

Efektivitas Aplikasi Kombinasi *Steinernema carpocapsae* dan Biopestisida *Bacillus thuringiensis* terhadap Mortalitas *Crocidolomia pavonana* F. pada Tanaman Kubis di Rumah Kaca

Uhan, T.S. dan I. Sulastrini

Balai Penelitian Tanaman Sayuran Jl. Tangkuban Parahu No. 517 Lembang, Bandung 40391
Naskah diterima tanggal 26 November 2007 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 13 Desember 2007

ABSTRAK. Percobaan dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang dari bulan Oktober sampai Desember 2006. Percobaan ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan kombinasi *Steinernema carpocapsae* dan *Bacillus thuringiensis* terhadap mortalitas larva *Crocidolomia pavonana* pada tanaman kubis di rumah kaca. Percobaan dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama yaitu *S. carpocapsae* dengan 4 taraf yaitu 0, 400, 800, dan 1.600 JI/tanaman sedangkan faktor kedua yaitu konsentrasi *B. thuringiensis* dengan 3 taraf yaitu 0, 0,1, dan 0,2 g/100 ml. Hasil percobaan menunjukkan bahwa *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* lebih baik apabila digunakan dengan cara dicampurkan daripada digunakan secara tunggal dalam mengendalikan larva *C. pavonana*, karena dapat menyebabkan mortalitas lebih tinggi daripada secara tunggal. Kombinasi 400 JI/tanaman *S. carpocapsae* dengan 0,1 g/100 ml *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas larva 53,33%, kombinasi 800 JI/tanaman *S. carpocapsae* dengan 0,1 g/100 ml *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas 66,67%, dan kombinasi 1.600 JI/tanaman dengan 0,1 g/100 ml *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas 90%. Sedangkan mortalitas tertinggi adalah pada perlakuan kombinasi 1.600 JI/tanaman *S. carpocapsae* dengan 0,2 g/100 ml *B. thuringiensis* menyebabkan mortalitas 100% pada pengamatan 96 jam setelah aplikasi.

Katakunci: *Brassica oleracea*; *Crocidolomia pavonana*; *Steinernema carpocapsae*; *Bacillus thuringiensis*; Nematoda entomopatogenik; Efektivitas; Mortalitas.

ABSTRACT. Uhan, T.S. and I. Sulastrini. 2008. Effectivity of Mixture of *Steinernema carpocapsae* and *Bacillus thuringiensis* Application on the Mortality of *Crocidolomia pavonana* F. on Cabbage in the Greenhouse. A greenhouse experiment was conducted at the Indonesian Vegetable Research Institute at Lembang from October to December 2006. The aim of this study was to observe the effect of different concentrations of *S. carpocapsae* and *B. thuringiensis* mixture which is effective against *C. pavonana* larvae. The experiment was arranged in a factorial randomized block design with 2 factors and 3 replications. The first factor was the population density of *S. carpocapsae*, with 4 levels: 0, 400, 800, and 1,600 JI/plant, while the second factor was the concentration of *B. thuringiensis*, with 3 levels: 0, 0.1, and 0.2 g/100 ml. The results showed that *S. carpocapsae* and *B. thuringiensis* were much better than that of control *C. pavonana* if they were applied in mixture rather than applied in single treatment. Combination of 400 JI/plant *S. carpocapsae* with 0.1 g/100ml *B. thuringiensis* caused 53.33% mortality of *C. pavonana* larvae; 800 JI/plant *S. carpocapsae* with 0.1 g/100 ml caused 66.67% mortality of *C. pavonana*; and 1,600 JI/plant *S. carpocapsae* with 0.1 g/100 ml caused 90% mortality of *C. pavonana*. The highest mortality (100%) was shown by the treatment of 1.600 JI/plant of *S. carpocapsae* mixed with 0.2 g/100 ml *B. thuringiensis* at 96 hours after application.

Keywords: *Brassica oleracea*; *Crocidolomia pavonana*; *Steinernema carpocapsae*; *Bacillus thuringiensis*; Entomopathogenic nematode; Effectivity; Mortality.

