

KOMPATIBILITAS KOMBINASI *HaNPV* DAN SBM SERTA PENGARUHNYA TERHADAP MORTALITAS DAN AKTIVITAS BIOLOGI PENGGEREK BUAH KAPAS *Helicoverpa armigera* HUBNER

IG.A.A. INDRAYANI, D. WINARNO, dan SUBIYAKTO

Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat

ABSTRAK

Banyak cara dapat dilakukan untuk meningkatkan efektivitas *HaNPV* terhadap serangga hama sasaran. Efektivitas *HaNPV* terutama daya bunuhnya, dapat ditingkatkan dengan cara mengkombinasikan *HaNPV* dengan metode pengendalian hama lain yang pengaruhnya dapat menurunkan kekebalan tubuh serangga, misalnya insektisida nabati serbuk biji mimba (SBM). Disamping untuk meningkatkan efektivitas, kombinasi yang sinergis antara *HaNPV* dan SBM juga bermanfaat untuk substitusi *HaNPV* yang produk komersialnya masih terbatas. Penelitian kompatibilitas kombinasi *HaNPV* dan SBM serta pengaruhnya terhadap mortalitas dan aktivitas biologi larva penggerek buah kapas *H. armigera* dilaksanakan di Laboratorium Hama Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat Malang, mulai Maret hingga Juli 2002. Tujuannya adalah untuk mengetahui kompatibilitas dan kemanjuran kombinasi *HaNPV* dan SBM, serta mengetahui dampak interaksinya terhadap aktivitas biologi penggerek buah kapas *H. armigera*. Perlakuan yang digunakan adalah kombinasi *HaNPV* dan SBM berdasarkan konsentrasi subletal dan letal, yaitu: (1) Kontrol (tanpa perlakuan), (2) SBM(LC₂₅), (3) SBM(LC₅₀), (4) *HaNPV*(LC₂₅), (5) *HaNPV*(LC₅₀), (6) *HaNPV*(LC₂₅) + SBM(LC₂₅), (7) *HaNPV*(LC₂₅) + SBM(LC₅₀), (8) *HaNPV*(LC₅₀) + SBM(LC₂₅), (9) *HaNPV*(LC₅₀) + SBM(LC₅₀). Setiap perlakuan disusun berdasarkan rancangan acak kelompok dengan empat kali ulangan. Hasil penelitian menunjukkan bahwa analisis interaksi antara *HaNPV* dan SBM pada berbagai kombinasi konsentrasi umumnya menunjukkan sifat aditif dan sinergis. Kombinasi konsentrasi yang berinteraksi sinergis adalah *HaNPV*(LC₅₀)+SBM(LC₅₀) yang menyebabkan mortalitas larva *H. armigera* $\pm$ 80%. Penurunan bobot larva maupun perpanjangan umur stadia larva terinfeksi secara efektif dipengaruhi oleh semua perlakuan *HaNPV* dan SBM, baik individu maupun kombinasi.

Kata kunci : Aditif, *HaNPV*, *H. armigera*, kompatibilitas, mortalitas, serbuk biji mimba, SBM, sinergis

ABSTRACT

Compatibility of HaNPV and SBM combinations and its effects on the mortality and biological activities of cotton bollworm Helicoverpa armigera Hubner

Many ways to increase the effectiveness of *HaNPV* against insect pests. Combination of *HaNPV* and other control method, namely using neem seed powder (SBM) which reduced the insect immunity system, was one way to increase the effectiveness of *HaNPV*. Synergistic combination of SBM to *HaNPV* not only increased the effectiveness of insect control but SBM itself could also substitute *HaNPV* which was unavailable commercially. The study was carried out in the Entomology Laboratory of Indonesian Tobacco and Fiber Crops Research Institute (ITOFCRI) in Malang from March to July 2002. The objective was to find out the compatibility and efficacy of *HaNPV*+SBM combination against cotton bollworm and its impacts to larval mortality and biological activities. The treatment tested were combinations of *HaNPV*+SBM based on both sublethal (LC₂₅) and lethal (LC₅₀) concentrations, viz. (1) Control (untreated), (2) SBM(LC₂₅), (3) SBM(LC₅₀), (4) *HaNPV*(LC₂₅), (5) *HaNPV*(LC₅₀), (6) *HaNPV*(LC₂₅) + SBM(LC₂₅), (7) *HaNPV*(LC₂₅) + SBM(LC₅₀), (8) *HaNPV*(LC₅₀) + SBM(LC₂₅), (9) *HaNPV*(LC₅₀) + SBM(LC₅₀). Each treatment was arranged in a randomized block design (RBD) with four replications. Results showed that the combinations of *HaNPV* and SBM at different concentrations proved to be additive and

synergistic interaction. The synergistic interaction was significant when *HaNPV*(LC₅₀) was combined with + SBM(LC₅₀) with caused $\pm$ 80% of larval mortality. Reducing in larval weight and prolong the larval age were effectively influenced by *HaNPV* and SBM either alone or combination.

