

Efikasi dan Persistensi Minyak Serai sebagai Biopestisida terhadap *Helicoverpa armigera* Hubn. (Lepidoptera : Noctuidae)

Hasyim, A., W. Setiawati, R. Murtiningsih, dan E. Sofiari

Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Jl. Tangkuban Parahu 517, Lembang, Bandung 40391
Naskah diterima tanggal 1 September 2010 dan disetujui untuk diterbitkan tanggal 28 Oktober 2010

ABSTRAK. *Helicoverpa armigera* merupakan hama penting pada tanaman cabai merah. Kehilangan hasil akibat serangan *H. armigera* dapat mencapai 60%. Pengendalian yang umum dilakukan adalah menggunakan insektisida secara intensif, yang dapat menimbulkan berbagai dampak negatif. Penelitian bertujuan mengetahui pengaruh berbagai konsentrasi minyak serai terhadap aktivitas biologi larva *H. armigera*. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium dan Rumah Kasa Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Lembang dari bulan Juni sampai Desember 2009 pada suhu $27 \pm 2^\circ\text{C}$ dan kelembaban 75-80%. Penelitian dilaksanakan dalam empat tahap kegiatan, yaitu pengaruh minyak serai terhadap: (1) repelensi larva *H. armigera* instar II, (2) indeks nutrisi larva *H. armigera* instar III, (3) toksisitas larva *H. armigera* instar I, II, dan III, serta (4) persistensi minyak serai dalam pakan *H. armigera* dan pengaruhnya terhadap mortalitas larva *H. armigera* instar III. Rancangan percobaan yang digunakan ialah acak kelompok yang terdiri atas enam perlakuan dengan empat ulangan. Penelitian menggunakan metode pencelupan (*dipping methods*). Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak serai dapat digunakan sebagai penolak larva *H. armigera* instar II, dengan tingkat repelensi kelas II (20-40%) dan kelas III (40-60%). Aplikasi minyak serai pada konsentrasi 3.000-5.000 ppm dalam pakan dapat menurunkan laju konsumsi relatif, laju pertumbuhan relatif, efisiensi konversi makanan yang dicerna dan yang dimakan, serta dapat menghambat makan larva *H. armigera* sebesar 50%. Penggunaan minyak serai dapat menurunkan bobot pupa *H. armigera* jantan dan betina. Nilai LC_{50} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut ialah 12.795,45, 8.327,42, dan 3.324,89 ppm, sedang nilai LC_{95} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut sebesar 10.564,59, 12.535,12, dan 4.725,30 ppm. Residu minyak serai dalam pakan *H. armigera* hanya berkisar antara 1-4 hari setelah pemaparan atau pada 5 HSP toksisitas menurun drastis. Minyak serai sebagai insektisida nabati mempunyai tingkat persistensi yang relatif rendah. Hasil penelitian menunjukkan bahwa, minyak serai dapat digunakan sebagai insektisida yang potensial untuk dikembangkan secara komersial dan ramah lingkungan dalam rangka pengendalian *H. armigera*.

Katakunci: *Helicoverpa armigera*; Minyak serai; Penghambat makan; Biopestisida; Penolak; Toksisitas; Persistensi.

ABSTRACT. Hasyim, A., W. Setiawati, R. Murtiningsih, and E. Sofiari. 2010. Efficacy and Persistence of Citronella Oil as a Biopesticide Against *Helicoverpa armigera* Hubn.. The fruit borer, *Helicoverpa armigera* (Hubn.) is one of the key pests of chili pepper in Indonesia. Yield loss due to this insect pest is up to 60%. The chemical treatment for controlling this insect pest is ineffective and eventually leads to environmental pollution. Studies were conducted to assess the biological activity of citronella oil against tomato fruit worm, *H. armigera* from June to December 2009 at the Laboratory and the Screenhouse at Indonesian Vegetables Research Institute. All the bioassays were conducted under controlled environmental conditions ($27 \pm 2^\circ\text{C}$ and 75-80% RH). Four bioassay steps were performed, i.e. the effect of citronella oil on percentage repellency of second instar larvae of *H. armigera*, the antifeedant effect of citronella oil against third instar larvae of *H. armigera*, toxicity of citronella oil on first, second, and third instar larvae of *H. armigera* and persistence of citronella oil and its effect of mortality of *H. armigera*. The results indicated that citronella oil significantly repelled to second larvae of *H. armigera* with the repellency level of relative lowest II (20-40%) and III (40-60%). Applications of citronella oil at 3,000 until 5,000 ppm concentrations reduced the food consumption index, growth rate, approximate digestability, efficiency of conversion of digested food and feeding deterrent was reduced by 50%. Citronella oil significantly decreased the growth and the development of both pupal male and female of *H. armigera*. The percentage of mortality rate varied significantly among the *H. armigera* larvae tested and the values of LC_{50} for first, second, and third larvae instar of *H. armigera* were 12,795.45, 8,327.42, and 3,324.89 ppm, respectively. Meanwhile LC_{95} value at the first, second, and third larvae instar of *H. armigera* were 10,564.59, 12,535.12, and 4,725.30 ppm, respectively. Residual activity of citronella oil were found to be moderately toxic to *H. armigera*. The residue of citronella on food *H. armigera* was about 1-4 days after treatment. However, toxicity decreased significantly after 5 days. These results clearly showed that citronella oil was not persistent to the environment due to its volatile nature. These results suggested that the application of citronella oil is potential to be used as an ideal eco-friendly approach for the control of the agricultural pests *H. armigera*.

Keywords: *Helicoverpa armigera*; Citronella oil; Antifeedant; Biopesticide; Repellent; Toxicity; Persistence.

