

MORTALITAS LARVA HAMA KUPU KUNING (*Eurema* sp.) AKIBAT PEMBERIAN EKSTRAK BIJI NONA SEBRANG (*Annona glabra* L.)

*Mortality of Yellow butterfly (*Eurema* sp.) Larvae Due to Pond Apple (*Annona glabra* L.) Seed Extract Application*

Ujang W. Darmawan¹ dan/and Agus Ismanto²

¹Pusat Penelitian dan Pengembangan Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5 Kotak Pos 165 Bogor 16610, Jawa Barat, Indonesia

Tlp. : (0251) 8633234; Fax. : (0251) 8638111

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan

Jl. Gunung Batu No. 5, Po. Box. 182, Bogor 16610, Telp. 0251 - 8633378 Fax. 0251 - 8633413

E mail : ujdarmawan@ymail.com; ismanto_agus@yahoo.com

Tanggal diterima : 27 November 2014; Tanggal direvisi : 14 November 2016; Tanggal disetujui :

ABSTRACT

Family Annonaceae known by its potential as source of botanical insecticide. *Annona glabra* L. (Annonaceae) has not been widely studied. This research aimed to find out the effectiveness of *A. glabra* seed extract against yellow butterfly (*Eurema* sp.) larvae. The experiment was conducted at laboratory level. Seed extract was given by oral (feeding) and direct contact (spraying). GCMS analysis showed that the main active compounds of *A. glabra* seed extract were 9-octadecenoic acid (oleic acid) and 13-docosenoic acid or erucic acid. It exposed effective leading mortality against *Eurema* sp. larvae. Application of 0.625% seed extract by oral (feeding) was able to kill 100% larvae in 24 hours. Direct contact by spraying 1,25% extract into larvae was able to kill 80% larvae in 24 hours. Lethal concentration (LC_{50}) value of oral treatment was 0,037%.

Keywords: *Annona glabra*, botanical insecticide, *Eurema* sp. and mortality

ABSTRAK

Family Annonaceae sudah diketahui memiliki potensi sebagai pestisida nabati. Nona sebrang (*Annona glabra* L.) adalah salah satu jenis dari famili Annonaceae yang belum banyak dipelajari. Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas ekstrak biji nona sebrang terhadap mortalitas larva kupu-kupu kuning (*Eurema* sp.). Penelitian dilakukan pada tingkat laboratorium. Ekstrak biji nona sebrang diberikan dengan cara oral (pemberian pakan) dan kontak langsung (penyemprotan) ke serangga uji. Hasil analisis GCMS menunjukkan bahwa senyawa aktif utama penyusun ekstrak biji nona sebrang adalah 9-oktadecenoic acid (asam oleat) dan 13-docosenoic acid atau erucic acid. Senyawa tersebut terbukti efektif mematikan ulat larva *Eurema* sp. Perlakuan pemberian pakan (oral) pada konsentrasi ekstrak 0,625% sebanyak 0,5 ml mampu mematikan larva hingga 100% dalam 24 jam. Perlakuan penyemprotan langsung ke larva (kontak tubuh) dengan konsentrasi ekstrak 1,25% mampu mematikan larva hingga 80% dalam 24 jam. Kematian serangga uji sebanyak 50% (LC_{50}) dengan metode oral terjadi pada konsentrasi ekstrak 0,037%.

Kata kunci: *Annona glabra*, *Eurema* sp., insektisida nabati dan mortalitas

I. PENDAHULUAN

Sengon (*Falcataria moluccana* (Miq.) Barneby & J.W. Grimes) merupakan salah satu jenis pohon penghasil kayu yang sangat diminati oleh pasar. Di Indonesia, tanaman ini telah dibudidayakan dalam skala besar seperti hutan tanaman industri maupun dalam skala kecil seperti pada hutan rakyat. 328 juta batang tanaman sengon sudah dibudidayakan yang umumnya tersebar di pulau Jawa (BPS, 2013).

Angka ini jauh lebih besar dibandingkan dengan jenis tanaman lainnya seperti jati (*Tectona grandis* L.), mahoni (*Swietenia* spp.) maupun jenis tanaman kehutanan lainnya.