Key words: Additive, compatibility, *HaNPV*, *H. armigera*, mortality neem seed powder, SBM, synergistic interaction

PENDAHULUAN

Nuclear Polyhedrosis Virus (*HaNPV*) dari ulat *H. armigera* merupakan salah satu entomopatogen yang sangat efektif membunuh ulat penggerek buah kapas *H. armigera*, terutama ulat instar kesatu hingga ketiga, dan mengganggu pertumbuhan ulat instar keempat hingga keenam. Oleh karena kemampuan membunuh dan menghambat pertumbuhan inang sasaran yang cukup tinggi, maka entomopatogen ini telah menjadi kandidat bioinsektisida yang cukup potensial (INDRAYANI, 2003). Inangnya yang spesifik menyebabkan NPV aman bagi serangga lain bukan sasaran. Di samping itu, NPV juga mampu menginfeksi ulat yang telah resisten terhadap racun beberapa insektisida kimia, atau bahkan ulat yang telah terparasit oleh parasitoid, selama ulat tersebut masih hidup.

Daya simpan formulasinya yang cukup lama (> 3 tahun) pada suhu $\pm$ 5°C menyebabkan *HaNPV* dapat digunakan kapan saja apabila diperlukan. Namun demikian, kelemahan *HaNPV* sebagai agen pengendalian hama dibanding dengan insektisida kimia adalah kelambatannya membunuh hama sasaran (3-7 hari). Kelemahan tersebut merupakan karakter umum bioinsektisida, tidak hanya yang berbahan aktif virus, tetapi juga bakteri, jamur, atau nematoda. Oleh karena itu, agar daya bunuh *HaNPV* meningkat dan waktu membunuhnya lebih cepat, maka selain dengan cara rekayasa genetika yang merupakan teknologi mahal dan cukup populer di Amerika Serikat, juga dapat dilakukan dengan menambahkan semacam pemacu (*trigger*). Pemacu tersebut dapat berupa ajuvan, bahan pelindung dari radiasi ultraviolet yang merangkap sebagai *feeding stimulant*, atau dapat pula dikombinasikan (dicampur) dengan bahan-bahan lain yang secara individu efektif mengendalikan serangga hama, misalnya dengan insektisida nabati serbuk biji mimba (SBM). Sebagaimana pernyataan SHAPIRO *et al.* (1994) bahwa penambahan ekstrak biji mimba ke dalam larutan NPV *Lymantria dispar* (*LdNPV*) meningkatkan efektivitas pengendalian dan mempersingkat waktu membunuh *LdNPV* pada ulat inang.

Hal ini membuktikan bahwa *SBM* juga berpotensi menjadi sinergen yang efektif dalam meningkatkan efektivitas pengendalian *H. armigera*.

Faktor lain yang juga menjadi pertimbangan dilakukannya penelitian kombinasi *HaNPV* dan *SBM* adalah untuk mencari bahan substitusi *HaNPV* yang efektif. Saat ini, produksi *HaNPV* masih sangat terbatas karena tidak tersedianya modal untuk produksi massal. Oleh karena itu, melalui penelitian kombinasi *HaNPV* dan *SBM* diharapkan dapat diperoleh kombinasi konsentrasi yang kompatibel dan sinergis, serta dapat meningkatkan efektivitas pengendalian hama.

Dibanding dengan penelitian-penelitian yang telah banyak dilakukan sebelumnya, penelitian ini merupakan salah satu solusi mengatasi keterbatasan produk *HaNPV*, dan juga sekaligus meningkatkan pemanfaatan tanaman mimba yang banyak tumbuh di Indonesia. Formula insektisida biji mimba telah tersedia dalam bentuk serbuk maupun cair, dengan harga relatif murah. Dengan demikian, kombinasi dengan *HaNPV* diharapkan juga mampu meningkatkan efisiensi pengendalian hama.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kompatibilitas dan kemanjuran kombinasi *HaNPV* dan *SBM*, serta dampaknya terhadap aktivitas biologi penggerek buah kapas *H. armigera*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium Hama, Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat, Malang mulai Maret hingga Juli 2002.

