

EFISIENSI PENGENDALIAN PENGGEREK BUAH KAPAS *Helicoverpa armigera* HÜBNER DENGAN SERBUK BIJI MIMBA DAN NUCLEAR POLYHEDROSIS VIRUS

I.G.A.A. INDRAYANI, DWI WINARNO, dan TEGER BASUKI

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat
Jl. Raya Karangploso Kotak Pos 199, Malang- Jawa Timur

ABSTRAK

Pengendalian hama non-kimiawi semakin meningkat sehingga mengurangi penggunaan insektisida kimia. Alternatif pengendalian hama menggunakan pestisida botani dan agensia mikrobia cukup efektif mengendalikan penggerek buah kapas *H. armigera*. Penelitian efisiensi pengendalian penggerek buah kapas *H. armigera* dengan SBM dan NPV dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat di Asebagus, Situbondo, Jawa Timur mulai Januari hingga Desember 2003. Tujuannya adalah untuk mengetahui tingkat efisiensi pengendalian penggerek buah kapas *H. armigera* terutama dengan kombinasi SBM dan NPV. Perlakuan yang digunakan adalah: (1) SBM(LC₂₅)+NPV(LC₅₀), (2) SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀), (3) SBM (dosis rekomendasi), (4) NPV (dosis rekomendasi), (5) betasiflutrin (dosis rekomendasi), dan (6) kontrol (tanpa perlakuan). Setiap perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga ulangan. Parameter yang diamati meliputi populasi ulat *H. armigera* dan kompleks predatornya, frekuensi penyemprotan masing-masing perlakuan, kerusakan kuncup bunga dan buah kapas, biaya pengendalian hama, pendapatan, marginal rate of return (MRR), dan hasil kapas serta kacang hijau. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pengendalian *H. armigera* dengan kombinasi perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) lebih efisien menurunkan biaya pengendalian hama hingga 63,4% dan meningkatkan pendapatan sebesar 32,7% dibanding insektisida kimia betasiflutrin, dengan nilai MRR 4,66 dan 4,28 masing-masing atas kontrol dan insektisida kimia.

Kata kunci: Kapas, *Gossypium hirsutum*, hama, penggerek buah, *Helicoverpa armigera*, SBM, NPV, pengendalian hama, marginal rate of return, Jawa Timur

ABSTRACT

Efficiency in cotton bollworm Helicoverpa armigera Hübner control using neem seed powder and nuclear polyhedrosis virus

Insect pest biological control potentially decreases the use of chemical insecticides. The alternative control method chosen was combination of botanical and microbial agents that showed higher effectiveness against *H. armigera*. This control method might also potential to minimize the use of chemical pesticide on cotton. Study on efficiency of cotton bollworm *Helicoverpa armigera* Hübner control using neem seed powder (NSP) and nuclear polyhedrosis virus was conducted at Asebagus Experimental Station of Indonesian Tobacco and Fiber Crops Research Institute, Situbondo, East Java, from January to December 2003. The objective of this study was to find out the efficiency level of cotton bollworm control using combination of neem seed powder (NSP) and nuclear polyhedrosis virus (NPV). The treatments were : (1) NSP(LC₂₅) + NPV(LC₅₀), (2) NSP(LC₅₀) + NPV(LC₅₀), (3) NSP (recommended dose), (4) NPV (recommended dose), (5) betacyfluthrin (recommended dose), and (6) control (untreated). The treatments were arranged in a randomized block design with three replications. Parameters observed were population of *H. armigera* larvae and its complex predators, frequency of spraying, square and boll damage, cost of control, net income, marginal rate of return, and yield of seed cotton and mungbean. The research results showed that the combination of NSP(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) effectively reduced the total cost of insect control by 63.4% and increased the increase 32.7% compared to betacyfluthrin. The combination also showed the

highest marginal rate of return of 4.66 and 4.28 based on control and betacyfluthrin, respectively.

Key words: Cotton, *Gossypium hirsutum*, insect, cotton bollworm, *Helicoverpa armigera*, NSP, NPV, insect control, marginal rate of return, East Java

PENDAHULUAN

Tingginya tingkat pencemaran lingkungan yang diakibatkan oleh penggunaan bahan-bahan kimia, terutama insektisida kimia dalam proses produksi pertanian merupakan salah satu alasan semakin meningkatnya pemanfaatan bahan-bahan alami, terutama dalam upaya pengendalian serangga hama. Pengendalian serangga hama utama tanaman kapas *H. armigera* yang selama tiga dasa warsa lalu secara intensif menggunakan berbagai insektisida kimia. Tetapi dewasa ini penggunaan insektisida kimia mulai disubstitusi oleh bahan-bahan hayati, baik yang berasal dari tumbuhan maupun mikro-organisme. Mimba (*Azadirachta indica* A. Jussieu) merupakan salah satu tumbuhan yang dapat diolah menjadi pestisida botani, yaitu serbuk biji mimba (SBM) (MORDUE *et al.*, 1998; GUPTA, 2001). SBM diketahui memiliki kisaran inang sangat luas, dan terhadap ulat *H. armigera* dan *S. litura* hanya efektif membunuh ulat instar muda (instar 1-3), sedangkan terhadap ulat instar lebih tua (4-6) hanya menyebabkan gangguan pertumbuhan (SUBIYAKTO *et al.*, 1999).