Hama penggerak buah, *Helicoverpa armigera* salah satu hama penting pada tanaman cabai Hubn. (Lepidoptera : Noctuidae) merupakan merah. Kehilangan hasil karena serangan hama

tersebut dapat mencapai 60% (Luther *et al.* 2007). Dalam upaya memperkecil kerugian ekonomi akibat serangan *H. armigera*, para petani masih mengandalkan penggunaan insektisida yang dilakukan secara terjadwal. Petani umumnya mencampur 2-6 jenis insektisida dan melakukan penyemprotan sebanyak 21 kali per musim tanam (Adiyoga 2007). Dari pengalaman di lapangan diketahui bahwa penggunaan insektisida terbukti kurang efektif untuk pengendalian populasi *H. armigera*, karena insektisida yang digunakan biasanya hanya mampu mematikan larva, sedangkan larva *H. armigera* terlindung di dalam buah. Berbagai hasil penelitian melaporkan bahwa, *H. armigera* resisten terhadap insektisida dari golongan piretroid sintetik, organofosfat, dan karbamat (Ahmad *et al.* 1997, Ahmad *et al.* 2001, Ahmad 2007, Torres-Vila *et al.* 2002, Ramasubramanian dan Regupathy 2004, Chaturvedi 2007). Oleh sebab itu, perlu dicari insektisida alternatif untuk mensubstitusi insektisida kimia. Insektisida alternatif tersebut harus efektif, dapat mengurangi pencemaran lingkungan, dan harganya relatif murah. Salah satu alternatif yang mempunyai prospek untuk dikembangkan ialah dengan memanfaatkan berbagai senyawa kimia alami yang berasal dari tumbuhan (Schmutterer 1990, Musabyimana *et al.* 2001). Tumbuhan yang berasal dari alam yang potensial sebagai sumber insektisida, umumnya mempunyai karakteristik rasa pahit (mengandung alkaloid dan terpen), berbau busuk, dan berasa agak pedas. Tumbuhan tersebut jarang atau tidak pernah diserang oleh hama dan banyak digunakan petani sebagai ekstrak pestisida hayati dalam pertanian organik.

Beberapa jenis tumbuhan yang banyak diteliti dan diketahui efektif untuk mengendalikan *H. armigera* dan serangga noctuidae lainnya antara lain biji dan daun nimba (*Azadirachta indica*) (Subiakto 2009), kulit buah jeruk (*Citrus sinensis*), biji selasih (*Ocimum canum*) (Kamaraj *et al.* 2008), kulit batang bakau (*Rhizophora mucronata*), biji daun gamal (*Gliricidia sepium*), ranting dan kulit batang pacar cina (*Aglai odorata*), umbi gadung (*Dioscorea hispida*), daun tembakau (*Nicotiana tabacum*), biji srikaya, (*Annona squamosa*), biji nona seberang (*Annona glabra*), akar tuba (*Derris eliptica*), bunga piretrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), biji dan daun mindi (*Melia azadirach*), daun sirih hutan (*Piper sp.*), biji jarak (*Ricinus communis*),

dan daun pepaya (*Carica papaya*) (Setiawati *et al.* 2010, Pattnaik *et al.* 2006). Tumbuhan lain yang mempunyai prospek untuk dikembangkan sebagai insektisida di Indonesia ialah serai wangi (*Cymbopogon nardus*). Setiawati *et al.* (2010) melaporkan bahwa, kandungan yang terdapat pada minyak serai terdiri atas 37 jenis senyawa. Kandungan yang paling besar ialah sitronela (35,97%), nerol (17,28%), sitronelol (10,03%), *geranyle acetate* (4,44%), elemol (4,38%), limonen (3,98%), dan *citronellyle acetate* (3,51%). Senyawa sitronela mempunyai sifat racun dehidrasi (*desiccant*). Racun tersebut merupakan racun kontak yang dapat mengakibatkan kematian karena kehilangan cairan terus menerus. Serangga yang terkena racun ini dapat mati karena mengalami kekurangan cairan. Jantan dan Zaki (2001) melaporkan bahwa minyak serai dapat digunakan sebagai pengusir nyamuk, larvisida untuk *Spodoptera frugiperda* (Labinas dan Crocomo 2002), bersifat toksik terhadap hama-hama gudang, seperti *Sitophilus oryzae*, *S. zeamay*, dan *Callosobruchus maculatus* (Adedire dan Ajayi 1996, Paranagama *et al.* 2003 dan 2004, Nakahara *et al.* 2005, Peterson dan Coats 2001), dan dapat digunakan sebagai antibakteri dan anticendawan (Nakahara *et al.* 2003, Pattnaik *et al.* 2006). Chois *et al.* (2004) melaporkan bahwa minyak serai juga dapat digunakan sebagai akarisisida untuk mengendalikan tungau.

Penelitian bertujuan mengetahui efikasi dan persistensi minyak serai sebagai bahan penolak, larvisida, dan anti-*feedant* *H. armigera*. Penelitian diharapkan dapat menghasilkan insektisida botani yang berfungsi sebagai penolak, larvisida, dan anti-*feedant*, sehingga dapat digunakan untuk mengendalikan hama *H. armigera* sebagai salah satu alternatif untuk mengurangi kebergantungan petani terhadap insektisida sintetik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di Laboratorium dan Rumah Kasa Balai Penelitian Tanaman Sayuran Lembang pada suhu $27 \pm 2^\circ\text{C}$ dan kelembaban 75-80%, mulai bulan Juni sampai Desember 2009.

Pemeliharaan *H. armigera*

Larva *H. armigera* diambil dari pertanaman cabai merah di sekitar Lembang dan diperbanyak di

Laboratorium dan Rumah Kasa Hama Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Larva dipelihara dalam botol koleksi dan diberi pakan alami (jagung). Setelah larva memasuki instar akhir atau sudah terbentuk pupa, serangga dipindahkan ke dalam stoples plastik yang diberi larutan madu 10% sebagai makanan imago. Untuk *rearing* massal dimasukkan 10 pasang imago umur 1-3 hari ke dalam stoples plastik (50 x 50 x 50 cm) dilapisi kertas saring dan ditutup kasa sebagai tempat peletakan telur dan diberi larutan madu 10% sebagai makanan imago. Larva instar I, II, dan III dari hasil perbanyakan digunakan sebagai bahan penelitian.