Serangga yang digunakan dalam penelitian ini adalah larva *H. armigera* instar kedua, karena instar ini memiliki tingkat kepekaan yang lebih tinggi terhadap pengaruh perlakuan dibanding instar lainnya. Induk serangga uji dikumpulkan dari tanaman kapas atau jagung di lapangan, kemudian dipelihara di Insektarium hingga stadia imago dengan memberi pakan buatan.

Penelitian ini menguji efektivitas campuran *HaNPV*+*SBM* berdasarkan kombinasi konsentrasi subletal (LC_{25}) dan konsentrasi letal (LC_{50}). Perlakuan yang dicoba adalah: (1) Kontrol (tanpa perlakuan), (2) *SBM*(LC_{25}), (3) *SBM*(LC_{50}), (4) *HaNPV*(LC_{25}), (5) *HaNPV*(LC_{50}), (6) *HaNPV*(LC_{25}) + *SBM*(LC_{25}), (7) *HaNPV*(LC_{25}) + *SBM*(LC_{50}), (8) *HaNPV*(LC_{50}) + *SBM*(LC_{25}), (9) *HaNPV*(LC_{50}) + *SBM*(LC_{50}). Setiap perlakuan disusun dalam rancangan acak kelompok dengan empat kali ulangan, dan pada setiap perlakuan digunakan 120 larva *H. armigera* instar kedua sebagai larva uji.

Sebagai media perlakuan digunakan daun kapas muda berukuran 1 cm x 1 cm yang diletakkan di dalam vial plastik (diam. 3 cm, tinggi 5 cm) yang dialasi kertas saring basah untuk menjaga kelembaban daun. Sebanyak 50 ul

dari setiap perlakuan diteteskan pada permukaan daun kapas, kemudian tetesan dibiarkan kering udara. Satu larva *H. armigera* diletakkan di atas permukaan daun, kemudian dibiarkan memakan habis daun yang telah diperlakukan. Pakan daun kapas yang telah habis dimakan, kemudian diganti dengan pakan buatan sampai larva menjadi pupa.

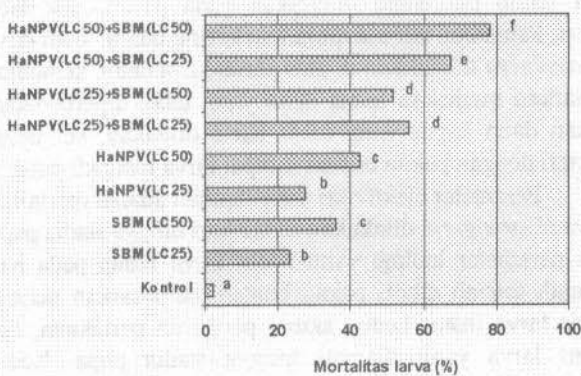
Parameter efektivitas yang diamati adalah mortalitas larva *H. armigera*, dilakukan setiap hari hingga stadia pupa, dan parameter biologi yaitu bobot larva hidup pada hari ketujuh setelah diberi pakan buatan, berdasarkan periode kritis larva instar kedua akibat pengaruh perlakuan, dan umur larva yang diamati hingga stadia pupa. Kedua parameter biologi tersebut perlu diamati untuk mengetahui dampak lanjutan dari perlakuan yang digunakan, khususnya terhadap pertumbuhan larva yang masih hidup.

Untuk mengetahui interaksi (kompatibilitas) yang terjadi antara agen-agen yang dicampur, maka dilakukan perbandingan antara mortalitas kenyataan (*K*) dengan mortalitas harapan (*H*). Mortalitas kenyataan adalah mortalitas larva hasil pengamatan langsung pada perlakuan campuran. Sedang mortalitas harapan diperoleh dari penggunaan rumus $P = P_1 + P_2 - P_1.P_2$ (HARPER, 1986). *P* adalah persentase mortalitas larva dari perlakuan campuran berdasarkan mortalitas individu; *P*₁ adalah persentase mortalitas larva karena pengaruh perlakuan pertama; *P*₂ adalah persentase mortalitas larva karena pengaruh perlakuan kedua; dan *P*₁.*P*₂ adalah hasil perkalian persentase mortalitas larva perlakuan pertama dan kedua. Apabila *K* = *H*, maka tidak terjadi interaksi antara kedua perlakuan yang dicampur atau salah satu perlakuan merupakan aditif bagi perlakuan yang lain. Apabila *K* > *H*, maka kedua perlakuan berinteraksi sinergis, tetapi jika *K* < *H*, maka salah satu perlakuan antagonis bagi perlakuan yang lain (MCVAY *et al.*, 1977; RICHTER dan FUXA, 1984). Untuk mengetahui sinergisme atau antagonisme campuran perlakuan tersebut berbeda nyata atau tidak berbeda nyata, maka dilakukan uji lanjut dengan *Chi-kuadrat* (χ^2). Diharapkan dari penelitian ini diperoleh kombinasi konsentrasi *HaNPV*+*SBM* yang kompatibel dan efektif meningkatkan mortalitas larva dan menghambat aktivitas biologi serangga *H. armigera*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Mortalitas Larva