Nuclear polyhedrosis virus (NPV) merupakan salah satu bioinsektisida yang prospektif dan terbukti dapat membunuh semua instar ulat *H. armigera*, sekalipun diberikan dosis sublethal (INDRAYANI, 2003; INDRAYANI *et al.*, 2003). Namun demikian, kelemahan NPV yang utama adalah lambat membunuh inang disebabkan masa inkubasinya membutuhkan 1-3 hari di dalam tubuh inang. Oleh karena itu, untuk mempercepat daya bunuh terhadap ulat, salah satu cara yang dapat dilakukan adalah mengkombinasikan NPV dengan SBM. Dalam kombinasi ini, peran SBM sebagai penghambat pertumbuhan (*growth regulator*) menyebabkan sistem kekebalan tubuh serangga terganggu sehingga NPV menjadi lebih mudah menginfeksi. Sehubungan dengan hal tersebut MURUGAN dan JEYABALAN (1998) menyatakan bahwa SBM dapat mempertinggi aktivitas menginfeksi NPV terhadap hama sasaran akibat menurunnya sistem kekebalan hama oleh pengaruh senyawa beracun yang dikandung SBM.

Secara individu maupun kombinasi, penelitian terhadap kedua faktor mortalitas biotik serangga tersebut telah banyak dilakukan baik di laboratorium maupun lapang. Uji analisis interaksi di laboratorium menunjukkan bahwa SBM sinergis dengan NPV dan efektif membunuh hingga 80% ulat *H. armigera* (INDRAYANI *et al.*, 2004). Penggunaan SBM atau NPV juga berpotensi menurunkan biaya pengendalian hama disebabkan harga keduanya lebih murah dibanding insektisida kimia, sehingga secara ekonomis diharapkan terjadi peningkatan pendapatan.

Meskipun secara individu penggunaan SBM efisien menurunkan biaya pengendalian hama hingga 62% dibanding insektisida kimia (SRI HADIYANI *et al.*, 2003), tetapi mengingat selektivitasnya yang tinggi terhadap instar ulat, maka dengan tidak terbunuhnya instar ulat yang lebih tua kemungkinan akan berpotensi menimbulkan kerusakan, sehingga dapat meningkatkan biaya pengendalian hama. Oleh karena itu, kombinasi penggunaannya dengan NPV diharapkan dapat meningkatkan efektivitas pengendalian, mengurangi biaya pengendalian, dan meningkatkan pendapatan.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui tingkat efisiensi pengendalian penggerek buah kapas *H. armigera*, terutama dengan kombinasi SBM dan NPV.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Kebun Percobaan Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat di Asembagus, Situbondo, Jawa Timur, mulai Januari hingga Desember 2003.

Beberapa bahan penelitian yang digunakan antara lain: benih kapas varietas Kanesia 7, benih kacang hijau varietas Sriti, isolat NPV, SBM, pupuk urea, SP-36, KCl, dan ZA, dan insektisida kimia betasiflutrin, serta sejumlah bahan/alat pembantu lain di lapang, seperti bambu untuk plotting dan alat semprot gendong (*knapsack*).

Isolat NPV diperbanyak di laboratorium dengan inang ulat *H. armigera* yang kemudian diformulasi menjadi tepung dengan bahan dasar bubuk kaolin, sedangkan SBM yang digunakan berasal dari produk yang telah dikomersialkan.

Perlakuan yang digunakan terdiri atas dua perlakuan kombinasi, tiga perlakuan tunggal, dan satu kontrol (tanpa perlakuan), yaitu: (1) SBM(LC₂₅)+NPV(LC₅₀), (2) SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀), (3) SBM (dosis rekomendasi), (4) NPV (dosis rekomendasi), (5) betasiflutrin (dosis rekomendasi), dan (6) kontrol. Setiap perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan tiga kali ulangan. SBM(LC₂₅) dan SBM(LC₅₀) setara dengan 4,4 dan 6,7 kg SBM/hektar, sedang SBM(dosis rekomendasi) mencapai 10 kg/ha. NPV(LC₅₀) setara dengan 14,3 g/ hektar, sedang NPV(dosis rekomendasi) adalah 100 g/ hektar. Volume semprot yang digunakan adalah 200-400 liter air per hektar.