Salah satu persoalan yang dihadapi dalam pengusahaan atau budidaya tanaman ini adalah adanya serangan hama. Beberapa hama yang berasosiasi dengan tanaman ini diantaranya adalah hama kumbang penggerek batang *Xystrocera festiva* Thompson, ulat kantong dan kupu kuning *Eurema* spp. Larva *Eurema* spp.

merupakan hama yang merusak tanaman dengan cara memakan jaringan daun (*defoliator*). Beberapa spesies dari kelompok ini diantaranya adalah *E. blanda*, *E. hecabe*, *E. alitha* dan *E. sari*. Serangan pada tanaman muda dan semai dapat menyebabkan defoliiasi (kehilangan daun) dan kematian tanaman (Tuhumury, 2007).

Beberapa percobaan pengendalian hama secara nabati yang sudah dilakukan adalah ekstrak biji bintaro (Utami, 2010) dan mimba (Ogah & Ogbodo, 2012). Selain 2 jenis bahan tersebut, potensi pestisida nabati dapat berasal dari tanaman lain seperti dari kelompok Annonaceae. Setidaknya terdapat 42 spesies tumbuhan dari famili ini yang menunjukkan kemampuan dalam mengendalikan sekitar 60 jenis hama (Krinski *et al.*, 2014).

Salah satu tumbuhan yang tergolong dalam famili Annonaceae adalah nona sebrang (*Annona glabra* L.). Dibandingkan dengan anggota famili Annonaceae yang lain, tanaman ini masih sangat sedikit referensinya yang berkaitan dengan kemampuannya dalam mengendalikan hama, oleh karena itu perlu dilakukan pengujian ekstrak biji nona sebrang (*A. glabra*) dalam mengendalikan hama kupu kuning (*Eurema* sp.). Tujuan penelitian adalah mengetahui pengaruh ekstrak biji nona sebrang terhadap mortalitas larva dari hama kupu kuning dan menentukan konsentrasi yang mampu menimbulkan kematian serangga uji sebanyak 50% (LC₅₀).

II. METODOLOGI

A. Bahan dan Alat

Bahan yang digunakan adalah biji buah nona sebrang (*A. glabra*), akuades, metanol teknis, daun sengon, larva *Eurema* sp. instar tiga, tisu. Alat yang digunakan adalah *blender*, *oven*, *rotary vacuum evaporator*, gelas erlenmeyer, cawan petri dan semprotan.

B. Persiapan Ekstrak

Biji *A. glabra* dikeringanginkan tanpa terpapar dengan sinar matahari langsung, kemudian biji yang telah kering dihaluskan menggunakan *blender* untuk menghasilkan ukuran serbuk 40-60 mesh. Sebanyak 200 g serbuk yang dihasilkan kemudian diekstraksi menggunakan metode maserasi (perendaman) menggunakan pelarut metanol selama 3 x 24 jam. Filtrat yang dihasilkan kemudian disaring dan

dipekatkan dengan *rotary vacuum evaporator* menghasilkan ekstrak biji buah nona sebrang.

C. Pengujian Kandungan Kimia Ekstrak

Ekstrak biji buah nona sebrang yang berupa pekatan kemudian dianalisis untuk mengetahui kandungan kimia didalamnya menggunakan metode *Gas Chromatography Mass Spectrometry* (GCMS). Pengujian dilakukan di laboratorium terpadu Pusat Penelitian dan Pengembangan Hasil Hutan Bogor.

D. Efikasi Serangga Uji

Sampel serangga uji yang digunakan adalah larva (ulat) *Eurema* sp. instar tiga. Percobaan dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan konsentrasi ekstrak biji buah nona sebrang 0%; 0,3125%; 0,625%; 1,25%; 2,5%; 5% dan 10% sebanyak 0,5 ml. Pengujian dilakukan 2 cara, yaitu pemberian pakan secara oral dan penyemprotan ke tubuh serangga uji.