Efikasi Minyak Serai sebagai Repelen Larva *H. armigera* Instar II

Metode penelitian yang digunakan ialah *filter paper method* menurut Obeng et al. (1998). Pada penelitian ini digunakan kertas saring Whatman nomor 1 ukuran 22 cm. Masing-masing kertas saring dibagi menjadi dua bagian, satu bagian ditetesi dengan minyak serai pada konsentrasi 100%, 5.000, 4.000, 3.000, 2.000, dan 1.000 ppm ditambah 0,05% Tween 20 dan satu bagian lagi ditetesi air + 0,05% Tween 20 sebagai kontrol. Kertas saring dikeringanginkan dan masing-masing ditempatkan dalam petridish sesuai dengan perlakuan. Masing-masing 10 ekor larva *H. armigera* instar II ditempatkan di tengah-tengah kertas saring, kemudian petridish ditutup. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak empat kali. Pengamatan ketertarikan larva *H. armigera* instar II dilakukan pada 1, 3, 6, 12, dan 24 jam setelah perlakuan (JSP). Persentase repelensi dihitung menggunakan rumus (Inyang dan Emosairue 2005) :

$$\text{Repelensi} = \frac{NC - NT}{NC + NT} \times 100\%$$

di mana:

NC = jumlah larva *H. armigera* yang terdapat pada kontrol,

NT = jumlah *H. armigera* yang terdapat pada perlakuan.

Untuk menentukan tingkatan repelensi digunakan kriteria sebagai berikut :

- Kelas 0 = Repelensi < 0,1%
- Kelas I = Repelensi 0,1-20%
- Kelas II = Repelensi 20,1-40%
- Kelas III = Repelensi 40,1-60%
- Kelas IV = Repelensi 60,1-80%
- Kelas V = Repelensi 80,1-100%.

Efikasi Minyak Serai terhadap Indeks Nutrisi Larva *H. armigera* Instar III

Konsentrasi minyak serai yang digunakan adalah (5.000, 4.000, 3.000, 2.000, dan 1.000 ppm ditambah 0,05% Tween 20) dan kontrol (air + 0,05% Tween 20). Jagung muda (*baby corn*) (± 3 cm) dicelupkan ke dalam larutan minyak serai sesuai dengan perlakuan selama 10 detik dan dikeringanginkan. Makanan tersebut dimasukkan ke dalam botol uji (diameter 3 cm, tinggi 5 cm). Larva *H. armigera* masing-masing sebanyak 10 ekor dimasukkan ke dalam botol uji secara terpisah dan diulang sebanyak empat kali. Parameter indeks nutrisi larva dihitung 24 JSP. Perhitungan indeks nutrisi berdasarkan metode Waldhauer (1968) sebagai berikut :

- Laju pertumbuhan relatif = G/TA (mg/mg/hari)
- Laju konsumsi relatif = F/TA (mg/mg/hari)
- Efisiensi konversi makanan yang dicerna = $G/F - E \times 100\%$
- Efisiensi konversi makanan yang dimakan = $G/F \times 100\%$
- Perkiraan makanan yang dicerna = $F - E/F \times 100\%$

Keterangan :

G = Pertambahan berat larva selama periode makan (selisih berat awal larva dan berat akhir larva),

F = Jumlah makanan yang dikonsumsi,

T = Lamanya waktu makan,

E = Berat feses,

A = Berat rerata larva selama periode makan ($\frac{\text{berat awal larva} + \text{berat akhir larva}}{2}$)

Untuk mengetahui penghambat makan (*feeding deterrent*) dihitung menggunakan rumus:

$$\text{Penghambat Makan (FD)} = 1 - \frac{\text{Berat makanan yang dimakan pada perlakuan}}{\text{Berat makanan yang dimakan pada kontrol}} \times 100\%$$

Pengujian Toksisitas (LC₅₀) Minyak Serai terhadap Larva *H. armigera* Instar I, II, dan III

Metode yang digunakan ialah metode IRAC No. 7 (IRAC 2008). Konsentrasi yang digunakan ialah 5.000, 4.000, 3.000, 2.000, dan 1.000 ppm ditambah 0,05% Tween 20, dan kontrol (air + 0,05% Tween 20). Jagung muda (± 3 cm) dicelupkan ke

dalam larutan minyak serai sesuai dengan perlakuan selama 10 detik dan dikeringanginkan. Makanan tersebut dimasukkan ke dalam botol uji (diameter 3 cm, tinggi 5 cm). Larva *H. armigera* masing-masing sebanyak 10 ekor dimasukkan ke dalam botol uji secara terpisah dan diulang sebanyak empat kali. Pengamatan mortalitas larva dilakukan pada 24, 48, 72, 96, dan 120 JSP. Data mortalitas larva dianalisis menggunakan analisis Probit (Finney 1971). Rerata persentase kematian serangga dikoreksi menggunakan rumus Abbot (Busvine 1971) sebagai berikut:

$$P = \frac{Po - Pc}{100 - Pc} \times 100\%$$

P = Persentase banyaknya serangga yang mati setelah dikoreksi,

Po = Persentase banyaknya serangga yang mati karena perlakuan insektisida,

Pc = Persentase banyaknya serangga yang mati pada kontrol (mortalitas alami).