Sesuai program pengembangan budidaya tanaman kapas yang mengarah pada pola tumpangsari dengan palawija dan upaya diversifikasi tanaman terutama untuk mengurangi risiko kegagalan hasil serta untuk memperoleh kenaikan pendapatan, maka kapas dalam penelitian ini ditanam secara tumpangsari dengan tanaman kacang hijau (sesuai pilihan palawija di Asembagus) varietas Sriti. Varietas kapas Kanesia 7 ditanam di dalam petak berukuran 30 m x 35 m (1050 m²) dengan jarak tanam 150 cm x 25 cm, dua tanaman/lobang. Di antara baris kapas ditanam dua baris kacang hijau dengan jarak tanam 50 cm x 20 cm. Dosis pupuk yang diberikan adalah 100 kg ZA + 100 kg SP 36 + 100 kg KCl per hektar. Prosedur pemeliharaan, seperti penyulaman, pembumbunan, penyiangan, dan penyiraman disesuaikan dengan rekomendasi setempat.

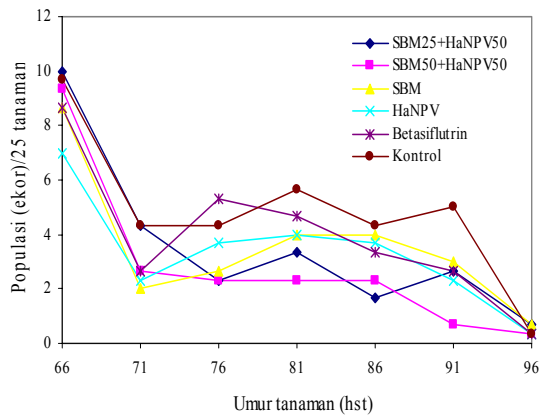
Aplikasi perlakuan dilakukan dengan cara disemprotkan ke permukaan tanaman pada petak-petak dengan populasi ulat *H. armigera* telah mencapai ambang. Panduan untuk menentukan waktu penyemprotan setiap perlakuan adalah apabila ditemukan empat tanaman terinfeksi ulat *H. armigera* per 25 tanaman contoh (pada 30 cm bagian atas tanaman) pada setiap petak.

Pengamatan meliputi populasi ulat *H. armigera* dan kompleks predator umum ulat *H. armigera* (laba-laba, *Paederus* sp., kepik Mirid, dan Coccinellid), jumlah aplikasi masing-masing perlakuan, total biaya pengendalian hama (biaya pestisida/bioinsektisida dan biaya semprot), serta hasil kapas dan kacang hijau. Untuk mengukur tingkat efisiensi masing-masing perlakuan digunakan analisis Marginal Rate of Return (MRR) yang ditentukan dengan cara membagi tambahan penerimaan bersih setiap perlakuan dengan biaya pengendaliannya masing-masing (SOEJONO, 1976; MALIAN, 1988). Nilai MRR positif menunjukkan bahwa penggunaan komponen pengendalian hama (perlakuan) tersebut memberikan keuntungan. Semakin tinggi nilai MRR, maka tingkat efisiensi yang dicapai juga semakin tinggi atau perlakuan tersebut semakin efisien mengendalikan hama.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Populasi Ulat *H. armigera* dan Kompleks Predatonya

Secara umum dinamika populasi ulat *H. armigera* pada semua petak perlakuan cukup fluktuatif, selain dipengaruhi oleh efektivitas masing-masing perlakuan juga ditentukan oleh periode pertumbuhan tanaman. Dibandingkan dengan perlakuan lainnya, rata-rata populasi ulat pada petak kontrol selalu menunjukkan lebih tinggi di setiap waktu pengamatan (Gambar 1). Pengendalian hama dengan SBM dan NPV, baik kombinasi maupun tunggal, tampaknya lebih efektif menurunkan populasi ulat *H. armigera* dibanding dengan perlakuan betasiflutrin. SARODE *et al.* (1997)



Gambar 1. Dinamika populasi ulat *H. armigera* pada setiap perlakuan
Figure 1. Population dynamic of *H. armigera* larvae within treatments