Ulat krop kubis *Crocidolomia pavonana* F. merupakan salah satu hama penting pada tanaman kubis, baik tanaman yang belum membentuk krop maupun tanaman yang hampir dipanen. Serangan hama ini dapat mengakibatkan kehilangan hasil kubis sebesar 65,8% (Uhan 1993). Sampai saat ini usaha pengendalian hama *C. pavonana* yang banyak dilakukan oleh petani adalah menggunakan insektisida kimia, namun penggunaan yang tidak bijaksana, yaitu penggunaan insektisida kimia secara terjadwal tanpa memperhatikan

kepadatan populasi hama ataupun kerusakan yang diakibatkannya, dan dosis pemakaian yang terlalu tinggi dapat menimbulkan dampak negatif, seperti (1) timbulnya strain hama yang resisten terhadap insektisida (Sastrosiswojo *et al.* 1989), (2) terjadinya resurgensi hama sasaran, (3) residu pestisida pada sayuran (Soeriaatmaja *et al.* 1993, Dibyantoro *et al.* 1994), (4) terbunuhnya musuh-musuh alami (Sastrosiswojo 1987), dan (5) pencemaran lingkungan (tanah dan air). Penggunaan insektisida secara intensif dan tidak

selektif dapat mengakibatkan penurunan populasi musuh alami (parasitoid dan predator) dan serangga berguna lainnya, seperti lebah penyerbuk. Hal ini dapat mengakibatkan penurunan keragaman jenis fauna dalam ekosistem pertanian, sehingga mempengaruhi kestabilan ekosistem pertanian, dan menurunkan kualitas lingkungan.

Untuk mengatasi masalah tersebut, pengendalian hama menggunakan musuh alami (pemanfaatan predator, parasitoid, dan patogen), merupakan suatu alternatif yang dinilai lebih sesuai dan sangat penting untuk dikembangkan untuk mengatasi permasalahan yang disebabkan oleh hama maupun efek negatif dari penggunaan insektisida. Konsep pengelolaan hama terpadu (PHT) merupakan konsep yang paling baik dengan memadukan beberapa teknik pengendalian. Salah satu di antara teknik pengendalian tersebut adalah dengan agens pengendali hayati yang sampai saat ini masih terus diupayakan dan merupakan bentuk pengendalian yang paling aman dalam pengendalian hama. Pemanfaatan nematoda entomopatogen sebagai agens hayati dalam mengendalikan *C. pavonana* belum banyak dilakukan, padahal pengendalian dengan cara ini memiliki potensi yang cukup baik karena mempunyai daya bunuh yang tinggi untuk mengendalikan *C. pavonana* (Uhan 2005). Menurut Ricci *et al.* (1996) nematoda entomopatogen dari famili Steinernematidae dapat digunakan sebagai agens hayati yang efektif untuk mengendalikan serangga hama dari ordo Lepidoptera, (seperti *Plutella xylostella*, *Heliothis armigera*, dan *C. pavonana*) Coleoptera, Diptera, Hymenoptera, karena berspektrum luas, distribusinya tersebar di seluruh dunia, mampu membunuh hama dalam waktu yang relatif singkat (48 jam). *Steinernema carpocapsae* dapat diperbanyak secara masal dengan biaya yang relatif murah baik secara *in vitro* maupun *in vivo* (Richardson 1996). Selain itu *S. carpocapsae* memiliki sifat virulen, reseptor kimia yang aktif, dan dapat menunjang keberhasilannya dalam mematikan inang (Kaya dan Gaugler 1993, Shannag dan Capinera 1995). Agens pengendali hayati lain yang dimanfaatkan dalam mengendalikan hama *C. pavonana* adalah bakteri *B. thuringiensis*, salah satu bakteri patogen pada serangga. Menurut Trizelia (2001) biopestisida *B. thuringiensis* ini mempunyai kelebihan jika dibandingkan dengan

pestisida sintetik, yaitu bekerja lebih selektif sehingga aman terhadap lingkungan, organisme bukan sasaran, dan bagi manusia. Menurut Kaya dan Stock (1997) kedua agens pengendali hayati tersebut dapat bersifat kompatibel, dan merupakan satu alternatif pengendalian terutama untuk hama golongan Lepidoptera. Dunn dan Smart 1997, Kaya *et al.* 1995, Barbercheck dan Kaya 1991, Koppenhoffer dan Kaya 1997, dan Gaugler *et al.* 1997, menyatakan bahwa nematoda entomopatogen juga bersifat kompatibel dengan berbagai jenis biopestisida seperti *B. thuringiensis*, *Heterorhabditis bacteriophora*, dan *Beauveria bassiana*. Selain itu nematoda *S. carpocapsae* dapat bersifat kompatibel dengan insektisida karbaril, imidakloprid, fungisida fenarimol, dan herbisida orizalin. Kedua cara pengendalian tersebut dapat dikombinasikan untuk mendapatkan hasil pengendalian yang lebih baik terhadap larva III *Cyclocephala hirta*. Menurut Cranshaw dan Zimmerman (2006), penggunaan nematoda yang efektif, adalah kerapatan 6.000 JI/m². Dengan jarak tanam kubis 50 x 60 cm maka akan terdapat 4 tanaman tiap m², hal ini sama dengan menyemprotkan 1.500 JI/tanaman (BIP Irian Jaya 1993).

Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui pengaruh penggunaan kombinasi kepadatan juvenil infektif yang berbeda dari *S. carpocapsae* dengan *B. thuringiensis* terhadap populasi larva *C. pavonana*.

Hipotesis dari penelitian ini adalah terjadi interaksi antara *S. carpocapsae* dengan *B. thuringiensis* dalam menekan populasi larva *C. pavonana* pada tanaman kubis. Salah satu kombinasi akan memperlihatkan daya bunuh yang lebih kuat.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang mulai bulan Oktober sampai Desember 2006. Penelitian dilakukan menggunakan rancangan acak kelompok pola faktorial, terdiri atas 2 faktor. Faktor pertama yaitu *S. carpocapsae* (S) dengan 4 taraf, yaitu $S_0=0$ JI/tanaman, $S_1=400$ JI/tanaman, $S_2=800$ JI/tanaman, dan $S_3=1.600$ JI/tanaman. Faktor kedua yaitu *B. thuringiensis* (B) dengan 3 taraf, yaitu $B_0=0$ g/100 ml, $B_1=0,1$

g/100 ml, $B_2=0,2$ g/100 ml. Kedua faktor tersebut menghasilkan 12 kombinasi perlakuan sebagai berikut.

1. $S_0B_0=S. carpocapsae$ 0 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0 g/100 ml (kontrol)
2. $S_0B_1 = S. carpocapsae$ 0 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,1 g/100 ml
3. $S_0B_2=S. carpocapsae$ 0 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml
4. $S_1B_0=S. carpocapsae$ 400 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0 g/100 ml
5. $S_1B_1=S. carpocapsae$ 400 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,1 g/100 ml
6. $S_1B_2=S. carpocapsae$ 400 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml
7. $S_2B_0=S. carpocapsae$ 800 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0 g/100 ml
8. $S_2B_1=S. carpocapsae$ 800 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,1 g/100 ml
9. $S_2B_2=S. carpocapsae$ 800 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml
10. $S_3B_0=S. carpocapsae$ 1.600 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0 g/100 ml
11. $S_3B_1=S. carpocapsae$ 1.600 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,1 g/100 ml
12. $S_3B_2=S. carpocapsae$ 1.600 JI/tanaman + *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml.

Setiap perlakuan diulang 3 kali, masing masing perlakuan diaplikasikan pada 10 larva instar-3 *C. pavonana*. Untuk mengetahui perbedaan di antara rerata perlakuan digunakan uji jarak berganda

Duncan pada taraf nyata 5%. Analisis statistik dilakukan menggunakan IRRISTAT versi 92-1 (*Biometrics Unit, International Rice Research Institute, Los Banos*).

Persiapan

Tanaman kubis berumur 5 minggu yang ditanam dalam polibag disiapkan (Gambar 1).

Perbanyakan Larva *C. pavonana*

Larva *C. pavonana* yang akan dipergunakan dalam percobaan ini adalah berasal dari Lembang yang diperbanyak di rumah kaca di dalam kurungan (Gambar 2) sampai generasi ke-2. Larva *C. pavonana* yang digunakan dalam percobaan ini adalah instar-3.

Perbanyakan Nematoda *S. carpocapsae* Isolat Lembang

Sampel tanah diambil dari kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang menggunakan bor tangan sedalam 20 cm. Contoh tanah dimasukkan ke dalam cawan petri (diameter 9 cm) kemudian dimasukkan 10 larva *S. litura* instar-3 dan sedikit daun cabai sebagai makanannya. Cawan petri ditutup dan disimpan pada suhu kamar (20-23°C). Setelah 1 minggu larva *S. litura* yang mati dipindah ke dalam cawan petri yang telah dilapisi kertas saring dan dibasahi dengan akuadestilata. Larva *S. litura* yang mati karena infeksi oleh nematoda *S. carpocapsae* ditandai dengan perubahan warna menjadi coklat tua dan tubuhnya menjadi lembek. Setelah itu larva *S. litura* yang mati diamati menggunakan mikroskop binokuler. Juvenil infektif akan keluar dari tubuh larva *S. litura* ke dalam air steril yang