Pengujian Persistensi Minyak Serai dalam Pakan dan Pengaruhnya terhadap Mortalitas Larva *H. armigera*

Jagung muda (\pm 3 cm) dicelupkan ke dalam larutan minyak serai pada konsentrasi 2.000 ppm (tidak menimbulkan fitotoksis pada tanaman) selama 10 detik dan dikeringanginkan. Makanan tersebut dimasukkan ke dalam botol uji (diameter 3 cm, tinggi 5 cm). Pada 1, 2, 3, 4, 5, 6, dan 7 hari setelah aplikasi (HSA), masing-masing 10 ekor larva *H. armigera* dimasukkan pada botol uji. Setiap perlakuan diulang empat kali. Pengamatan dilakukan terhadap mortalitas larva *H. armigera*.

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan pada setiap kegiatan ialah acak kelompok terdiri atas enam perlakuan termasuk kontrol dengan empat ulangan. Data peubah pengamatan dianalisis dengan sidik ragam, jika terdapat perbedaan pengaruh perlakuan yang nyata maka dilanjutkan dengan uji lanjut DMRT pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Repelensi Larva *H. armigera* Instar II

Hasil pengamatan terhadap repelensi larva *H. armigera* instar II disajikan pada Tabel

1 dan 2, dan Gambar 1. Tingkat repelensi menunjukkan perbedaan yang nyata antarwaktu pengamatan. Pada pengamatan 1 dan 3 JSP, terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan yang diuji. Minyak serai pada semua konsentrasi yang diuji menunjukkan aktivitas sebagai penolak *H. armigera* instar II, namun nilai repelensinya berbeda. Minyak serai murni (100%) dan minyak serai pada konsentrasi 5.000 ppm mempunyai nilai repelensi tertinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Namun pada pengamatan selanjutnya nilai repelensi menurun dan tidak menunjukkan perbedaan yang nyata pada pengamatan 6 dan 12 JSP. Pada 24 JSP, nilai repelensi tertinggi terjadi pada minyak serai pada konsentrasi 1.000-3.000 ppm. Hasil pengujian menunjukkan bahwa, minyak serai mempunyai kemampuan menolak serangga *H. armigera*. Persentase repelensi dipengaruhi oleh konsentrasi dan lama pemaparan. Jantan dan Zaki (2001) dan Labinas dan Crocoma (2002) menyatakan bahwa sitronela yang terdapat dalam minyak serai dapat digunakan sebagai penolak serangga dan konsentrasi 1,0 % efektif menekan hama *S. frugiperda*.

Dilihat dari tingkat repelensi, tingkat terendah (kelas) II diperoleh pada konsentrasi 1.000 dan 4.000 ml/l. Hasil penelitian ini kurang menggambarkan kemampuan menolak dari minyak serai terhadap larva *H. armigera* instar II. Obeng *et al.* (1998) menyatakan bahwa penggunaan *filter paper* sebagai bahan penelitian mempunyai permukaan polar, sehingga minyak serai yang digunakan cepat terurai dan dapat mengurangi volatilisasi. Akibatnya kemampuan menolak/repelen dari minyak serai terhadap larva *H. armigera* berkurang.

Pengaruh Minyak Serai terhadap Laju Konsumsi Relatif (RCR), Laju Pertumbuhan Relatif (RGR), dan Penghambat Makan Larva *H. armigera*

Dari Tabel 3 dapat dilihat bahwa pemberian minyak serai melalui pakan *H. armigera* dapat menurunkan laju konsumsi relatif (RCR), laju pertumbuhan relatif (RGR), dan dapat berfungsi sebagai penghambat makan larva *H. armigera* instar III. Penurunan nilai RCR dan RGR berhubungan dengan konsentrasi minyak serai yang digunakan. Semakin tinggi konsentrasi minyak serai yang digunakan, maka semakin rendah nilai RCR dan RGR diperoleh. Minyak

Tabel 1. Rerata nilai repelensi *H. armigera* instar II akibat perlakuan minyak serai pada berbagai pengamatan (*Repellency value of citronella oil obtained of different exposure period the second instar larvae of H. armigera*)

Konsentrasi minyak serai (<i>Citronella oil concentration</i>)	Rerata nilai repelensi setelah ... (<i>Mean percentage repellency values after ...</i>), % JSP (<i>HAT</i>)				
	1	3	6	12	24
100%	50,00 a	65,74 a	19,05 a	22,22 a	30,16 b
5.000 ppm	59,79 a	30,16 bc	30,16 a	19,05 a	50,00 b
4.000 ppm	11,11 b	25,00 c	36,11 a	27,78 a	49,21 b
3.000 ppm	11,11 b	59,79 ab	30,16 a	46,83 a	59,79 a
2.000 ppm	30,16 b	33,33 abc	40,74 a	60,71 a	59,26 ab
1.000 ppm	33,33 ab	41,27 abc	30,16 a	38,89 a	54,92 ab

JSP (*HAT*) = Jam setelah perlakuan (*Hours after treatment*)

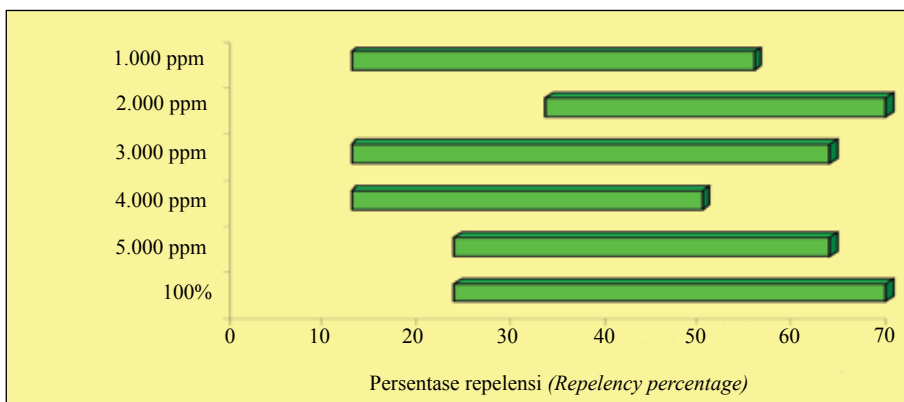
Tabel 2. Tingkat repelensi minyak serai terhadap *H. armigera* (*Repellency classis of citronella oil against H. armigera*)