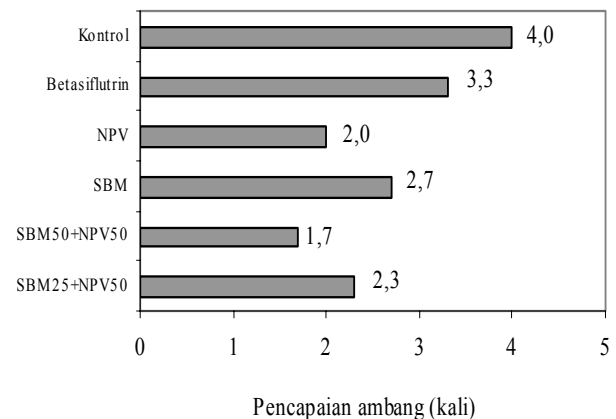
menyatakan bahwa efektivitas pengendalian hama dengan SBM dan NPV meningkat apabila keduanya diaplikasikan secara bersama-sama dibanding aplikasi masing-masing secara individu. Hal tersebut sejalan dengan hasil penelitian terdahulu bahwa pengaruh azadirachtin mengganggu sistem kekebalan serangga sehingga kemampuan NPV menginfeksi inangnya meningkat (MURUGAN dan JEYABALAN, 1998). Di samping itu, BABU *et al.* (2000) juga menyatakan bahwa kombinasi azadirachtin dan NPV mempertinggi perilaku penolakan makan (*feeding deterrence*) dan memperlambat metamorfosa serangga. Pengaruh azadirachtin sangat efektif menghambat pertumbuhan ulat disebabkan sifat antifeedant yang dimilikinya (GUPTA dan BIRAH, 2001). Keracunan SBM menyebabkan sistem pencernaan serangga lemah sehingga lebih memudahkan NPV menginfeksi (MURUGAN *et al.*, 1998). Dibanding kombinasi lainnya, kombinasi SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) lebih konsisten menurunkan populasi ulat *H. armigera* hingga menjelang panen kapas.

Pada umur 66 hst populasi ulat *H. armigera* baru menunjukkan peningkatan hingga 6-8 larva per 25 tanaman dan mencapai ambang kendali pada semua petak perlakuan. Tercapainya populasi ambang kendali menyebabkan dilakukan penyemprotan (pengendalian), sehingga pada 71 hst terjadi penurunan populasi ulat hingga rata-rata di bawah ambang kendali. Tetapi, pada 81 hst kembali terjadi peningkatan populasi ulat *H. armigera*, disebabkan tanaman sedang dalam fase puncak pembentukan kuncup bunga dan buah muda yang biasanya diikuti oleh infestasi ulat yang menetas dari telur-telur yang baru diletakkan.

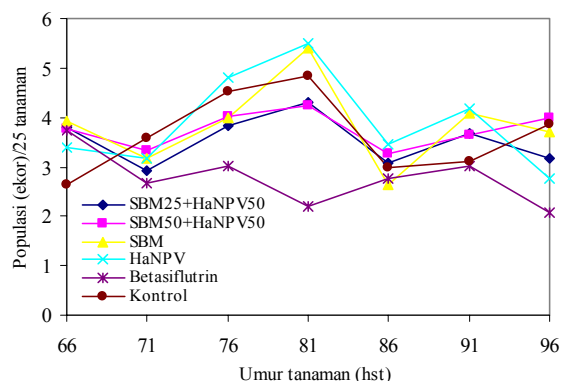
Populasi ulat *H. armigera* pada kontrol lebih sering mencapai ambang kendali (4 kali) dibanding pada perlakuan lainnya, kemudian disusul oleh perlakuan

betasiflutrin (3,3 kali) (Gambar 2). Kecuali kontrol, semakin sering populasi ulat *H. armigera* mencapai ambang kendali, maka frekuensi penyemprotan juga meningkat. Perlakuan yang pencapaian populasi ambang kendalnya paling sedikit adalah perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀), yaitu rata-rata 1,7 kali.

Musuh alami, terutama predator, yang banyak ditemukan adalah laba-laba, *Paederus* sp., kepik cokelat Mirid, dan Coccinellid. Sebagian besar predator tersebut merupakan predator umum pemangsa telur, ulat atau serangga kecil. Secara umum populasi kompleks predator ulat *H. armigera* pada semua petak perlakuan mengalami peningkatan sejalan dengan umur tanaman, kecuali petak perlakuan betasiflutrin (Gambar 3). MA-DL *et al.* (2000) menyatakan bahwa secara umum predator memiliki tingkat sensitivitas rendah terhadap pestisida botani maupun bioinsektisida (CHARI *et al.*, 1996; YARDIM *et al.*, 2001; DASH *et al.*, 2001). Pestisida yang berasal dari sumberdaya alam (biologi) biasanya tidak berdampak buruk terhadap kesehatan, lingkungan, maupun musuh alami serangga hama tanaman sehingga dapat kompatibel dengan sistem pengendalian hama terpadu (CHAUDURI dan SENAPATI, 2001). Populasi kompleks predator pada perlakuan betasiflutrin tetap rendah dibanding perlakuan lainnya hingga 96 hst. Hal ini menunjukkan bahwa penyemprotan insektisida kimia sangat menghambat perkembangan predator, karena secara cepat menurunkan hingga 45% populasi musuh alami (SUGANTHY *et al.*, 2002). Meskipun secara individual peran predator sebagai faktor mortalitas biotik serangga hama tidak terlihat nyata, tetapi secara berkelompok yang merupakan kompleks predator akan sangat nyata berperan dalam pengaturan populasi serangga hama.