Gambar 1. Tanaman kubis untuk pelaksanaan penelitian (*Cabbage plant used in the experiment*)



Gambar 2. Kurungan kasa tempat perbanyakan *C. pavonana* (*The cage for massrearing of C. pavonana*)

ada di sekeliling cawan petri, kemudian nematoda disaring menggunakan saringan nematoda (15-20 um) dan disimpan dalam air steril pada suhu kamar (20-23°C). Nematoda *S. carpocapsae* sebanyak 10 JI/ml diinfestasikan pada media buatan (*dog food*) sebanyak 1 g (Gambar 3). Kemudian diinkubasikan selama 2 hari dan disimpan pada suhu kamar selama 14 hari. Setelah 14 hari nematoda dipanen dan selanjutnya digunakan untuk penelitian (Kaya dan Stock 1997).

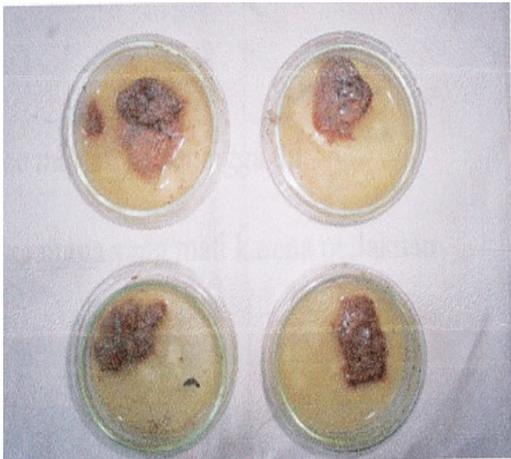
Pelaksanaan Percobaan

Pengujian dilakukan dengan metode penyemprotan. Campuran *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* masing-masing dengan konsentrasi sesuai perlakuan, disemprotkan ke seluruh permukaan tanaman dan tanah secara merata. Setelah itu diinfestasikan 10 ekor larva *C. pavonana*, kemudian ditutup menggunakan kurungan plastik .

Pengamatan

Pengamatan pengaruh perlakuan terhadap mortalitas serangga uji larva *C. pavonana* yang disebabkan oleh aplikasi campuran nematoda *S. carpocapsae* dengan *B. thuringiensis* dilakukan pada 12, 24, 48, 72, dan 96 jam setelah aplikasi (JSA).

Gejala larva *C. pavonana* yang terinfeksi nematoda *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis*



Gambar 3. Perbanyakan *S. carpocapsae* (*Massrearing of S. carpocapsae*)

diamati dengan terjadinya perubahan warna tubuh, perubahan keaktifan, perubahan tekstur, dan reaksi terhadap rangsangan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Gejala Infeksi *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* pada Larva *C. pavonana*

Gejala larva *C. pavonana* yang terinfeksi *S. carpocapsae* ditandai dengan perubahan perilaku *C. pavonana* yang memperlihatkan gerak semakin lambat sampai akhirnya tidak bergerak sama sekali. Nafsu makan larva juga menurun bahkan ada gejala tidak makan sama sekali. Larva berubah warna dari hijau menjadi krem, kadang-kadang agak kehijauan (Gambar 4) dan tubuhnya menjadi lembek karena rusaknya jaringan tubuh. Hal tersebut sesuai dengan yang dikemukakan oleh Simoes dan Rosa (1996), terjadinya perubahan warna dan tubuh menjadi lembek disebabkan oleh bakteri simbion *Xenorhabdus* sp. yang mengeluarkan eksotoksin gen. Larva *C. pavonana* yang terinfeksi *S. carpocapsae* tidak berbau. Larva *C. pavonana* pada perlakuan kontrol tidak ada yang mati, dan bergerak seperti biasanya larva yang sehat.

Pada perlakuan *B. thuringiensis*, larva *C. pavonana* memperlihatkan gejala nafsu makan yang semakin menurun bahkan hingga tidak



Gambar 4. Gejala infeksi *S. carpocapsae* pada 12 JSA (*Symptom of S. carpocapsae infection larvae at 12 HAA*)



Gambar 5. Gejala serangan *B. thuringiensis* pada 72 JSA (*Symptom of infection larvae due to B. thuringiensis at 72 HAA*)



Gambar 6. Gejala serangan *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* pada 48 JSA (*Symptom of infection due to S. carpocapsae and B. thuringiensis at 48 HAA*)

makan sama sekali, aktivitas gerak larva melemah dan kurang tanggap terhadap rangsangan dari luar. Larva memperlihatkan gejala muntah dan diare, (kotoran tidak normal seperti padatan). Setelah larva mati tubuhnya berwarna coklat tua atau hitam (Gambar 5) yang biasanya terjadi pada bagian anterior hingga kebagian posterior. Tubuh larva kemudian menyusut dan mengering. Larva mengeluarkan bau yang cukup menyengat. Sementara pada perlakuan kontrol tidak ada larva yang mati, tetap aktif bergerak, dan makan.