Konsentrasi minyak serai (<i>Citronella oil concentration</i>)	Instar II (<i>Second instar</i>)	
	Repelensi (<i>Repellency</i>), %	Kelas (<i>Class</i>)
100%	41,42	III
5.000 ppm	42,19	III
4.000 ppm	32,29	II
3.000 ppm	43,04	III
2.000 ppm	48,67	III
1.000 ppm	35,37	II

serai pada konsentrasi 5.000 ppm mampu menghasilkan nilai RCR dan RGR terendah masing-masing sebesar 1,4758 dan 1,4185 serta berbeda nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Menurunnya jumlah makanan yang dikonsumsi oleh larva *H. armigera* disebabkan

oleh adanya kandungan senyawa alelokimia dalam minyak serai yang bersifat toksik. Pada awalnya minyak serai tidak memengaruhi jumlah makanan yang dikonsumsi, namun setelah tubuh merasa terganggu, biasanya serangga melakukan respons kompensasi dengan cara mengurangi jumlah pakan yang dikonsumsi. Penurunan tersebut terjadi karena larva menetralkan racun yang ada. Sebagian energi yang seharusnya dipergunakan untuk proses pertumbuhan dialokasikan untuk menetralkan racun (Sahayaraj *et al.* 2008).

Bobot makanan yang dikonsumsi oleh larva *H. armigera* berbeda pada tiap perlakuan yang diuji, semakin tinggi konsentrasi minyak serai yang digunakan, maka semakin sedikit bobot makanan yang dikonsumsi. Dari hasil perhitungan penghambat makan (*feeding deterrent*) dapat dilihat bahwa pada konsentrasi 5.000 ppm, tingkat penghambat makan mencapai 50,58%



Gambar 1. Kisaran persentase repelensi minyak serai terhadap larva *H. armigera* instar II (*Approximate range of repellencies percentage of citronella oil against the second instar larvae of H. armigera*)

Tabel 3. Pengaruh penggunaan minyak serai terhadap laju konsumsi relatif, laju pertumbuhan relatif, dan penghambat makan *H. armigera* (The effect of citronella oil on relative consumption rate, relative growth rate, and feeding deterrent of *H. armigera*)

Konsentrasi minyak serai (<i>Citronella oil concentration</i>)	Laju konsumsi relatif (<i>Relative consumption rate</i>) mg/hari (hour)	Laju pertumbuhan relatif (<i>Relative growth rate</i>) mg/hari (hour)	Penghambat makan (<i>Feeding deterrent</i>) %
5.000 ppm	1,4758 b	1,4185 b	51,58 a
4.000 ppm	1,4665 b	1,7845 b	48,48 ab
3.000 ppm	1,5240 b	1,7011 b	32,03 ab
2.000 ppm	1,7221 b	1,9287 a	28,51 b
1.000 ppm	1,7183 b	1,9608 a	24,89 b
Kontrol (<i>Control</i>)	2,0388 a	1,9833 a	-

dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan perlakuan minyak serai pada konsentrasi 1.000 dan 2.000 ppm yang hanya mampu menghambat makan larva *H. armigera* masing-masing sebesar 24,89 dan 28,51%. Simpson dan Simpson (1990) menyatakan bahwa senyawa alelokimia yang terdapat pada makanan serangga memengaruhi pertumbuhan dan aktivitas makan serangga dan pada akhirnya menurunkan keberhasilan hidup serangga. Hasil ini sejalan dengan hasil penelitian yang dilakukan oleh Sahayaraj *et al.* (2008) pada ekstrak tanaman *Pedaliium murex* untuk *Spodoptera litura*.

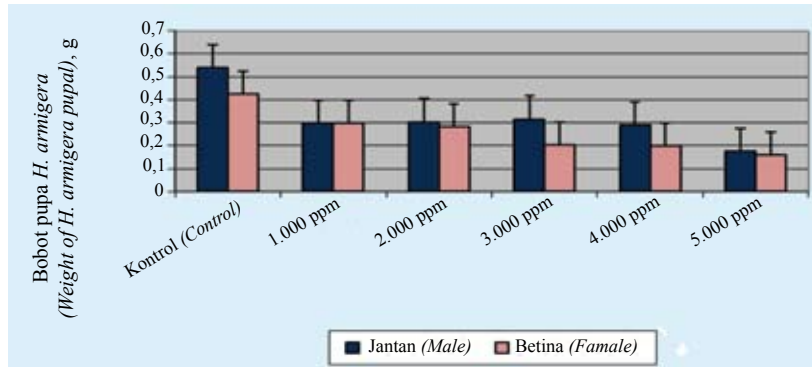
Dari Tabel 4, dapat dilihat bahwa nilai *approximate digestability* (AD) meningkat mulai pada konsentrasi 3.000 ppm dan berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol. Simpson dan Simpson (1990) menyatakan bahwa larva serangga dapat meningkatkan kemampuannya dalam mencerna makanan (AD) bila terdapat senyawa toksik dalam tubuhnya. Penurunan *efficiency of conversion of*

digested food (ECD) sudah terjadi pada konsentrasi 1.000 ppm dan menunjukkan perbedaan yang nyata bila dibandingkan dengan kontrol. Penurunan ECD semakin besar sejalan dengan meningkatnya konsentrasi minyak serai yang diberikan. Penurunan ECD diikuti pula oleh penurunan ECI (*efficiency of conversion of ingested food*). Berdasarkan Tabel 3 dan 4 tersebut dapat dinyatakan bahwa konsentrasi minyak serai yang menyebabkan pengaruh optimal terhadap larva *H. armigera* yaitu pada konsentrasi 3.000-5.000 ppm.