Mortalitas larva merupakan salah satu parameter penting untuk mengetahui pengaruh perlakuan terhadap hama sasaran. Persentase mortalitas larva *H. armigera* pada semua perlakuan berbeda nyata dengan persentase mortalitas larva pada kontrol (Gambar 1). Umumnya pengaruh perlakuan kombinasi *HaNPV*+*SBM* secara berbeda nyata meningkatkan persentase mortalitas larva



Gambar 1. Mortalitas larva *H. armigera* setelah diberi perlakuan HaNPV, SBM, dan kombinasinya

Figure 1. Mortality of *H. armigera* larvae after treated with HaNPV, SBM, and their combinations

dibanding dengan perlakuan HaNPV atau SBM secara individu. SBM pada konsentrasi subletal maupun letal lebih efektif bekerjasama dengan HaNPV(LC₅₀) dibanding dengan HaNPV(LC₂₅) dalam meningkatkan mortalitas larva. Hal ini ditunjukkan dengan kematian larva *H. armigera* pada kedua perlakuan kombinasi tersebut rata-rata lebih tinggi (60-80%) dan berbeda nyata dibanding kematian larva pada dua perlakuan kombinasi lainnya (< 60%).

Meningkatnya persentase mortalitas larva pada perlakuan kombinasi HaNPV+ SBM erat hubungannya dengan aksi ganda kedua agen pengendalian pada inang yang sama. Sesuai sifat biologi SBM sebagai penolak makan maupun penghambat pertumbuhan serangga, SBM lebih awal mempengaruhi aktivitas larva dibanding HaNPV. HaNPV menjadi lebih efektif menginfeksi setelah larva keracunan SBM yang mengakibatkan gangguan pada sistem ketahanan tubuhnya. Melemahnya kondisi tubuh akan meningkatkan infeksi patogen. Sebagaimana pernyataan COOK *et al.* (1996) bahwa menambahkan ekstrak kasar biji mimba ke dalam larutan NPV *Lymantria dispar* (LdNPV) efektif meningkatkan daya bunuh LdNPV. SHAPIRO *et al.* (1994) juga mengemukakan bahwa terjadi peningkatan mortalitas larva setelah digunakan aditif ekstrak mimba pada aplikasi LdNPV. Lebih lanjut MURUGAN dan JEYABALAN (1998) menyatakan bahwa pengaruh SBM pada larva berpotensi meningkatkan infeksi HaNPV. Hal ini disebabkan dalam kondisi fisik yang lemah larva lebih mudah terinfeksi. Penambahan ekstrak mimba pada HaNPV, selain mengurangi konsentrasi keduanya juga mempersingkat waktu membunuh HaNPV pada larva (SHAPIRO *et al.*, 1994). Pengaruh racun SBM menyebabkan daya tahan tubuh larva menurun, sehingga HaNPV menjadi lebih mudah dan cepat melakukan penetrasi pada nukleus sel-sel peka hingga seluruh sel terinfeksi dan larva mati.

Kepekaan larva *H. armigera* instar kedua terhadap infeksi HaNPV disebabkan adanya sinkronisasi antara pH yang dibutuhkan HaNPV untuk replikasi dan pH usus tengah larva instar kedua yang berkisar 9.5-11.5 (STILES dan PASCHKE, 1980).

Sebagai faktor yang menyebabkan menurunnya kemauan makan serangga (MORDUE *et al.*, 1998; WALTER, 1999), azadirachtin yang terkandung dalam SBM menyebabkan dua macam gangguan pada larva, yaitu (1) gangguan primer pada mekanisme penerimaan kimiawi (*chemoreception*) serangga, khususnya gangguan pada fungsi organ-organ di dalam mulut, dan (2) gangguan sekunder yang menyebabkan kacaunya fungsi usus (SCHMUTTERER, 1990; ASCHER, 1993). Selain itu, racun SBM juga menyebabkan pemblokiran pada sejumlah sel-sel syaraf (MORDUE dan BLACKWELL, 1993), sehingga lebih memudahkan HaNPV melakukan penetrasi dan menginfeksi sel-sel tersebut. Sebagai penghambat pertumbuhan dan perkembangan larva, pengaruh racun azadirachtin dalam SBM memodifikasi program pertumbuhan larva dengan cara menghalangi pembentukan hormon juvenil ecdison yang berperan mengaktifkan enzim-enzim selama proses pergantian kulit atau instar (SCHMUTTERER, 1990).