Gambar 2. Frekuensi ambang kendali ulat *H. armigera* pada setiap perlakuan
Figure 2. Frequency of action threshold of *H. armigera* larvae within treatments

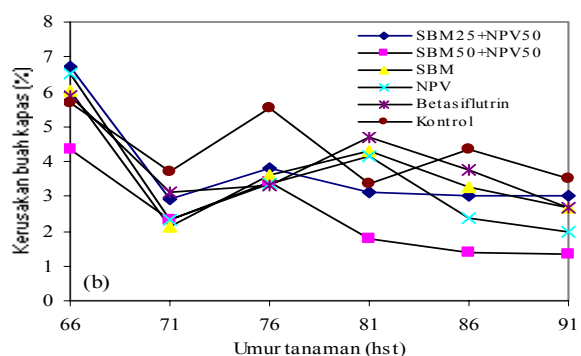


Gambar 3. Dinamika populasi kompleks predator *H. armigera* pada setiap perlakuan
 Figure 3. Population dynamic of complex predator of *H. armigera* larvae within treatments

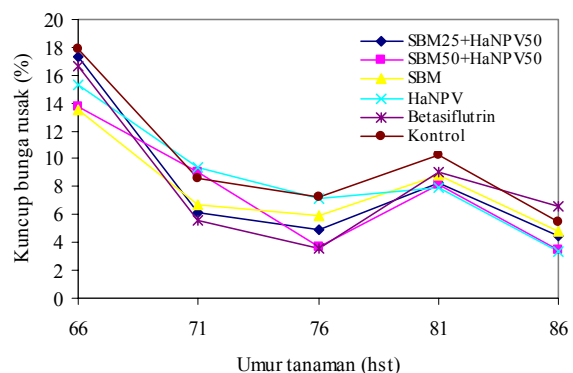
Kerusakan Kuncup Bunga dan Buah Kapas

Persentase kerusakan kuncup bunga dan buah kapas pada kontrol rata-rata lebih tinggi dibanding perlakuan lainnya (Gambar 4 dan 5). Hal tersebut menunjukkan bahwa tanpa pengendalian populasi ulat *H. armigera* sangat berpotensi meningkatkan kerusakan tanaman meskipun predator berkembang tanpa faktor penghambat. Hal ini juga berarti bahwa pengendalian hama hanya dengan mengandalkan populasi alami musuh alaminya (pada kontrol) atau tanpa dilakukan pelepasan (*augmentasi*) secara periodik tampaknya kurang efektif. Merupakan sifat alami bahwa laju perkembangan populasi musuh alami selalu mengikuti laju perkembangan populasi serangga hama, karena musuh alami merupakan faktor biotik yang berperan mengatur keselarasan populasinya dengan populasi inang.

Gambar 4 dan 5 juga memperlihatkan bahwa perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) secara konsisten memperlihatkan persentase kerusakan kuncup bunga maupun buah kapas lebih rendah dibanding perlakuan lainnya. Hal tersebut menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan ini lebih efektif mengendalikan serangan hama yang juga berdampak pada penurunan tingkat kerusakan. Sebagaimana dinyatakan oleh LINGAPPA *et al.* (2000) bahwa kombinasi *econeem* dan NPV dapat menurunkan kerusakan badan buah (*fruiting bodies*) kapas hingga lebih dari 50%. Menurunnya persentase kerusakan tanaman erat kaitannya dengan menurunnya populasi ulat karena pengaruh perlakuan kombinasi tersebut. SARODE *et al.* (1995a) dan SARODE *et al.* (1995b) menyatakan bahwa kombinasi SBM dan NPV meningkatkan efektivitas pengendalian hama sehingga menurunkan kerusakan tanaman.