Adanya senyawa kimia yang bersifat toksik yang dikonsumsi serangga dapat memengaruhi jumlah dan laju konsumsi, sehingga memengaruhi laju pertumbuhan, bobot akhir, dan kesintasan larva. Apabila makanan yang dikonsumsi mengandung senyawa toksik, maka larva *H. armigera* tidak mencapai bobot yang sesuai untuk menjadi pupa. Dari Gambar 2, dapat diketahui bahwa semakin tinggi konsentrasi minyak serai yang digunakan, maka bobot pupa yang diperoleh juga semakin

Tabel 4. Pengaruh penggunaan minyak serai terhadap perkiraan jumlah makanan yang dicerna, efisiensi konversi makanan yang dicerna, dan efisiensi konversi makanan yang dimakan larva *H. armigera* instar III (The effect of citronella oil on AD, ECD, and efficiency of conversion of ingested food (ECI) on third instar larvae of *H. armigera*)

Konsentrasi minyak serai (<i>Citronella oil concentration</i>)	AD	ECD	ECI
%		
5.000 ppm	71,03 a	19,17 b	18,94 b
4.000 ppm	70,21 a	18,82 b	19,82 b
3.000 ppm	70,86 a	18,92 b	20,20 b
2.000 ppm	62,37 b	19,28 b	22,79 a
1.000 ppm	61,59 b	19,43 b	23,07 a
Kontrol (<i>Control</i>)	58,48 b	28,62 a	24,32 a



Gambar 2. Pengaruh penggunaan minyak serai terhadap bobot pupa *H. armigera* (*The effect of citronella oil on weight of H. armigera pupal*)

rendah baik untuk pupa jantan maupun pupa betina. Bobot pupa jantan pada kontrol dapat mencapai 0,5396 g (jantan) dan 0,4255 g (betina), sedang pada perlakuan minyak serai konsentrasi 5.000 ppm bobot pupa jantan hanya mencapai 0,1735 g dan betina sebesar 0,1576 g. Terjadi pengurangan bobot pupa akibat perlakuan minyak serai sebesar 67,85% (jantan) dan 62,96% (betina).

Toksikitas Minyak Serai terhadap Larva *H. armigera*

Hasil perhitungan nilai LC_{50} minyak serai pada berbagai instar larva *H. armigera* disajikan pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa untuk masing-masing stadia larva *H. armigera* memiliki kepekaan yang berbeda terhadap minyak serai, nilai LC_{50} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut ialah 12.795,45, 8.327,42, dan 3.324,89 ppm, sedangkan nilai LC_{95} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut ialah 10.564,59, 12.535,12, dan 4.725,30 ppm.

Dari hasil perhitungan tersebut dapat dilihat bahwa minyak serai lebih efektif bila diberikan pada larva *H. armigera* instar III. Hal ini diduga berhubungan dengan jumlah makanan yang dikonsumsi. Semakin banyak jumlah makanan yang dikonsumsi, maka semakin

banyak minyak serai yang masuk ke dalam tubuh larva *H. armigera*. Ahmad (2007) menyatakan bahwa, penggunaan insektisida nabati pada konsentrasi yang tinggi dapat mengakibatkan kematian pada serangga yang disebabkan oleh rendahnya makanan yang dikonsumsi, maka sistem pencernaan dan penghambat pertumbuhan serangga terganggu, sedang pemberian insektisida nabati pada konsentrasi rendah biasanya tidak mampu mematikan serangga namun dapat mempercepat terjadinya malformasi.

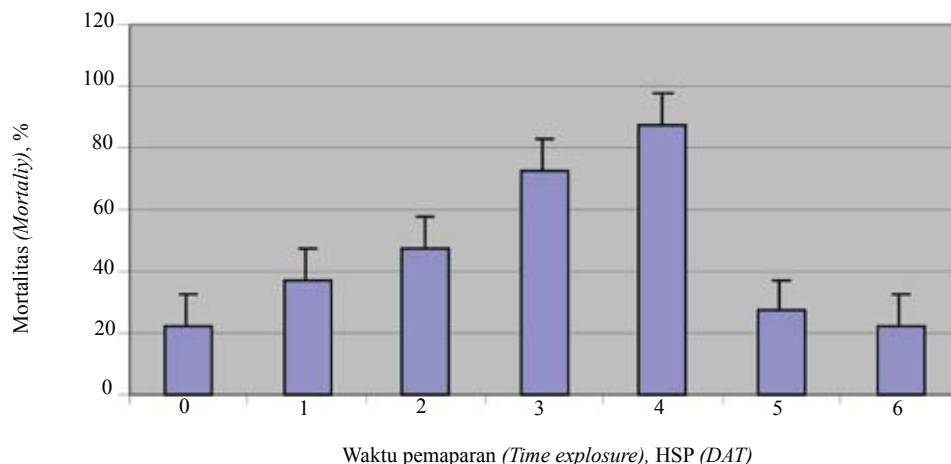
Dilihat dari nilai kemiringan garis regresi, larva *H. armigera* instar III memiliki nilai tertinggi sebesar $6,40 \pm 0,87$ dibandingkan dengan instar I ataupun II. Semakin besar nilai kemiringan, maka tanggap populasi terhadap insektisida semakin homogen. Pada populasi yang homogen kepekaan setiap individu terhadap insektisida relatif sama (Himawati 2003).