Secara umum kompatibilitas campuran HaNPV + SBM menunjukkan aditivitas meskipun mortalitas kenyataan (K) pada semua perlakuan rata-rata lebih tinggi dibanding mortalitas harapan (H), kecuali perlakuan HaNPV(LC₅₀) + SBM(LC₅₀) yang secara berbeda nyata menunjukkan interaksi yang sinergis (Tabel 1). Aditivitas yang ditunjukkan pada sebagian besar perlakuan tersebut adalah aditivitas yang mengarah pada interaksi sinergis, artinya kedua agen pengendalian yang dicampur sangat potensial meningkatkan efektivitas pengendalian. Hal ini diketahui dari persentase mortalitas K lebih besar dari persentase mortalitas H. Meskipun tidak ditemukan pada hasil penelitian ini, dapat pula terjadi aditivitas yang mengarah pada interaksi antagonis, yaitu apabila persentase mortalitas K lebih kecil dibanding persentase mortalitas H atau (K<H). Sinergisme terjadi karena adanya tekanan fisiologis akibat pengaruh perlakuan, yaitu pengurangan jumlah hemosit fagositosis karena racun kimia dari SBM, atau terhambatnya sistem detoksifikasi serangga akibat pengaruh aktivitas HaNPV (BOMAN, 1981).

Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi HaNPV(LC₅₀)+SBM(LC₅₀) secara berbeda nyata berinteraksi sinergis dan paling efektif membunuh larva *H. armigera* hingga ± 80%. Manfaat lain yang diperoleh dari efektivitas yang ditunjukkan oleh kombinasi tersebut adalah terjadinya penghematan penggunaan SBM ± 3.5 kg/ha dari total 10 kg/ha SBM yang harus digunakan apabila diaplikasikan secara individu untuk satu kali penyemprotan. Demikian pula penggunaan HaNPV dapat dihemat hingga 60% (60 g) dari total 100 g/ha yang harus diaplikasikan (INDRAYANI *et al.*, 2003b). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan SBM dapat mengurangi biaya HaNPV hingga sebesar Rp 45.000/ha/aplikasi. Namun demikian, perhitungan tersebut perlu dibuktikan melalui penelitian kajian ekonomis di lapangan.

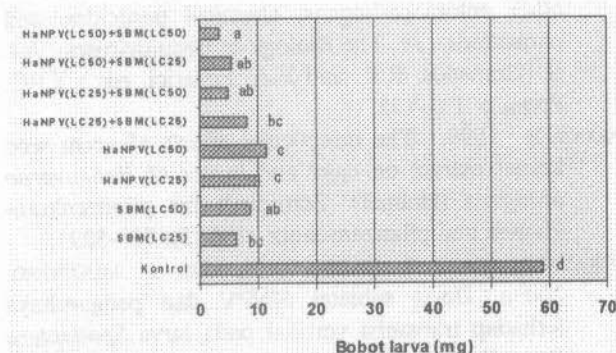
Tabel 1. Kompatibilitas kombinasi HaNPV+SBM pada pengendalian larva *H. Armigera*
 Table 1. Compatibility of HaNPV+SBM combinations in controlling *H. armigera* larvae

Perlakuan Treatment	Mortalitas larva Mortality of larvae (%)		Uji χ^2 χ^2 test	Interaksi Interaction
	Kenyataan Observed (K)	Harapan Expected (H)		
HaNPV(LC ₂₅)+SBM(LC ₂₅)	55.83	43.80	3.30	Aditif
HaNPV(LC ₅₀)+SBM(LC ₂₅)	67.45	65.40	0.06	
HaNPV(LC ₂₅)+SBM(LC ₅₀)	55.67	52.60	0.02	Aditif
HaNPV(LC ₅₀)+SBM(LC ₅₀)	78.35	60.80	5.06*	