Pengujian pertama, pemberian pakan dilakukan dengan cara mencelupkan pakan berupa daun sengon sebanyak 3 sub helai ke dalam larutan biji buah nona sebrang dengan konsentrasi 0%; 0,3125%; 0,625%; 1,25%; 2,5%; 5% dan 10% selama 3 detik. Daun yang telah dicelupkan dalam larutan ekstrak sesuai perlakuan konsentrasi kemudian dikeringanginkan dan dimasukkan ke dalam cawan petri dengan diameter 9 cm yang dialasi kertas saring. Kertas saring dimaksudkan agar cawan petri tidak lembab atau basah karena kotoran ulat. Selanjutnya serangga uji sebanyak 10 ekor ulat dimasukkan ke dalam cawan petri dan ditutup. Setiap perlakuan diulang 3 kali.

Pengujian kedua, penyemprotan ekstrak biji nona sebrang sesuai perlakuan dosis 0%; 0,625%; 1,25%; 2,5%; 5% dan 10% sebanyak 0,5 ml. langsung ke tubuh serangga uji dan didiamkan selama 2 menit. Setelah itu serangga uji dipindahkan ke dalam cawan petri secara hati-hati menggunakan kuas halus. Selanjutnya 3 sub helai daun sengon segar sebagai pakan dimasukkan kedalam cawan petri dan ditutup. Variasi konsentrasi yang digunakan pada percobaan dimaksudkan untuk menentukan nilai LC₅₀ dari yang paling kecil dan meningkat sesuai kelipatannya. Penentuan konsentrasi larutan ekstrak biji nona sebrang menggunakan formula sebagai berikut:

$$\text{Konsentrasi (\%)} = \frac{\text{Berat (g)}}{\text{Volume akuades (ml)}} \times 100\%$$

Hasil analisis pada Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian pakan yang telah disemprotkan dengan ekstrak biji buah nona sebrang berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva pada hari ke-1, 2, 3, 4, 5 dan ke 6. Hasil uji lanjut pada hari pertama dan kedua menunjukkan bahwa antara konsentrasi 0%, 625%; 1,25%; 2,5%; 5% dan 10% tidak berbeda nyata, tetapi dengan kontrol dan konsentrasi 0,3125% berbeda nyata. Begitu juga mortalitas larva antara kontrol dengan perlakuan konsentrasi 0,3125% berbeda nyata. Pada hari ketiga sampai keenam menunjukkan bahwa semua konsentrasi yang diujikan berbeda nyata dengan kontrol. Hal ini dapat disimpulkan bahwa penyemprotan daun sengon cukup diberikan pada hari pertama

dengan konsentrasi 0,625% sebanyak 0,5. ml yang mampu membunuh larva 100%.

Tabel 3 menunjukkan bahwa penyemprotan langsung ekstrak biji buah nona sebrang ke larva berpengaruh nyata terhadap mortalitas larva pada hari ke-1, 2, 3, 4, 5 dan ke 6. Hasil uji lanjut pada hari pertama menunjukkan bahwa antar konsentrasi 1,25%; 2,5% dan 10% tidak berbeda nyata, tetapi dengan perlakuan konsentrasi kontrol; 0,625% dan 5% berbeda nyata. Penyemprotan dengan dosis 0,625% belum mampu mematikan larva yang signifikan. Namun pada penyemprotan dengan dosis 0,625% baru efektif terlihat pada hari keenam, oleh karena itu jika disemprotkan langsung ke larva, maka dosis 1,25% mampu mematikan larva 80%.

Tabel (Table) 2. Pengaruh pemberian pakan terhadap mortalitas larva *Eurema* sp. (Effect of *A. glabra* seed extract by feeding against *Eurema* sp. larvae mortality)