Gambar 4. Perusakan kuncup bunga pada setiap perlakuan dan waktu pengamatan
 Figure 4. Cotton square damage within treatments and observation times



Gambar 5. Kerusakan buah kapas pada setiap perlakuan dan waktu pengamatan
 Figure 5. Cotton square damage within treatments and observation times

Analisis Ekonomi Pengendalian *H. armigera*

Kurang optimalnya hasil kapas berbiji dalam penelitian ini (Tabel 1) ada hubungannya dengan pola tanam tumpang-sari dengan palawija yang menyebabkan terjadinya kompetisi cahaya dan unsur hara antara tanaman kapas dan kacang hijau. Sebagaimana dinyatakan oleh FAGERIA (1992) dan SHIVARAMU dan SHIVASHANKAR (1994) (*dalam* RIAJAYA dan KADARWATI, 2003) bahwa arsitektur tanaman erat kaitannya dengan kompetisi cahaya, air, dan hara, serta lingkungan di sekitar tanaman. Tumpang-sari kapas dengan palawija umumnya mengurangi hasil kapas, karena erat kaitannya dengan peningkatan kompetisi cahaya di bagian bawah kanopi tanaman yang mengakibatkan berkurangnya jumlah buah yang terbentuk, terutama pada cabang-cabang bawah tanaman kapas.

Tabel 1. Analisis ekonomi pengendalian penggerek buah kapas *H. armigera* dengan perlakuan kombinasi SBM dan NPV
 Table 1. Analysis of economy of cotton bollworm control with combination of SBM and NPV

Variabel	Komponen perlakuan <i>Component of treatment</i>					
	SBM(LC ₂₅)+NPV(LC ₅₀)	SBM(LC ₅₀)+NPV(LC ₅₀)	SBM	NPV	Betasiflutrin	Kontrol
1. Hasil <i>Productivity</i> (kg/ha)						
Kapas <i>Cotton</i>	175,0 b	288,3 d	218,3 c	176,7 b	221,7 c	108,3 a
Kacang hijau <i>Mungbean</i>	727,3 a	924,7 c	756,7 a	787,0 ab	819,7 a-c	719,3 a
2. Penerimaan <i>Revenue</i> (Rp/ha)	2.203.250	2.946.010	2.372.010	2.356.240	2.536.990	2.036.510
3. Biaya pengendalian hama (Rp)	228.640	160.555	284.430	233.330	438.880	0
<i>Cost of pest control</i>	(47,9%)*	(63,4%)*	(35,2%)*	(46,8%)*	-	-
4. Pendapatan atas biaya pengendalian hama (2-3) (Rp/ha)	1.974.610	2.785.455	2.087.580	2.122.910	2.098.110	2.036.510
<i>Income based on cost of pest control</i>	-	(32,7%)**	-	(1,2%)**	-	-
5. Tambahan penerimaan <i>Revenue addition</i> (Rp/ha)						
- Atas kontrol <i>Based on control</i>	166.740	909.500	335.500	319.730	500.480	-
- Atas betasiflutrin <i>Based on betacyfluthrin</i>	- 333.740	409.020	- 164.980	- 180.750	-	-
6. Tambahan penerimaan bersih (Rp/ha)						
<i>Net revenue addition</i>	- 61.900	748.945	51.070	86.400	61.600	-
- Atas kontrol <i>Based on control</i>	- 123.500	687.345	- 10.530	24.800	-	-
- Atas betasiflutrin <i>Based on betacyfluthrin</i>						
7. MRR atas kontrol <i>MRR based on control</i> (6:3)	- 0,27	4,66	0,18	0,37	0,14	-
8. MRR atas betasiflutrin <i>MRR based on betacyfluthrin</i> (6:3)	- 0,54	4,28	- 0,04	0,11	-	-

Keterangan : Angka yang diikuti huruf yang sama pada baris yang sama menunjukkan perbedaan tidak nyata pada taraf 5% uji BNJ

Note : Numbers followed by the same letter in the same row are not significantly different at 5% of HSD

Harga Price : Kapas berbiji *Seed cotton* : Rp 2.200/kg Betasiflutrin *Betacyfluthrin*: Rp 125.000/liter

Kacang hijau *Mungbean* : Rp 2.500/kg MRR = Marginal Rate of Return

SBM *Neem seed powder* : Rp 6.500/kg * Penurunan biaya pengendalian atas betasiflutrin *Reducing cost of control compared with betacyfluthrin*

NPV *Nuclear Polyhedrosis Virus* : Rp 75.000/ha ** Peningkatan pendapatan atas betasiflutrin *Increasing of income compared with betacyfluthrin*

Faktor lain yang juga potensial menurunkan produktivitas adalah kekeringan, terutama pada periode kritis tanaman kapas. Tumpangsari kapas dan palawija sekurang-kurangnya memerlukan tiga kali pengairan yang diberikan pada saat kapas mulai berbunga dan pada waktu puncak pembuahan. Kekeringan yang terjadi mulai 85 hst hingga menjelang panen (120 hst) menyebabkan kuncup bunga bagian atas banyak yang gagal menjadi buah, sehingga jumlah buah yang memungkinkan untuk dipanen berkurang. Kekeringan yang terjadi disebabkan curah hujan kurang dan upaya pengairan tidak mungkin dilakukan karena keterbatasan sumber air.