Pada perlakuan campuran antara *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis*, larva *C. pavonana* memperlihatkan gejala nafsu makan yang semakin berkurang hingga tidak makan sama sekali. Larva tidak menunjukkan aktivitas dan lambat terhadap rangsangan yang kemudian tidak bergerak sama sekali. Tubuh larva kemudian menjadi lembek. Warna larva menjadi kuning kehijauan yang kemudian berubah menjadi abu-abu atau hitam. Larva yang mati mengeluarkan cairan seperti lendir (Gambar 6).

Pengaruh Campuran *S. carpocapsae* dengan *B. thuringiensis* terhadap Mortalitas Larva pada Tanaman Kubis

Berdasarkan hasil uji statistik tidak ada pengaruh interaksi antara *S. carpocapsae* dengan *B. thuringiensis* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* pada 12, 24, dan 48 JSA. Tidak adanya pengaruh interaksi antara *S. carpocapsae*

terhadap mortalitas *C. pavonana*, maka uji jarak berganda Duncan hanya dilakukan untuk faktor tunggal *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis*. Hasil uji tersebut disajikan dalam Tabel 1.

Pada pengamatan 12 JSA baik pada perlakuan *S. carpocapsae* maupun pada perlakuan *B. thuringiensis* kematian larva *C. pavonana* tidak berbeda nyata dengan kontrol, dan tingkat mortalitasnya sangat rendah, yaitu antara 1,11-2,50%. Hal ini mungkin disebabkan daya infektivitas *S. carpocapsae* maupun *B. thuringiensis* dalam waktu 12 jam masih rendah. Menurut Wagiman *et al.* (2001) dan Sulistyanto (1997) daya infektivitas dari steinernema dimulai dari 24 sampai 48 JSA.

Pada pengamatan 24 JSA, tingkat mortalitas terlihat lebih tinggi. Hal ini sesuai dengan pendapat Trizelia (2001) bahwa kematian yang diakibatkan oleh *B. thuringiensis* dapat terjadi pada 1-120 JSA. Pada pengamatan 24 JSA mulai terlihat adanya nilai yang signifikan pada perlakuan tunggal dari *S. carpocapsae* yang ditunjukkan oleh tingkat kepadatan 0 dan 400 JI/tanaman dengan tingkat kepadatan 800 dan 1.600 JI/tanaman. Hal tersebut lebih nyata terlihat pada perlakuan tunggal.

Bacillus thuringiensis yang memperlihatkan nilai yang signifikan pada tiap perlakuannya. Tingkat mortalitas dari perlakuan tunggal *S. carpocapsae* pada tingkat kepadatan 0, 400,

Tabel 1. Pengaruh tunggal *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* (Effect of *S. carpocapsae* and *B. thuringiensis* singly on mortality of *C. pavonana*)

Perlakuan (Treatments)	Mortalitas larva <i>C. pavonana</i> (Mortality of <i>C. pavonana</i> larvae)		
	12 JSA (HAA)	24 JSA (HAA)	48 JSA (HAA)
..... %			
<i>S. carpocapsae</i>, JI/tanaman			
0	1,11 a	5,56 b	13,33 d
400	0,00 a	6,67 b	20,00 c
800	1,11 a	12,22 a	35,56 b
1.600	1,11 a	15,56 a	48,89 a
<i>B. thuringiensis</i>, g/100 ml			
0	0,00 a	5,00 b	15,00 c
0,1	0,00 a	10,00 ab	32,50 b
0,2	2,50 a	15,00 a	40,83 a

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

800, dan 1.600 JI/tanaman berturut-turut yaitu 5,56, 6,67, 12,22, dan 15,56%. Sedangkan pada *B. thuringiensis* yaitu 0, 0,1, dan 0,2 g/100 ml berturut-turut yaitu 5,00, 10,00, dan 15,00%.