Keterangan Note: $\chi^2 = 3.84$; $\alpha = 0.05$

Bobot Larva

Penurunan bobot larva merupakan salah satu dampak perlakuan HaNPV maupun SBM terhadap aktivitas biologis serangga. Gambar 2 menunjukkan bahwa baik secara individu maupun kombinasi, HaNPV dan SBM efektif menurunkan bobot larva. Perbedaan bobot larva sangat nyata terlihat antara kontrol dan perlakuan. Akibat pengaruh perlakuan, bobot larva *H. armigera* hanya mencapai ± 10 mg dibanding bobot larva pada kontrol yaitu ± 60 mg. Hal tersebut membuktikan bahwa selain mengakibatkan kematian, HaNPV dan atau SBM secara permanen menyebabkan gangguan pertumbuhan pada larva yang masih hidup. Hal tersebut erat kaitannya dengan pengaruh HaNPV maupun SBM yang menurunkan kemauan makan serangga, dan akibatnya pertumbuhan terganggu sehingga bobotnya berkurang (MA-DELING *et al.*, 2000a; GUPTA dan BIRAH, 2001; SARODE *et al.*, 1996; LINGAPPA *et al.*, 2000, PRAVEEN dan DHANDAPANI, 2001). Secara individupun HaNPV maupun SBM sudah cukup efektif menghambat pertumbuhan dan perkembangan serangga hama, apalagi jika keduanya dicampur, maka potensi pengendaliannya akan semakin meningkat.



Gambar 2. Bobot larva *H. armigera* pada hari ke-7 setelah pemberian pakan buatan

Figure 2. Weight of surviving larvae of *H. armigera* on day 7 after feeding with artificial diet

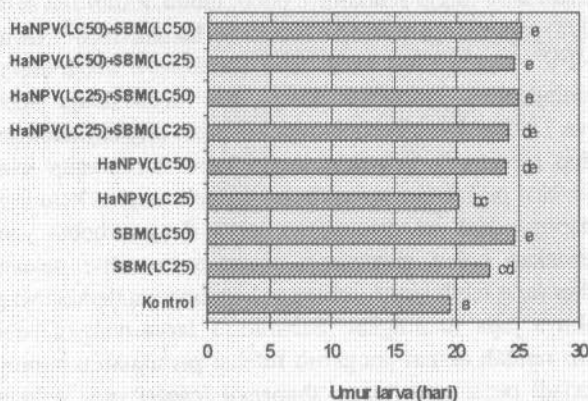
Semakin tinggi penurunan bobot larva menunjukkan semakin besar pengaruh perlakuan yang diterima, akibatnya peluang larva untuk melanjutkan perkembangan ke stadia berikutnya semakin menurun. Sebagai senyawa penghambat pertumbuhan, racun azadirachtin menghambat pembentukan hormon ecdison yaitu hormon yang mengatur proses pergantian kulit atau instar, yaitu dari kulit/instar lama menjadi kulit/instar baru. Apabila konsentrasi senyawa azadirachtin kurang optimal, maka peluang lolosnya larva menjadi pupa semakin besar, dan kemungkinan pula mortalitas terjadi pada stadia tersebut. Demikian pula jika konsentrasi azadirachtin rendah pada stadia pupa, maka pupa dapat lolos menjadi imago dengan kesuburan dan fekunditas yang rendah.

Menurunnya bobot larva merupakan pengaruh sekunder dari racun SBM yang bersifat sebagai penolak makan. ISMAN *et al.* (1990) menyatakan bahwa bobot larva yang rendah diakibatkan oleh aktivitas racun SBM yang menghambat produksi badan lemak sebagai sumber cadangan protein dalam sistem metabolisme serangga yang menentukan tinggi rendahnya bobot tubuh. RABINDRA *et al.* (1998) juga mengemukakan bahwa perlakuan 5×10^5 PIB/ml S/NPV + 0.1% SBM pada larva *Spodoptera litura* efektif meningkatkan mortalitas larva dan menurunkan bobot larva. Bobot larva berhubungan dengan tingkat kelulusan hidup (*survival*). Semakin tinggi bobot larva yang telah terinfeksi perlakuan, semakin tinggi pula tingkat kelulusan hidupnya. Hal ini disebabkan larva dengan bobot yang mendekati bobot normalnya biasanya memiliki peluang hidup yang lebih besar, sehingga kemampuan berkembangbiaknya juga meningkat. Sebaliknya larva dengan bobot lebih rendah akibat pengaruh infeksi perlakuan umumnya menjadi pupa atau imago abnormal (cacat) yang peluang kawinnya lebih kecil dibanding imago normal. Di samping itu, imago cacat biasanya juga mengalami penurunan fertilitas dan fekunditas. Meskipun berhasil kawin, jumlah telur yang dihasilkan cenderung lebih sedikit dibanding imago normal (INDRAYANI *et al.*, 2003a).