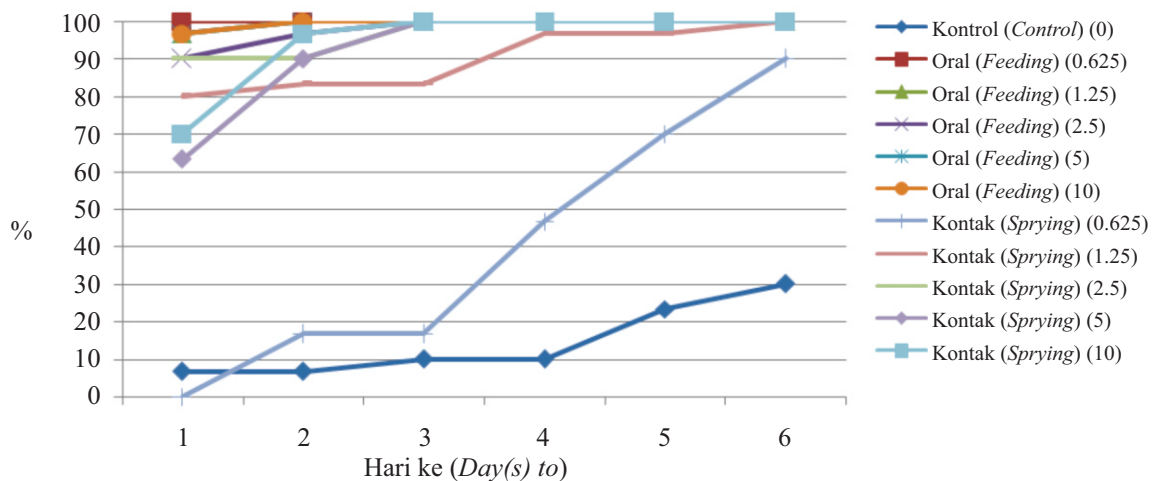
Perlakuan konsentrasi (Concentration treatment) (%)	Persentase mortalitas larva setelah hari ke- (Larvae mortality after days to) (%)					
	1	2	3	4	5	6
0,000	6,7 a	6,7 a	10,0 a	10,0 a	23,3 a	30,0 a
0,3125	50,0 b	63,3 b	83,3 b	86,6 b	90,0 b	90,0 b
0,625	100,0 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b	100,0 b	100,0 b
1,250	96,7 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b	100,0 b	100,0 b
2,500	90,0 c	96,7 c	100,0 b	100,0 b	100,0 b	100,0 b
5,000	96,7 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b	100,0 b	100,0 b
10,000	96,7 c	100,0 c	100,0 b	100,0 b	100,0 b	100,0 b

Keterangan (Remark): Angka pada kolom yang sama diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat nyata 5% (Values in same column followed by same letters means not significant different in the level 5%)

Tabel (Table) 3. Pengaruh penyemprotan terhadap mortalitas larva *Eurema* sp. (Effect of *A. glabra* seed extract by spraying against of *Eurema* sp. larvae mortality)

Perlakuan konsentrasi (Concentration treatment) (%)	Mortalitas larva setelah hari ke- (Larvae mortality after days to) (%)					
	1	2	3	4	5	6
0,000	6,7 ab	6,7 a	10,0 a	10,0 a	23,3 a	30,0 a
0,625	0,0 a	16,7 a	16,7 a	46,7 b	70,0 b	90,0 b
1,250	80,0 c	83,3 b	83,3 b	96,7 c	96,7 c	100,0 b
2,500	90,0 c	90,0 b	100,0 b	100,0 c	100,0 c	100,0 b
5,000	63,3 b	90,0 b	100,0 b	100,0 c	100,0 c	100,0 b
10,000	70,0 c	96,7 b	100,0 b	100,0 c	100,0 c	100,0 b

Keterangan (Remark): Angka pada kolom yang sama diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada tingkat nyata 5% (Values in same column followed by same letters means not significantly different in the level 5%)



Gambar (Figure) 1. Pengaruh perlakuan pemberian pakan dan penyemprotan ekstrak biji nona sebrang terhadap persentase kematian larva *Eurema sp.* (Effect of feeding and spraying *A. glabra* seed extract against mortality percentage of *Eurema sp.* larvae)

Analisis regresi hanya bisa dilakukan pada penyemprotan ke pakan (daun sengon) dengan persamaan $y = 5,865 + 0,604x$, dimana $y = \log$ konsentrasi dan $x = \text{nilai probit dari mortalitas yang telah terkoreksi dengan kontrol}$. Cara penyemprotan langsung ke tubuh larva ternyata nilai LC_{50} tidak dapat ditentukan karena nilai mortalitas terendah yang tercatat lebih tinggi dari 50%. Dengan demikian, nilai *lethal concentration* 50% (LC_{50}) yang diperoleh dari penyemprotan ke pakan sebesar 0,037%.