Tendensi peningkatan mortalitas *C. pavonana* yang semakin tinggi dengan semakin besarnya konsentrasi yang digunakan sesuai dengan pendapat Moekasan (1998), yang menyatakan bahwa semakin tinggi konsentrasi yang digunakan maka semakin besar kemungkinan mortalitas yang terjadi. Penggunaan konsentrasi yang lebih tinggi memungkinkan terjadinya penginfeksi yang lebih besar. Pada pengamatan 48 JSA tingkat mortalitas memperlihatkan nilai yang sangat signifikan. Pada tiap perlakuan dengan tingkat kepadatan dan tingkat konsentrasi yang berbeda memperlihatkan tingkat mortalitas yang berbeda. Hal ini dapat dilihat pada tingkat mortalitas dari perlakuan tunggal *S. carpocapsae* pada tingkat kepadatan 0, 400, 800, dan 1.600 JI/tanaman berturut-turut 13,33; 20,00; 35,56; dan 48,89%. Sedangkan pada tingkat konsentrasi perlakuan tunggal *B. thuringiensis* yaitu 0, 0,1, dan 0,2 g/100 ml berturut-turut 15,00; 32,50; dan 40,83%.

Perlakuan secara tunggal *S. carpocapsae* dapat menekan populasi larva *C. pavonana* dengan mortalitas paling tinggi pada perlakuan kepadatan populasi 1.600 JI/tanaman, yaitu mencapai 48,89% pada 48 JSA. Sedangkan perlakuan secara tunggal *B. thuringiensis* dapat menekan larva *C. pavonana*, dengan tingkat mortalitas yang paling tinggi diperlihatkan oleh konsentrasi 0,2 g/100 ml yaitu mencapai 40,83% pada 48 JSA.

Pengaruh interaksi antara perlakuan *B. thuringiensis* dan *S. carpocapsae* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* terjadi pada pengamatan 72 JSA, disajikan pada Tabel 2.

Berdasarkan data dalam Tabel 3 dapat dilihat bahwa terjadi interaksi antara perlakuan *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* terhadap mortalitas larva *C. pavonana*. Pada tingkat kepadatan *S. carpocapsae* 1.600 JI/tanaman dan *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml memperlihatkan mortalitas yang paling tinggi yaitu 88,67%. Hasil ini cukup tinggi bila dibandingkan dengan perlakuan tunggal *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml yaitu 46,67 atau 42% peningkatan dari perlakuan tunggal dari *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml. Demikian pula bila dibandingkan dengan perlakuan tunggal *S. carpocapsae* 1.600 JI/tanaman yang menyebabkan mortalitas sebesar 50% artinya ada peningkatan efektivitas sebesar 38,67% bila dilakukan pencampuran.

Dalam Tabel 3 terlihat bahwa pengaruh interaksi antara *B. thuringiensis* dan *S. carpocapsae* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* terjadi pada 96 JSA. Penggunaan konsentrasi bakteri 0 g/100 ml dicampur dengan *S. carpocapsae* terjadi pada kepadatan populasi 400, 800, dan 1.600 JI/tanaman menyebabkan mortalitas larva *C. pavonana* berturut-turut yaitu 46,67, 50, dan 56,67%. Demikian juga dengan penggunaan konsentrasi 0 JI/tanaman *S. carpocapsae* yang dicampur dengan 0,1 dan 0,2 g/100 ml berturut-turut yaitu 53,33 dan 60%. Mortalitas tertinggi didapat dari pengaruh perlakuan pencampuran antara *S. carpocapsae*

Tabel 2. Interaksi *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* pada 72 JSA (Effect of interaction of *S. carpocapsae* and *B. thuringiensis* on mortality of *C. pavonana* larvae at 72 HAA)

<i>S. carpocapsae</i> , JI/tanaman	<i>B. thuringiensis</i> , g/100 ml		
	0	0,1	0,2
 %		
0	0,00 b B	40,00 c A	46,67 c A
400	43,33 a A	46,67 bc A	53,33 bc A
800	43,33 a B	60,00 b AB	66,67 b A
1.600	50,00 a B	80,00 a A	88,67 a B

a. Notasi huruf kecil untuk membandingkan antarperlakuan *S. carpocapsae*

b. Notasi hurup besar untuk membandingkan antarperlakuan *B. thuringiensis*

Tabel 3. Interaksi *S. carpocapsae* dan *B. thuringiensis* terhadap mortalitas larva *C. pavonana* pada 96 JSA (Effect of interaction of *S. carpocapsae* and *B.thuringiensis* on mortality of *C. pavonana* larvae at 96 HAA)