Umur Larva

Selain mempengaruhi bobot larva, perlakuan *HaNPV* atau SBM juga potensial memperpanjang umur stadia larva terinfeksi. Hal tersebut terlihat pada semua perlakuan *HaNPV* dan atau SBM. Pengaruh perlakuan *HaNPV*+SBM terhadap umur stadia larva *H. armigera* menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol (Gambar 3). Dibanding umur larva pada kontrol, umur larva pada semua perlakuan rata-rata mengalami perpanjangan ± 5 hari yaitu dari ± 20 hari pada kontrol menjadi ± 25 hari setelah diperlakukan dengan kombinasi *HaNPV* + SBM. Hal ini sesuai dengan pernyataan MA-DELING *et al.* (2000b) bahwa larva *H. armigera* yang diperlakukan dengan SBM dapat mengalami hambatan pertumbuhan hingga dua minggu lebih lama dibanding larva yang tidak diperlakukan SBM (kontrol). Demikian pula pernyataan HASSAN (1999), MURUGAN *et al.* (1999), dan SUDARSHAN-CHAKRABORTI *et al.* (1999) bahwa baik secara individu maupun kombinasi, SBM dan *S. litura* NPV (*S/NPV*) berpotensi memperpanjang umur larva ('superlarvae').

Faktor yang menyebabkan semakin lamanya umur stadia larva adalah karena adanya gangguan produksi hormon ecdison pada larva, terutama akibat pengaruh racun azadirachtin pada SBM. Hormon ecdison merupakan hormon peremajaan yang memacu terbentuknya lapisan kutikula baru pada larva untuk mengganti lapisan kutikula yang lama, sehingga larva mengalami pertumbuhan dan dapat mengubah instarnya secara normal. Selama hormon tersebut tidak terbentuk, maka larva tidak akan pernah mengalami pergantian kulit atau instar. Terlebih lagi jika konsentrasi azadirachtin yang dimakan cukup tinggi, maka



Gambar 3. Umur stadia larva *H. armigera* setelah diberi perlakuan *HaNPV*, SBM, dan kombinasinya

Figure 3. Age of surviving larvae of *H. armigera* after treated with *HaNPV*, SBM, and their combinations

selain tidak mampu melakukan perubahan instar, larva juga mengalami gangguan makan. Gangguan tersebut mengakibatkan larva terperangkap pada stadia larva yang cukup lama atau disebut 'stadia larva permanen'.

KESIMPULAN

Kombinasi terbaik konsentrasi *HaNPV*(LC₅₀)+SBM(LC₅₀) menyebabkan mortalitas larva *H. armigera* sebesar $\pm 80\%$, lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan secara sendiri-sendiri. Interaksi kedua perlakuan umumnya bersifat aditif dan sinergis. Perlakuan kombinasi *HaNPV* dan SBM juga menyebabkan penurunan bobot larva hidup ± 10 mg dan memperpanjang umur larva hidup ± 5 hari lebih lama dibanding kontrol (larva sehat).

DAFTAR PUSTAKA

- ASCHER, K.R.S. 1993. Nonconventional insecticidal effects of pesticides available from the neem tree, *Azadirachta indica*. Arch. Insect Biochem. Physiol. 22: 433-449.
- BOMAN, H.G. 1981. Insect responses to microbial infections, pp. 769-784. In: H.D. Burges (ed.). Microbial Control of Pests and Plant Diseases 1970-1980.
- COOK, S.P., R.E. WEBB, and K.W. THORPE. 1996. Potential enhancement of the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) nuclear polyhedrosis virus with the triterpene azadirachtin. Environ. Entomol. 25(5): 1209-1214.
- GUPTA, G.P. and A. BIRAH. 2001. Growth inhibitory and antifeedant effect of azadirachtin-rich formulations on cotton bollworm (*Helicoverpa armigera*). Indian Journal of Agricultural Sciences, 71 (5): 325-328.
- HARPER, J.D. 1986. Interactions between baculoviruses and other entomopathogens, chemical pesticides, and parasitoids. In: The Biology of Baculoviruses. Vol. II (Granados, R.R. and B.A. Federici, eds.), CRC Press, p. 133-155.
- HASSAN, E. 1999. The insecticidal effects of neem seed kernel extract on eggs and larvae of *Helicoverpa armigera* (Hubner). Zeitschrift fur pflanzenkrankheiten und pflanzenschutz. 106 (5): 523-529.
- INDRAYANI, IGAA., T. HADIASTONO, dan G. MUDJONO. 2003a. Dosis subletal *S/NPV* dan pengaruhnya terhadap transmisi vertikal pada larva *Spodoptera litura* F. Jurnal Penelitian Tanaman Industri. 9(2) : 55-62.
- INDRAYANI, IGAA., D. A. SUNARTO, SUBIYAKTO dan D. WINARNO. 2003b. Penelitian formulasi dan efikasi pestisida nabati untuk pengendalian hama kapas. Laporan Hasil Penelitian. 16p.