B. Pembahasan

Hasil identifikasi senyawa yang terdapat dalam ekstrak biji nona sebrang menunjukkan adanya kandungan senyawa *13-Docosenoic acid* atau *Erucic acid*, asam oleat (*oleic acid*) *9-octadecenoic acid*, *3-hexadecyloxy carbonyl -5-(2-hydroxyethyl)-4-methylimidazol* dan *9-octadecenamide*.

Senyawa *13-Docosenoic acid* atau *Erucic acid* dan asam oleat (*oleic acid*) merupakan beberapa senyawa dari kelompok asam lemak. Senyawa-senyawa dari asam lemak dapat berfungsi sebagai anti hama (Reifenrath, 2014). Selain itu, senyawa *9-octadecenoic acid* (asam oleat) bersifat letal terhadap larva serangga *Aedes aegyptii* dan *Culex pipiens pallens* (Imaniar *et al.*, 2013; Perumalsamy *et al.*, 2015). Menurut Pérez-Gutiérrez *et al.* (2011) asam oleat juga dapat menurunkan daya hidup atau viabilitas serangga hama ulat grayak *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae) yang mana hama ini telah menunjukkan bukti-bukti resistensi

terhadap pestisida biologi *Bacillus thuringiensis* (Bt) di Amerika Serikat (Huang *et al.*, 2014).

Adapun golongan senyawa *3-hexadecyloxy carbonyl-5-(2-hydroxyethyl)-4-methylimidazol* memiliki aktivitas sebagai fungisida dengan cara kerja menghambat biosintesis sterol pada tahap demetilasi C14 (DMI: *C14-demethylation inhibitors*). Senyawa *9-octadecenamide* tidak secara langsung bersifat anti hama, namun senyawa ini berperan dalam menarik kedatangan musuh alami hama pada saat tanaman tertentu diserang (Rani, 2014). Selain itu senyawa ini juga dapat berperan sebagai antimikroba (Meenakshi *et al.*, 2012).

Pemberian pakan yang diperlakukan pada serangga uji menunjukkan respon mortalitas yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Hal ini sudah terlihat pada satu hari setelah perlakuan. Mortalitas semakin meningkat sejalan dengan semakin tingginya konsentrasi yang digunakan dan lamanya pengamatan. Perlakuan menggunakan ekstrak biji nona sebrang dengan konsentrasi lebih dari 0,625% sudah mengakibatkan kematian hampir 100% pada satu hari setelah perlakuan.

Data ini menunjukkan bahwa jika daun sengon disemprot dengan konsentrasi 0,625% secara nyata efektif menyebabkan kematian larva *Eurema sp.* Pada konsentrasi yang rendah tingkat mortalitas akan semakin naik seiring dengan lamanya waktu pengamatan seperti yang ditunjukkan pada perlakuan 0,3125% yang menunjukkan kecenderungan mortalitas yang semakin meningkat.

Pengaruh nyata perlakuan terhadap mortalitas serangga uji juga ditunjukkan oleh perlakuan yang menggunakan teknik semprot (kontak tubuh). Respon mortalitas yang nyata sudah mulai tampak pada 1 hari setelah perlakuan. Meskipun lebih lambat dibandingkan dengan teknik pemberian pakan, teknik kontak tubuh juga menunjukkan hasil yang baik, kecuali perlakuan 0,625%.

Perlakuan pemberian pakan dan penyemprotan memberikan pengaruh mortalitas yang berbeda pada larva *Eurema* sp. Perlakuan pemberian pakan lebih cepat menimbulkan kematian dibandingkan penyemprotan langsung ke larva *Eurema* sp. Meskipun demikian pada akhir pengamatan, kedua cara penyemprotan tersebut sama-sama efektif menimbulkan kematian larva *Eurema* sp.