Hasil analisis ekonomi menunjukkan bahwa biaya pengendalian hama terendah dicapai pada perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀), yaitu Rp 160.555 dan tertinggi Rp 438.880 pada perlakuan betasiflutrin (Tabel 1). Rendahnya biaya pengendalian berhubungan erat dengan rendahnya frekuensi penyemprotan pada perlakuan tersebut (Gambar 2), dan juga dipengaruhi oleh harga SBM dan NPV yang lebih murah dibanding insektisida betasiflutrin. Rendahnya biaya pengendalian hama berpengaruh terhadap pendapatan. Pendapatan tertinggi sebesar Rp 2.785.455 atau 32,7% lebih tinggi dibanding betasiflutrin pada perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) disebabkan biaya pengendalian hamanya sangat rendah, yaitu Rp 160.555 atau menurun sebesar 63,4% dibanding betasiflutrin. Rata-rata tambahan penerimaan bersih atas kontrol pada perlakuan tersebut tertinggi di antara perlakuan lainnya, yaitu sebesar Rp 748.945. Demikian pula tambahan penerimaan bersih atas betasiflutrin tertinggi pada perlakuan kombinasi tersebut.

Tingkat efisiensi dari masing-masing perlakuan tercermin dari nilai MRR, baik atas kontrol maupun atas betasiflutrin. Nilai MRR tertinggi dicapai oleh perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) atas kontrol (MRR=4,66) dan atas betasiflutrin (MRR=4,28). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan tersebut lebih efisien mengendalikan *H. armigera* dibanding perlakuan lainnya. Teknologi pengendalian hama dengan cara kombinasi ini merupakan salah satu cara untuk mengoptimalkan peran suatu faktor mortalitas biotik (SBM dan NPV) yang secara alami masih memiliki kelemahan apabila digunakan secara individu. Oleh karena itu, NPV yang secara alami lambat membunuh inang tetapi lebih efektif menginfeksi semua instar ulat dibanding SBM, membutuhkan faktor pemicu (*trigger*) yang sinergis yaitu SBM untuk meningkatkan kemampuan membunuh inangnya. Tingginya tingkat efisiensi pengendalian dengan kombinasi SBM dan NPV diharapkan penggunaan insektisida kimia semakin berkurang sehingga peran faktor mortalitas biotik lain semakin optimal.

KESIMPULAN

Pengendalian ulat penggerek buah kapas *H. armigera* lebih efektif dan efisien menggunakan kombinasi pestisida botani SBM dan bioinsektisida NPV. Kombinasi perlakuan SBM(LC₅₀)+NPV(LC₅₀) lebih efisien dalam pengendalian *H. armigera*, yaitu menurunkan biaya pengendalian hama hingga 63,4% dan meningkatkan pendapatan sebesar 32,7% dibanding insektisida kimia, dengan nilai MRR 4,66 dan 4,28 masing-masing atas kontrol dan betasiflutrin.

DAFTAR PUSTAKA

- BABU, R., K. MURUGAN, R. KAVITHA., and S. SIVARAMAKRISHNAN. 2000. Synergistic effects of extract from *Azadirachta indica*, *Pongamia pinnata* and *Vitex negundo* on feeding, survival, and fecundity of *Helicoverpa armigera* Hübner (Lepidoptera: Noctuidae). *Indian Journal of Environment and Toxicology* 10 (1): 42-44.
- CHARI, M.S., U. SREEDHAR, R.S.N. RAO, and S.A.N. REDDY. 1996. Studies on compatibility of botanical and microbial insecticides to the natural enemies of *Spodoptera litura* F. *Tobacco Research* 22 (1): 32-35.
- CHAUDURI, N. and S.K. SENAPATI. 2001. Evaluation of pesticides from different origin-synthetic and biological, against pest complex of tomato under terai region of West Bengal. *Haryana Journal of Horticultural Sciences* 30 (3-4): 274-277.
- DASH, A.N., S.K. MUKHERJEE, and B.K. SONTAKKE. 2001. Efficacy of some commercial neem formulations against major pests of rice and their safety to natural enemies. *Pest Management and Economic Zoology* 9 (1): 59-64.
- GUPTA, G.P. 2001. Role of neem in sustainable cotton pest management. *National Journal of Plant Improvement* 3: 37-43.
- GUPTA, G.P. and A. BIRAH. 2001. Growth inhibitory and antifeedant effect of azadirachtin-reach formulations on cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*). *Indian Journal of Agricultural Sciences* 71 (5): 325-328.
- INDRAYANI, I.G.A.A. 2003. Agen hayati nuclear polyhedrosis virus dan potensinya dalam mengendalikan penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* Hübner. *Perspektif : Review Penelitian Tanaman Industri* 2 (1): 20-30.