Persistensi Minyak Serai pada Pakan *H. armigera* dan Pengaruhnya terhadap Mortalitas Larva *H. armigera* Instar III

Hasil pengamatan terhadap mortalitas larva *H. armigera* instar III akibat perlakuan residu minyak serai (2.000 ppm) yang diberikan melalui

Tabel 5. Nilai LC_{50} dan LC_{95} minyak serai pada beberapa instar larva *H. armigera* 5 HSP (*Toxicity of citronella oil against H. armigera* 5 DAT)

<i>H. armigera</i>	LC_{50} ppm	LC_{95} ppm	Slope
Instar I	12.795,45	10.564,59	$1,52 \pm 0,52$
Instar II	8.327,42	12.535,12	$1,75 \pm 0,49$
Instar III	3.324,89	4.725,30	$6,40 \pm 0,87$



Gambar 3. Persistensi minyak serai pada pakan *H. armigera* dan pengaruhnya terhadap mortalitas larva *H. armigera* instar III (Persistence of citronella oil on mortality of the third instar larvae of *H. armigera*)

pakan *H. armigera* disajikan pada Gambar 3. Dari Gambar tersebut dapat dilihat bahwa mortalitas larva *H. armigera* terus meningkat sejalan dengan lamanya pemaparan dan mencapai puncaknya pada 4 hari setelah pemaparan (HSP). Pada 5 dan 6 HSP, mortalitas larva *H. armigera* menurun kembali. Hasil pengamatan tersebut menunjukkan bahwa residu minyak serai/lamanya minyak serai yang terdapat dalam pakan *H. armigera* hanya berkisar antara 1-4 HSP. Minyak serai sebagai insektisida nabati mempunyai tingkat persistensi yang relatif rendah. Pada 5 HSP toksisitas menurun drastis. Oleh sebab itu, interval aplikasi minyak serai di lapangan dianjurkan 7 hari sekali. Isman (2000) menyatakan bahwa minyak serai tersusun dari berbagai campuran aroma (*odorous*) dan berbagai senyawa yang mudah menguap, sehingga cepat terurai di lingkungan. Dengan demikian, petani masih dapat mengaplikasikannya beberapa hari sebelum panen, karena aman terhadap lingkungan. Hal ini sejalan dengan Dekeyser (2005) yang menyatakan bahwa insektisida generasi baru harus mempunyai sifat selektif terhadap organisme bukan sasaran dan nonpersisten terhadap lingkungan.

KESIMPULAN

1. Minyak serai dapat digunakan sebagai penolak larva *H. armigera* instar II dengan tingkat repelensi termasuk kriteria kelas II (20-40%) dan kelas III (40-60%).

2. Penggunaan minyak serai pada konsentrasi 3.000-5.000 ppm yang diaplikasikan pada pakan larva *H. armigera* dapat menurunkan laju konsumsi relatif dan laju pertumbuhan relatif, efisiensi konversi makanan yang dicerna, dan efisiensi konversi makanan yang dimakan larva *H. armigera*, serta dapat menghambat makan larva *H. armigera* sebesar 50%.
3. Penggunaan minyak serai dapat menurunkan bobot pupa *H. armigera* jantan dan betina.
4. Nilai LC_{50} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut adalah 12.795,45, 8.327,42, dan 3.324,89 ppm, sedang nilai LC_{95} untuk larva *H. armigera* instar I, II, dan III berturut-turut ialah 10.564,59, 12.535,12, dan 4.725,30 ppm.
5. Residu minyak serai yang terdapat dalam pakan *H. armigera* berkisar antara 1-4 HSP. Minyak serai sebagai insektisida nabati mempunyai tingkat persistensi yang relatif rendah.

PUSTAKA

1. Adedire, C.O. and T.S. Ajayi. 1996. Assessment of the Insecticidal Properties of Some Plant Extracts as Grain Protectants Against the Maize Weevil *Sitophilus zeamais* Motschulsky. Nigeria *J. of Entomol.* 13:9-101
2. Adiyoga, W. 2007. Overview of Production, Consumption, and Distribution Aspects of Hot Pepper in Indonesia. *Annual Report Indonesian Vegetables Research Institute*. Unpublished Report. 34 pp.