<i>S. carpocapsae</i> , JI/tanaman	<i>B. thuringiensis</i> , g/100 ml		
	0	0,1	0,2
 %		
0	0,00 b B	53,33 b A	60,00 b A
400	46,67 a B	53,33 b AB	70,00 b A
800	50,00 a B	66,67 b AB	76,67 b A
1.600	56,67 a C	90,00 a B	100 a A

1.600 JI/tanaman dan *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml yaitu 100% (Tabel 3).

Pada tabel tersebut juga dapat dilihat bahwa mortalitas larva *C. pavonana* pada perlakuan campuran *S. carpocapsae* 1.600 JI/tanaman dan *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml lebih tinggi daripada perlakuan secara tunggal, menyebabkan mortalitas 100% pada pengamatan 96 JSA. Hal tersebut dikarenakan *B. thuringiensis* dan *S. carpocapsae* memiliki sifat kompatibel (Kaya dan Stock 1997).

KESIMPULAN

Penggunaan nematoda *S. carpocapsae* dengan kepadatan 1.600 JI/tanaman yang dikombinasikan dengan 0,1 g/100 ml maupun 0,2 g/100 ml *B. thuringiensis* dalam mengendalikan *C. pavonana*

ternyata lebih efektif bila dibandingkan dengan penggunaan secara tunggal baik untuk *S. carpocapsae* maupun untuk *B.thuringiensis*. Mortalitas tertinggi diperoleh pada perlakuan campuran antara *S. carpocapsae* 1.600 JI/tan dan *B. thuringiensis* 0,2 g/100 ml yaitu dapat menyebabkan mortalitas sebesar 100%.

PUSTAKA

1. Balai Informasi Pertanian Irian Jaya. 1993. *Budidaya Tanaman Kubis*. Available on line at <http://www.pustaka.deptan.go.id/agritech/papua0144>. Diakses tanggal 17 September 2006.
2. Barbercheck, M.E., and Kaya, H.K. 1991. Effect of Host Condition and Soil Texture on Host Finding *Heterorhabditid bacteriophora* and *Steinernema carpocapsae*. *Environ. Entomol.*20:582-589.