Hasil analisis nilai *lethal concentration* 50% (LC_{50}) hanya diperoleh dari cara penyemprotan ke pakan (daun sengon) dengan nilai konsentrasi sebesar 0,037%. Nilai LC_{50} dengan cara penyemprotan langsung ke tubuh larva tidak dapat ditentukan karena nilai mortalitas terendah yang tercatat lebih tinggi dari 50% setelah dikoreksi oleh nilai kontrol dan juga variasi mortalitas pada konsentrasi 5%.

Aktivitas insektisidal ekstrak biji nona sebrang tidak dapat terlepas dari kandungan senyawa kimia yang terdapat di dalamnya. *A. glabra* merupakan salah satu spesies tanaman yang tergolong dalam kelompok famili *Annonaceae* yang terkenal sebagai penghasil bioinsektisida. Menurut Thang *et al.* (2013) senyawa yang terdapat pada *A. glabra* adalah β -*caryophyllene*, *germacrene D*, α -*cadinol* dan β -*elemene*. Senyawa β -*caryophyllene* adalah salah satu senyawa yang berasal dari kelompok terpen. Senyawa ini menurut Chaubey (2012) tidak hanya mampu menolak, tetapi juga bersifat letal terhadap serangga *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae) bahkan pada konsentrasi yang rendah. Adapun senyawa terpen lainnya, *germacrene D* dan α -*cadinol* juga dilaporkan bersifat toksik terhadap larva *Anopheles subpictus*, *Aedes albopictus* dan *Culex tritaeniorhynchus* (Pavela & Govindarajan, 2016). β -*elemene* juga bersifat anti serangga khususnya dari kelompok Diptera seperti lalat kotoran, lalat penghisap darah dan nyamuk menolak serangga dengan cara menolak (*repell*) (Zhang *et al.*, 2011).

Diantara kandungan kimia yang ditemukan dalam bagian tanaman ini adalah *acetogenin* (Krinski *et al.*, 2014). Senyawa *acetogenin* juga

dapat dijumpai pada ekstrak biji tumbuhan *Annonaceae* lainnya seperti *Annona mucosa* sebagai *acetogenin rolliniastatin-1*. Senyawa-senyawa ini bersifat toksik, penolak aktivitas makan bahkan bertelur dari hama kutu *Diaphorina citri* (Hemiptera: Liviidae). Efektivitasnya bahkan telah teruji baik di skala pesemaian maupun operasional (Ribeiro *et al.*, 2015).

Menyerupai *rotenone*, senyawa *acetogenin* bekerja dengan mekanisme peracunan pada proses sintesa energi dalam mitokondria sel. Senyawa *squamocin* menurunkan *Adenosine Triphosphate* (ATP) melalui gangguan rantai respirasi yang selanjutnya memicu terjadinya kematian sel (Costa *et al.*, 2014). Sementara itu sel yang terpengaruh oleh senyawa *acetogenin* dari kelompok *asimicin* menunjukkan gejala berkurangnya konsumsi oksigen. Dengan demikian bahwa *asimicin* menyebabkan terganggunya konsumsi oksigen dalam sel, sehingga memicu kematian (El-Wakeil, 2013).

Ekstrak yang diberikan melalui pemberian pakan dan penyemprotan pada tubuh serangga uji menunjukkan tingkat efektivitas yang sama baiknya. Kecuali pada konsentrasi 0,625%, perlakuan penyemprotan menunjukkan tidak berbeda nyata sampai pada hari keempat. Pada hari pertama terdapat variasi tingkat mortalitas yang tinggi dan cenderung tidak konsisten dengan kenaikan konsentrasi ekstrak khususnya pada penyemprotan dengan konsentrasi 5%. Variasi (tidak konsistennya) tingkat mortalitas terhadap konsentrasi juga pernah dilaporkan oleh Sujak & Diana (2012) pada serangga uji *Aphis gossypii* Glover (Homoptera; Aphididae) yang diperlakukan menggunakan ekstrak nikotin dari daun tembakau pada konsentrasi rendah. Namun demikian, pada pengamatan hari kedua sampai hari keenam terjadi konsistensi kenaikan tingkat mortalitas yang sejalan dengan tingkat konsentrasi larutan ekstrak biji nona sebrang yang digunakan.