3. Ahmad, M., M.I. Arif, and M. R. Attique. 1997. Pyrethroid Resistance of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera, Noctuidae) in Pakistan. *Bull. Entomol. Res.* 87:343-347.
4. _____, and Z. Ahmad. 2001. Resistance to Carbamate Insecticides in *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) in Pakistan. *Crop Protection.* 20:427-432.
5. _____. 2007. Insecticide Resistance Mechanism and Their Management in *Helicoverpa armigera* (Hubner) A Review. *J. Agric. Res.* 45(4):319-35.
6. Busvine, J. R. 1971. *A Critical Review of the Techniques for Testing Insecticides.* Commonwealth Agricultural Bureau, London. 345 pp.
7. Chaturvedi, I. 2007. Status Insecticide Resistance in the Cotton Boll Worm, *Helicoverpa armigera* (Hubner). *J. Cent. Eur. Agric.* 8(2):171-182
8. Chois, W., S. Lee., H. Park, and Y. Ahn. 2004. Toxicity of Plant Essential Oils to *Tetranychus urticae* (Acari: Tetranychidae) and *Phytoseiulus persimilis* (Acari: Phytoseiidae). *J. Econ. Entomol.* 97:553-558.
9. Dekeyser, M.A. 2005. Acaricide Mode of Action. *Pest Manage. Sci.* 61:103-110.
10. Finney, D.J. 1971. *Probit Analysis (3rd Edition).* Cambridge University Press, Cambridge, UK. 350 pp.
11. Himawati., M.K. 2003. Toksisitas Metoksifenozida terhadap *Helicoverpa armigera*. *Agrosains.* 5(1):40- 47.
12. Inyang, U.E. and S.O. Emosairue. 2005. Laboratory Assessment of the Repellent and Antifeedant Properties of Aqueous Extract of 13 Plant Against the Banana Weevil *Cosmopolites sordidus* Germar (Coleoptera: Curculionidae). *Tropical and Subtropical Agroecosystems.* 5:33-44.
13. Isman, M.B. 2000. Plant Essential Oils for Pest and Diseases Management. *Crop Prot.* 19:603-608.
14. IRAC. 2008. IRAC. Susceptibility Test Methods Series. Insecticide Resistance Action Commite. www.Irac-online.org. [4 Agustus 2008].
15. Jantan, I. and Z.M. Zaki. 2001. Evaluation of Smoke from Mosquito Coils Containing Malaysian Plants Against *Aedes aegypti*. *Fitoterapia.* 70:237-243.
16. Kamaraj, C., A.A. Rahuman, and A. Bagavan. 2008. Screening for Antifeedant and Larvicidal Activity of Plant Extracts Against *Helicoverpa armigera* (Hübner), *Sylepta derogata* (F.) and *Anopheles stephensi* (Liston). *Parasitol. Res.* 103(6):1361-368.
17. Labinas, A.M. and W.B. Crocomo 2002. Effect of Java Grass (*Cymbopogon winterianus* Jowitt) Essential Oil on Fall Armyworm *Spodoptera frugiperda* (J.E. Smith) (Lepidoptera, Noctuidae). *Maringa.* 24(5):1401-1405.
18. Luther, G., M. Palada., T.C. Wang, A. Dibyantoro, J. Maryono, M. Ameriana, Sutoyo, and D. Bimantoro. 2007. Chilli Integrated Diseases Management Rapid Rural Appraisal in Central Java, Indonesia. 5-15 March 2007. AVRDC-the World Vegetable Center. 61 pp.
19. Musabyimana, T., R.C. Saxena, E.W. Kairu, C.P.K.O. Ogol, and Z.R. Khan. 2001. Effects of Neem Seed Derivatives on Behavioral and Physiological Responses of the *Cosmopolites sordidus* (Coleoptera: Curculionidae). *Hort. Entomol.* 94:449-454.
20. Nakahara, K., N.S. Alzoreky, T. Yoshihashi, H.T.T. Nguyen, and G. Trakoontivakorn. 2003. Chemical Composition and Antifungal Activity of Essential Oil from *Cymbopogon nardus* (Citronella Grass). *JARQ.* 37(4):249-252.
21. _____, G. Trakoontivakorn, Y. Hanboonsong. 2005. Prevention of Postharvest Pests Using Aromatic Plants Growing in the Tropics. *Jircas News Letter.* 43. http://www.ahs.org/publications/the_american_gardener/9907/focus.htm. [9 Januari 2009].
22. Obeng, O.D., C.H. Reichmuth., A.J. Bekele, and A. Hannasali. 1998. Toxicity and Protectant Potential Camphor, A Major Component of Essential Oil of *Ocimum kilimandscarium*, Against Four Stored Product Beetle. *International J. of Pest Manage.* 44(4):203-209.
23. Paranagama, P., C. Adhikari, K. Abeywickrama, and P. Bandara. 2003. Deterrent Effects of Some Sri Lanka Essential Oils on Oviposition and Progeny Production of the Cowpea Bruchid, *Callosobruchus Maculatus* (F.) (Coleoptera; Bruchidae). *J. Food, Agric. and Environment.* 1(2):254-257.
24. Paranagama, P.A., K.H.T. Abeysekera, L. Nagaliyadde, and K.P. Abeywickrama. 2004. Repellency and Toxicity of Four Essential Oils to *Sitophilus oryzae* (Coleoptera: Curculionidae). Foundation Sri Lanka. *J.Natn. Sci* 32(3&4): 127-138.
25. Pattnaik, S., V.R. Subramanyam, and C. Kole. 2006. Antibacterial and Antifungal Activity of Ten Essential Oils in Vitro. *Microbios.* 86:237-246.
26. Peterson, C. J. and J. Coats. 2001. Insect Repellents-past, Present, and Future. *Pestic. Outlook.* 12:154-158.
27. Ramasubramanian, T. and A. Regupathy. 2004. Magnitude and Mechanism of Insecticide Resistance in *Helicoverpa armigera* Hub. Population of Tamil Nadu, India. *Asian J. Plant Sci.* 3: 94-100.
28. Sahayaraj, K., M. Venkateshwari, and R. Balasubramanian. 2008. Insecticidal and Antifeedant Effect of *Petalium murex* Linn. Root on *Spodoptera litura* (fab) (Lepidoptera : Noctuidae). *J. of Agric. Technol.* 4(2):73-80.
29. Schmutterer, H. 1990. Properties and Potential of Natural Pesticides from the Neem Tree, *Azadirachta indica*. *Ann. Rev. Entomol.* 35:271-297.
30. Setiawati, W., A. Hasyim, and R. Murtiningsih. 2010. Laboratory and Field Evaluation of Essential Oils from *Cymbopogon nardus* as Oviposition Deterrent and Ovicidal Activities Against *Helicoverpa armigera* Hubner on Chili Pepper. In Press. 18 Hlm.
31. Simpson, S.J. and C.L. Simpson. 1990. The Mechanism of Nutritional Compensation by Phytophagous Insect. In Bernays, E.A. (Ed.) *Insect Plant Interaction.* New York (USA). CPC Press. Inc. 2(2):111-160.
32. Subiaktio. 2009. Ekstrak Biji Mimba sebagai Pestisida Nabati: Potensi, Kendala, dan Strategi Pengembangannya. *Perspektif.* 8(2):108-116.

33. Torres-Vila. R.M., M. C. Rodríguez-Molina, A. Lacasa-Plasencia, and P. Bielza-Lino. 2002. Insecticide Resistance of *Helicoverpa armigera* to Endosulfan, Carbamates, and Organophosphates: the Spanish Case. *Crop Protection* 21 (10):1003-1013.
34. Waldbauer, G.P. 1968. *The Consumption and Utilization of Food by Insect*. Advances Insect Physiology, Academic Press, London. 229-288.