3. Cranshaw, S.W. 2004. *Biological Control Organisms or Insect and Mites*. Available on line at <http://highplainsipm.org/HpIPMSearch/Docs/BiologicalOrganisim>. Diakses tgl 17 September 2007.
4. _____, and R. Zimmernan. 2006. *Insect Parasitic Nematodes*. Available on Cine at <http://www.ext.colostate.edu/Pubs/insect/05573.html> diakses tanggal 17 September 2006.
5. Dibyantoro, L.H., O.S.Gunawan., R.E. Soeriaatmadja, I. Sulastrini, dan M. Suparman. 1994. Deteksi Residu Pestisida pada Wortel dan Seledri di Beberapa Sentra Produksi. Di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Bul. Penel. Hort.* 27(1):89-98.
6. Dunn, A.R and G.C. Smart. 1997. *Biocontrol Nematodes: Suppliers and Pesticide Compatibility*. Entomologi and Nematology Departement. <http://edis.ifas.ufl.edu>. 3 p. Diakses tanggal 2 April 2003.
7. Gaugler, R.E., E. Lewis., and R.J. Stuart.1997. *Ecology in the Service of Biological Control: The Case of Entomopatogenic Nematodes*. Available on line at <http://www.entomology.wisc.edu> Diakses tgl 17 September 2006.
8. Kaya, H.K and R.Gaugler. 1993. Entomopathogenic Nematodes in Biological Control. CRC Press. *Boca Raton*. 38:181-206.
9. _____, Choo, H.Y., Burlando, T.M., and Thurston, G.S. 1995 Integration of Entomopatogenic Nematodes with *Bacillus thuringiensis* or Pesticidal Soap for Control Insect Pest. *Biol. Control* 5:432-441.
10. _____ and S. P. Stock. 1997. Techniques in Insect Nematology, pp 281-324. In : L.Lacey (ed.), *Manual of Techniques in Insect Pathology*, Academic Press, San Diego.
11. Koppenhoffer, A.M., and H.K. Kaya. 1997. Additive and Synergistic Interaction Between Entomopathogenic Nematodes and *Bacillus thuringiensis* for Scrab Grub Control. Available on line at <http://www.entomology.wisc.edu> Diakses tgl 17 Septmber 2006.
12. _____ and H.K.Kaya .1998. Synergism of Imidacloprid and an Entomopathogenic Nemetode: A Novel Approach to White Grub (Coleoptera : Scarabaeidae) Control in Turfgrass. *J. Econ Entomol.*91(3):618-623.
13. Moekasan, T.K. 1998. Pengaruh Pencampuran Formulasi Insektisida Profenofos dan Lufenuron dengan *Bacillus thuringiensis* Terhadap Mortalitas Larva *Spodoptera exigua* Hbn. Di *Laboratorium. J. Hort.* 8(2):1102-1111.
14. Poinar, G.O.Jr. 1990. **Biology of Steinernematidae and Heterorhabditidae** in Gaugler R and Kaya (Eds) *Entomopathogenic Nematodes in Biological Control*. CRC Press Inc Boca Florida.
15. Ricahardson, PN. 1996. British and European Legislation Regulating rhabditid Nematodes. *Biocontrol Sci. and Technol.* 6(3):449-463.
16. Ricci, M. L. Glazwer. J.F Campbell and R. Gaugler. 1996. Comparison of Bioassay to Measure Virulence of Different Entomopathogenic Nematodes. *Biocontrol Sci. and Technol.* 6:235-245.
17. Sastroiswojo, S., T.Koestoni, dan A.Sukwida. 1989. Status Resistensi *Plutella xylostella* L. Strain Lembang terhadap Beberapa Jenis Insektisida Golongan Organofosfat, Pyretroid Sintetik dan Benzoil Urea. *Bul. Penel. Hort.* 18(1):85-93.
18. _____. 1987. Perpaduan Pengendalian secara Hayati dan Kimiawi Hama Ulat Daun Kubis (*Plutella xylostella*.L. Lep: Yponomeutidae) pada Tanaman Kubis. *Disertasi*. Fakultas Pasca Sarjana UNPAD, Bandung. 388 Hlm.
19. Shannag and Capinera. 1995. Evaluation of Eentomopathogenic Nematodes Species for the Central of Melonworm (Lepidoptera: Pyralidae). *Environ. Entomol.* 24(1):143-148.
20. Simoes, N. and J.S. Rosa. 1996. Pathogenicity of the Complex *Steinernema carpocapsae*, *Xenorhabdus nematophilus*, Molekuler Aspect Related with Virulence. *Bio. Sci. Technol.* 6:73-83.
21. Soeriaatmadja., R.E., A.L.H. Dabyantoro dan I. Sulastrini. 1993. Residu Insektisida pada Tanaman Sayuran di Sentra Produksi Tanaman Sayuran Dataran Rendah Provinsi DT I Jawa Tengah dan DI Yogyakarta. *Bul. Penel.* 25(3):72-78.
22. Sulistyanto, D. 1997. Biopestisida Nematoda Entomopatogen, *Steinernema* sp. dan *Heterorhabditis* sp. Sebagai Alternatif Pengendalian Serangga, Hama yang Berwawasan Lingkungan. *Diklat kuliah Jurusan Ilmu Hama dan Penyakit Tumbuhan*. Fakultas Pertanian Universitas Jember.
23. Thurston, G.S., H.K.Kaya and R. Gaugler.1990. Characterizing the Enhanced Susceptibility of Disease Infectif Scarabaeid Grubs to Entomopatogenic Nematode *Bio. Control.* 4:67-73.
24. Trizelia.2001. Pemanfaatan *Bacillus thuringiensis* untuk Pengendalian Hama *Crocidolomia binotalis*. Available on line at <http://tumoutou.net/3-sem1-012/triziela.htm>. Diakses tanggal 22 Desember 2006.
25. Uhan, T.S. 1993. Kehilangan Hasil Penen Kubis karena Ulat Krop Kubis (*Crocidolomia binotalis* Zell) dan Cara Pengendaliannya. *J.Hort.* 3(2):22-26.
26. _____. 2005. Bioefikasi Nematoda Entomopathogen *Steinernema* spp. Isolat Lembang terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* (F). Pada Tanaman Kubis di Rumah Kaca. *J. Hort.* 15(2):109-115.
27. Wagiman F.X., B. Trimam, T.S. Uhan dan T.K. Moekasan. 2001. Evaluasi Penggunaan Nematoda *S. carpocapsae* dalam Pengendalian Hayati Hama *Spodoptera* spp. pada Tanaman Bawang. Universitas Gajah Mada dan Balai Penelitian Pengembangan Pertanian (BALITSA) Lembang 40 Hlm.
28. Wouts W.M. 1991. *Steinernema (Neoplectana) and Heterorhabditis. Species Manual Agricultural Nematology*. Newyork-Basel-Hongkong.