IV. KESIMPULAN DAN SARAN

A. Kesimpulan

Senyawa *9-octadecenoic acid* (asam oleat) dan *13-Docosenoic acid* atau *Erucic acid* merupakan senyawa aktif utama yang terdapat pada ekstrak biji nona sebrang (*A. glabra*). Senyawa tersebut secara nyata bersifat toksik, sehingga mampu mempengaruhi tingkat

mortalitas larva *Eurema* sp. Senyawa tersebut bekerja lebih cepat jika diaplikasikan secara oral yang bekerja sebagai racun lambung. Senyawa tersebut bisa juga digunakan sebagai racun kontak. Pada hari pertama, penyemprotan ekstrak biji nona sebrang 0,625% sebanyak 0,5 ml mampu mematikan larva 100% sedangkan jika disemprotkan langsung ke larva maka mortalitas larva sebesar 80% pada konsentrasi ekstrak biji nona sebrang 1,25%. Konsentrasi larutan yang dibutuhkan untuk menyebabkan kematian sampai 50% larva *Eurema* sp. (nilai *lethal concentration*, LC_{50}) melalui pemberian pakan yang disemprot ekstrak biji nona sebrang sebesar 0,037%.

B. Saran

Pengendalian hama dengan menggunakan insektisida nabati terutama dari ekstrak biji nona sebrang perlu sosialisasikan kepada masyarakat karena insektisida tersebut berdampak kecil terhadap lingkungan. Hasil penelitian ini perlu diujikan di tingkat lapangan guna menguji formula yang efektif.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih kepada Ridwan yang telah membantu dalam mengumpulkan material berupa larva serangga *Eurema* sp. yang selanjutnya digunakan dalam penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- BPS [Badan Pusat Statistik]. (2013). Sensus pertanian, sub sektor kehutanan. <http://st2013.bps.go.id/dev2/index.php/site/table?tid=65&wid=0>. Diakses 23 April 2015.
- Chaubey, M.K. (2012). Acute, lethal and synergistic effects of some terpenes against *Tribolium castaneum* Herbst (Coleoptera: Tenebrionidae). *Ecologia Balkanica*, 4(1), 53-62.
- Costa, M.S., Cossolin, J.F.S., Pereira, M.J. B., Sant'Ana, A.E. G., Lima, M.D., Zanuncio, J.C., & Serrão, J.E. (2014). Larvicidal and cytotoxic potential of squamocin on the midgut of *Aedes aegypti* (Diptera: Culicidae). *Toxins*, 6, 1169-1176.
- De Oliveira, F.Q., Batista, J.D.L., Malaquias, J.B., Almeida, D.M., & De Oliveira, R. (2010). Determination of the median lethal concentration (LC_{50}) of mycoinsecticides for the control of *Ceratitis capitata* (Diptera: Tephritidae). *Revista Colombiana de Entomologia*, 36(2), 213-216.
- El-Wakeil, N.E. (2013). Botanical pesticides and their mode of action. *Gesunde Pflanzen*, 65, 125-149.
- Huang, F., Qureshi, J.A., Meagher, J.R.L., Reisig, D.D., Head, G.P., Andow, D.A., Ni, X., Kerns, D., Buntin, G.D., Niu, Y., Yang, F., & Dangal, V. (2014). Cry1F resistance in fall armyworm *Spodoptera frugiperda*: single gene versus pyramided bt maize. *PLoS ONE*, 9(11), e112958 doi:10.1371/journal.pone.0112958.
- Imaniar, R., Latifah, & Sugiyo, W. (2013). Ekstraksi dan karakterisasi senyawa bioaktif dalam daun kenikir (*Cosmos sulphureus*) sebagai bahan bioinsektisida alami. *Indonesian Journal of Chemical Science*, 2(1), 51-55. <http://journal.unnes.ac.id/sju/index.php/ijcs>.
- Krisnki, D., Massaroli, A., & Machado, M. (2014). Insecticidal potential of the annonaceae family plants. *Revista Brasileira De Fruticultura*, 36(1), 225-242.
- Meenakshi, V.K., Gomathy, S., Senthamarai, S., Paripooranaselvi, M., & Chamundeswari, K.P. (2012). GC-MS determination of the bioactive components of *Microcosmus exasperatus* Heller, 1878. *Journal of Current Chemical Pharmaceutical Sciences*, 2(4), 271-276.
- Ogah, E.O., & Ogbodo, E.N. (2012). Comparative efficacy of neem seed extract with carbofuran in the management of african rice gall midge, *Orseolia oryzivora* Harris and Gagne (Diptera: Cecidomyiidae). *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 2(5), 147-153.
- Pavela, R., & Govindarajan, M. (2016). The essential oil from *Zanthoxylum monophyllum* a potential mosquito larvicide with low toxicity to the non-target fish *Gambusia affinis*. *Journal of Pest Sciences*, 1-10. doi:10.1007/s10340-016-0763-6.
- Pérez-Gutiérrez, S., Zavala-Sánchez, M.A., González-Chávez, M.M., Cárdenas-Ortega, N.C., & Ramos-López, M.A. (2011). Bioactivity of *Carica papaya* (Caricaceae) against *Spodoptera frugiperda* (Lepidoptera: Noctuidae). *Molecules*, 16, 7502-7509.
- Perumalsamy, H., Jang, M.J., Kim, J.R., Kadarkarai, M., & Ahn, Y.J. (2015). Larvicidal activity and possible mode of action of four flavonoids and two fatty acids identified in *Milletia pinnata* seed toward three mosquito species. *Parasites & Vectors*, 8(237), 1-14.
- Rani, U.P. (2014). Kairomones for increasing the biological control efficiency of insect natural