- INDRAYANI, IGAA. 2003c. Agen hayati nuclear polyhedrosis virus dan potensinya dalam mengendalikan penggerek buah kapas *Helicoverpa armigera* Hubner. Perspektif: Review Penelitian Tanaman Industri. 2 (1): 20-30.
- ISMAN, M.B., O. KOUL, A. LUEZYNSKI, and J. KAMINSKI. 1990. Insecticidal and antifeedant bioactivities of neem oils and their relationship to azadirachtin content. J. Agric. Food Chem. 38: 1407-1411.
- LINGAPPA, S., RAJENDRA-HEDGE, S.S. UDIKERI, and R. HEDGE. 2000. Efficacy of econeem with microbial insecticides against *Helicoverpa armigera* (Hubner) in cotton. Karnataka J. Agric. Sci. 13 (3): 597-600.
- MA-DELING, G. GORDH, M.P. ZALUCKI, and D.L. MA. 2000a. Survival and development of *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) on neem (*Azadirachta indica* A. Juss) leaves. Australian Journal of Entomology, 39 (3): 208-211.
- MA-DELING, G. GORDH, M.P. ZALUCKI, and D.L. MA. 2000b. Biological effects of azadirachtin on *Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) fed on cotton and artificial diet. Australian Journal of Entomology, 39 (4): 301-304.
- MCVAY, J.R., R.T. GOUDAUSKAS, and J.D. HARPER. 1977. Effects of *Bacillus thuringiensis*-nuclear polyhedrosis virus mixtures on *Trichoplusia ni* larvae. J. Invertebr. Pathol. 29: 367-372.
- MORDUE, A.J. and A. BLACKWELL. 1993. Azadirachtin: an update. J. Insect Physiol. 39: 903-924.
- MORDUE (LUNTZ), A. J., M.S.I. SIMMONDS, 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 Environment, 4 (1): 3-4.
- MURUGAN K., S., SIVARAMAKRISHNAN, N.S. KUMAR, D. JEYABALAN, and S.S. NATHAN. 1999. Potentiating effects of neem on nucleopolyhedrosis virus treatment of *Spodoptera litura* Fab. Insect Science and Its Application, 19 (2-3): 229-235.
- PRAVEEN, P.M. and N. DHANDAPANI. 2001. Consumption, digestion and utilization of biopesticides treated tomato fruits by *Helicoverpa armigera* (Hubner). J. Biological Control 15 (1): 59-62.
- RABINDRA, R.J., B. RAJASEKARAN, and S. JAYARAJ. 1998. Combined action of nuclear polyhedrosis virus and neem bitter against *Spodoptera litura* (Fabricius) larvae. J. Biological Control 11 (1-2): 5-9.
- RICHTER, A.R. and J.R. FUXA. 1984. Pathogen-pathogen and pathogen-insecticide interaction in velvetbean caterpillar (Lepidoptera: Noctuidae). J. Econ Entomol. 77: 1559-1564.
- SCHMUTTERER, H. 1990. Properties and potential of natural pesticides from the neem tree, *Azadirachta indica*. Ann. Rev. Entomol. 35: 271-297.
- SARODE, S.V., Y.S. JUMDE, R.O. DEOTALE, and H.S. THAKARE. 1996. Bioefficacy of neem seed kernel extract (NSKE) and *Heliothis* nuclear polyhedrosis virus (HNPV) against *Helicoverpa (Heliothis) armigera* (Hb) on cotton.
- SHAPIRO, M., J.L. ROBERTSON, dan R.E. WEBB. 1994. Effect of neem seed extract upon the gypsy moth (Lepidoptera: Lymantriidae) and its nuclear polyhedrosis virus. J. Econ. Entomol. 87: 356-360.
- STILES, B. and J.D. PASCHKE. 1980. Midgut pH in different instar of three *Aedes* mosquito species and the relation between pH and susceptibility of larvae to a nuclear polyhedrosis virus. J. Invertebr. Pathol. 35: 58-64.
- SUDHARSAN-CHAKRABORTI, M.L. CHATTERJEE, and S. CHAKRABORTI. 1999. Bioefficacy of azadirachtin and other neem pesticides against the pod borer, *Helicoverpa armigera* Hubn. on chickpea. J. Applied Zoological Researches, 10 (2): 118-122.
- WALTER, J.F. 1999. Commercial experience with neem products, pp. 155-170. In: F.R. Hall and J.J. Menn (eds.). Biopesticides: use and delivery. Humana, Totowa, NJ.