- INDRAYANI, I G.A.A., T. HADIASTONO, dan G. MUDJIONO. 2003. Dosis sublethal SINPV dan pengaruhnya terhadap transmisi vertikal pada larva *Spodoptera litura* F. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 9 (2): 55-62.
- INDRAYANI, I.G.A.A., D. WINARNO, dan SUBIYAKTO. 2004. Kompatibilitas kombinasi HaNPV dan SBM serta pengaruhnya terhadap mortalitas dan aktivitas biologi penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* Hübner. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 10 (1): 28-33.
- LINGAPPA, S., RAJENDRA-HEGDE, S.S. UDIKERI, and R. HEGDE. 2000. Efficacy of econeem with microbial insecticides against *Helicoverpa armigera* in cotton. Karnataka Journal of Agricultural Sciences 13 (3): 597-600.
- MA-DL., G. GORDH, and M.P. ZALUCKI. 2000. Toxicity of biorational insecticides to *Helicoverpa* spp. (Lepidoptera: Noctuidae) and predators in cotton field. International Journal of Pest Management 46 (3): 237-240.
- MALIAN, H. 1988. Analisis ekonomi dalam penelitian sistem usahatani. Badan Litbang Pertanian. Proyek P3NT.15p.
- MORDUE, A.J., S.M.J. SIMMOND, S.V. LEY, W.M. BLANEY, W. MORDUE, M. NASIRUDDIN, and A.J. NISBET. 1998. Actions of azadirachtin, a plant allelochemical against insects. Pesticide Science 54: 277-284.
- MURUGAN, K. and D. JEYABALAN. 1998. Neem enhances the activity of microbial pesticides. Insect Environmental 4 (1): 3-4.
- MURUGAN, K., S. SIVARAMAKRISHNAN, N.S. KUMAR, D. JEYABALAN, S.S. NATHAN, A. PANDEY, C.R. SOCCOL, and V.K. JOSH. 1998. Synergistic interaction of botanicals and biocides nuclear polyhedrosis virus on pest control. International Conference on frontiers in biotechnology, Trivandrum, India, November 1997. Journal of Scientific and Industrial Research 57 (10-11): 732-739.
- RIAJAYA, P.D. dan F.T. KADARWATI. 2003. Kerapatan galur harapan kapas pada sistem tumpangsari dengan kedelai. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 9 (1): 11-17.
- SARODE, S.V., P.P. PATIL, and S.L. BORKAR. 1995a. Evaluation of neem seed kernel extract in combinations with *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus against cotton bollworms. Journal of Entomological Research 19 (3): 219-222.
- SARODE, S.V., R.O. DEOTALE, and P.P. PATIL. 1995b. Performance of *Helicoverpa* nuclear polyhedrosis virus (HNPV) combined with neem seed kernel extract (NSKE) against the pod borer on chickpea. International Chickpea and Pigeonpea Newsletter 2: 35-37.
- SARODE, S.V., Y.S. JUMADE, and S.L. BORKAR. 1997. Efficacy of *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus and neem seed kernel extract combinations against *Helicoverpa armigera* (Hb) on pigeonpea. PKV Research Journal 21 (2): 227-229.
- SOEJONO, I. 1976. Efisiensi usahatani. Direktorat Bina Sarana Usahatani Tanaman Pangan. Ditjen. Pertanian Tanaman Pangan. 8p.
- SRI HADIYANI, D.A. SUNARTO, A.A.A. GOTHAMA, dan S.A. WAHYUNI. 2003. Perbaikan rekomendasi paket PHT untuk pengendalian hama *Helicoverpa armigera* Hbn. pada tanaman kapas. Jurnal Penelitian Tanaman Industri 9 (2): 63-70.
- SUBIYAKTO, D. WINARNO, dan D.H. PARMONO. 1999. Pengaruh konsentrasi serbuk biji mimba (*Azadirachta indica*, A. Juss.) terhadap aspek biologi ulat daun tembakau *Spodoptera litura* F. Prosiding Semiloka Teknologi Tembakau. Pp.16-20.
- SUGANTHY, M., G.V.R. RAO, and S.T. KUMAR. 2002. Relative efficiency of IPM strategies of chickpea on soil inhabiting and aerial natural enemies. Legume Research 25 (1): 66-68.
- YARDIM, E.N., I. OZGEN, and H. KULAZ. 2001. Effects of neem-based and chemical insecticides on some arthropods in alfalfa. Proceedings of the 53rd International Symposium on Crop Protection, Gent, Belgium, 8 May 2001, 66: 519-524.

