkan dalam rangka kerjasama dengan Badan Agribisnis Departemen Pertanian. Kanisius, Badan Agribisnis Departemen Pertanian. Jakarta.
6. Badan Pusat Statistik Indonesia. 2000. *Statistik Indonesia* 2000. Jakarta.

7. Chaerani dan B. Nurbaeti. 1996. Kajian Pemanfaatan Nematoda Patogen Seranga. (Rhabditidae: Steinernematidae, Heterorhabditidae) Sebagai Pengendali Hayati Penggerek Batang Padi Kuning (*Seirpopagi incertulus*). *Makalah Kongres Nasional II dan Seminar Sehari Perhimpunan Nematologi Indonesia*. Jember, 23-29. Juni 1996. 13 Hlm.
8. Dunphy, G.B., T.A. Rutherford and J.M. Webster. 1985. Growth and virulence of *Steinernema gloseri* Influenced by Different Subspecies of *Xenorhabdus nematophilus*. *J Nematol.* 17(4):476-482.
9. Gaugler, R., L. Lebeck, B. Nakaki and G.M. Baush. 1980. Orientasi of the Entomopathogenous Nematode, *Neoaplectana carpocapsae* to Carbondioxyde. *Environmental Entomol.* (8) 658.
10. Georgis, R., H.K. Kaya and R. Gaugler. 1991. Effect of Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes (Rhabditida, Steinernematidae and Heterorhabditidae) on Non Targets Arthropodes. *Environ Entomol.* 20(3):815-822.
11. Kaya, H.K. and R. Gaugler. 1993. Entomopathogenic Nematodes. *Annual Review Entomology*. Annual Reviews Inc. 38:81-206.
13. Molyneux, A.S., 1985. The Influence of Temperature on the Infectivity of Heterorhabditid and Steinernematid Nematodes for Larva of Sheep Blowly, *Lucilia cuprina* proc. 4 th *A. Application Entomology*, 344-360.
16. Santosa, E., A.D. Permana, A. Susanto dan W. Setiawati. 2002. Identifikasi Peromon Seks Serangga Penggerek Umbi Kentang *Phthorimaea operculella* Zell (Lepidoptera; Gelechiidae). *J. Bionatura.* 4(1):9-16.
17. Setiawati, W., dan M.C. Tobing. 1996. Penggunaan Feromonoid Seks dan Insektisida Imidoklorpid 200 EC terhadap *Phthorimaea operculella* Zell. Dan Kehilangan Hasil Kentang Pada Musim Hujan Dan Musim Kemarau. *J. Hort.* 7(4):892-898.
18. _____, R.E. Soeriaatmadja, T. Rubiati dan E. Chujoy. 2000. Penggunaan *Phthorimaea operculella* Granulosis Virus untuk Pengendalian Hama Penggerek Umbi Kentang di Gudang Penyimpanan.
19. Shannag, H.K and. J.I. Capinera. 1995. Evaluation of Entomopatogenic Nematode Species for The Control of Melonworm (Lepidoptera : Pyralidae). *Environ Entomol.* 24(1):143-148.
20. Sherler, D.J., P.E. Sulaeman, and R. Georgis. 1998. Irrigation and use of Entomopathogenous Nematodes *Neoplectana* spp. and Heterorhabditis heleothidis (Rhabaitda: Steinernematidae and Heterorhabditidae) for Central of Japanense Berle (Coleoptera: Scracabidae) Graps in Turfgrass. *J. Econ. Entomol.* 81(5):1318-1322.
21. Simoes, N. And J.S. Rosa. 1996. Pathogenesity and Host Specificity of Entomopatogenic Nematodes. *J. Biol. Sci. and Technol* 6:403-411.
22. Soeriaatmadja, R. E., 1988. Pengendalian Terpadu Penggerek Daun Umbi Kentang (*Phytophthora Zell.*). *J. Badan Litbang Pertanian.* 7(1):16-20.
23. Tanada and H.K. Kaya. 1993. *Entomopatogeneus Nematodes for Insect Control in IPM System*. Academic Press. New York. 238p.
24. Uhan, T.S. dan S. Sastrosiswojo. 2001. Bioefikasi *Steinernema* spp. terhadap Hama *Spodoptera litura*. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Lembang. 8 Hlm.
25. _____. 2006. *Efficacy of Steinernema carpocapsae* (Rabditidae: Steinernematidae) *Agains Potato Tuber Moth (Phthorimaea operculella Zell.)*
26. Wagiman, F.X., B. Triman, T.S. Uhan dan T.K. Moekasan. 2001. Evaluasi Penggunaan Nematoda *Steinernema carpocapsae* dalam Pengendalian Hayati Hama *Spodoptera* spp. Pada Tanaman Bawang. *Laporan Hasil Penelitian*. Lembaga Penelitian UGM dan balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 40 Hlm.
27. Woodring, J., and H.K. Kaya. 1998. *Steinernematid and Heterorhabditid Nematodes : A Handbook Techniques*. Agricultural Publications. University of Arkansas. 25p.