- enemies. *In*: Sahayaraj, K. (Ed.). (2014). *Basic and applied aspects of biopesticides*. Springer, New Delhi.
- Reifenrath, W. (2014). US application patent No 13/264,238.
- Ribeiro, L.D.P., Santos, M.S., Gonçalves, G.L.P., & Vendramim, J.D. (2015). Toxicity of an acetogenin-based bioinsecticide against *Diaphorina citri* (Homoptera: Liviidae) and its parasitoid *Tamarixia radiata* (Hymenoptera: Eulophidae). *Florida Entomologist*, 98(3), 835-842.
- Sujak, & Diana, N.E. (2012). Uji efektifitas ekstrak nikotin formula 1 (pelarut ether) terhadap mortalitas *Aphis gossypii* (Homoptera; Aphididae). *Agrovigor*, 5(1), 47-51.
- Thang, T.D., Dai, D.N., Hoi, T.M., & Ogunwande, I.A. (2013). Study on the volatile oil contents of *Annona glabra* L., *Annona squamosa* L., *Annona muricata* L. and *Annona reticulata* L., from Vietnam. *Natural Product Research*, 27(13), 1232-1236.
- Tuhumury, A. (2007). Inventarisasi jenis hama pada tanaman sengon (*Paraserianthes falcataria* Nielson) di lokasi Hutan Kemasyarakatan Waesamu, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram Bagian Barat. *Jurnal Agroforestri*, 2(1), 13-18.
- Utami, S. (2010). Aktivitas insektisida Bintaro (*Cerbera odollam* Gaertn) terhadap hama *Eurema* spp. pada skala laboratorium. *Jurnal Penelitian Hutan Tanaman*, 7(4), 211-220.
- Zhang, Q., Margaryan, A., & Schneidmiller, R.G. (2011). *Methods for repelling insects using sesquiterpene hydrocarbons and their derivatives*. Paten Nomor US 8057829 B2.
- Zhu, W., Schmehl, D.R., Mullin, C.A., & Frazier, J.L. (2014). Four common pesticides, their mixtures and a formulation solvent in the hive environment have high oral toxicity to honey bee larvae. *PLoS ONE*, 9(1), 1-11.