

Aktivitas Insektisida Campuran Ekstrak Air Buah *Piper aduncum* L. (Piperaceae) dan Batang *Cymbopogon citratus* (Dc.) Stapf (Poaceae) Terhadap Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae)

Insecticide Activities of Water Extract of of *Piper aduncum* L. (Piperaceae) Fruit And *Cymbopogon citratus* (Dc.) Stapf (Poaceae) Stem Against Larva *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae)

Eka Candra Lina, Adventus Supriadi, Yunisman, Martinius
Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang
Email : trijata@yahoo.com

ABSTRACT

Crocidolomia pavonana is an important pest in *Brassicaceae*. Botanical insecticides is pest control alternative which meet to eco-friendly manajement. This study aims to determine lethal concentration of single and mixture of water extract of *Piper aduncum* (Piperaceae) fruit and *Cymbopogon cirtatus* (Poaceae) stem against *Crocidolomia pavonana* larvae. The study was conducted in laboratory experiment through preliminary test and advance test using a completely randomized design (CRD). Observations were included to larval mortality, antifeedant effect, and duration of larval development. Bioassay was done against second instar larvae of *C. pavonana* using leaves immersion method during 48 hours. The results show that LC₅₀ and LC₉₅ value of mixture extract are 2.83% and 5.79% respectively. Based on index combination analysis, *P. aduncum* and *C. citratus* mixture extract were antagonistic at LC₅₀ and additive at LC₉₅. Water extract of *P. aduncum* and *C. citratus* were relatively weak to influence feeding activity of *C. pavonana* larvae (41%). Mixture extract also extend larval development from second instar to third instar around 0.24 days and third instar to fourth instar around 0.97 days.

Kata kunci: botanical insecticide, *Crocidolomia pavonana*, water extract, antagonistic, aditif

PENDAHULUAN

Ulat Kubis (*Brassicae oleracea* var. *capitata* L.) merupakan salah satu komoditas sayuran yang digemari. Kendala utama dalam budidaya sayuran kubis adalah serangan hama dan penyakit yang dapat menyebabkan gagal panen (Sastrosiswojo *et. al.*, 2005). Hama utama pada budidaya kubis adalah *Crocidolomia pavonana* dan *Plutella xylostella*, kedua hama ini dapat menimbulkan kerugian 78,81% hingga 100% jika tidak dilakukan pengendalian (Kristanto *et al.*, 2013). Petani mengandalkan insektisida sintetis untuk pengendalian hama kubis.

Insektisida sintetik merupakan salah satu sarana penting yang dapat digunakan untuk mengendalikan hama dalam keadaan darurat ketika populasi hama telah mendekati atau melampaui ambang ekonomi (Djojsumarto, 2008), namun dalam jangka panjang hal ini akan menimbulkan kerugian berlipat bagi petani, karena dapat meningkatkan biaya produksi dalam usaha taninya, muncul resistensi dan resurjensi hama sasaran, dapat membunuh hama bukan sasaran, dapat mencemari lingkungan serta bahaya residu pada hasil panen (Rauf *et al.*, 2005).

Untuk mengurangi dampak negatif penggunaan pestisida sintetis, Pemerintah melalui Undang-Undang Nomor 12 Tahun

1992 tentang Sistem Budidaya Tanaman dan Peraturan Pemerintah Nomor 6 Tahun 1995 tentang Perlindungan Tanaman yang ramah lingkungan yaitu insektisida nabati. Insektisida nabati bersifat selektif, mudah terdegradasi di alam, tidak cepat menimbulkan resistensi jika digunakan dalam bentuk ekstrak kasar, dapat dipadukan dengan teknik pengendalian hama lainnya, dan penyiapan sederhana dapat mengurangi ketergantungan pada produk insektisida sintetis (Lina, 2014).

Beberapa tumbuhan telah dilaporkan memiliki aktivitas terhadap serangga dan memiliki prospek untuk dikembangkan lebih lanjut, salah satunya famili Piperaceae. Sirih-sirih hutan *Piper aduncum* merupakan salah satu tanaman potensial yang banyak terdapat di Sumatera Barat. Tanaman ini termasuk famili tumbuhan yang telah dilaporkan bersifat insektisida dan menghambat pertumbuhan serangga. Dari hasil uji profil fitokimia buah *P. aduncum* terdapat metabolit sekunder yaitu alkaloid, flavonoid, fenolik, triterpenoid, steroid, saponin dan kumarin (Arneti *et al.*, 2011), pada laporan penelitian tersebut, hasil pengujian fitokimia yang didapatkan sama dengan laporan Klocke *et al.* (1989) dan Scott *et al.* (2005) bahwa famili tumbuhan Piperaceae memiliki kandungan kimia dari golongan alkaloid/amida, propenilfenol, lignan, neolignan, terpen, steroid, dan flavonoid. Senyawa piperamida pada famili Piperaceae bekerja sebagai racun syaraf yang menghambat aliran impuls syaraf pada akson sehingga menyebabkan kelumpuhan terhadap serangga uji (Lina, 2014). Jenis tumbuhan lain yang aktif terhadap serangga adalah tanaman sereh (*Cymbopogon citratus*). Bahan aktif yang terkandung pada sereh adalah saponin dan flavonoid (Yuswantina *et al.*, 2014), sitronella, *thymol* dan *α -terpineol* (Hummelbrunner dan Isman, 2001) kandungan ini memberikan efek penghambat makan (*antifeedant*) terhadap serangga uji. Makal *et al.* (2011) melaporkan bahwa aplikasi ekstrak kasar batang sereh pada konsentrasi 80g/l yang diberikan terhadap larva *C. pavonana* instar II mampu mematikan larva hingga 95%.

Dadang dan Prijono (2008) menyatakan bahwa insektisida nabati dapat digunakan dalam bentuk campuran ekstrak dua atau lebih jenis tumbuhan. Beberapa keunggulan insektisida nabati yang berbahan baku campuran ekstrak tumbuhan dibandingkan dengan penggunaan ekstrak tunggal diantaranya mengurangi ketergantungan pada satu jenis tumbuhan sebagai bahan baku. Lebih lanjut, penggunaan insektisida dalam bentuk campuran lebih ekonomis bila campuran bersifat sinergis (Stone *et al.*, 1988), dapat meningkatkan spektrum aktivitas insektisida (Dadang dan Prijono 2008). Oleh karena itu, ekstrak *P. aduncum* diharapkan memiliki potensi sinergis jika dicampur dengan bahan lain termasuk jika dicampur dengan ekstrak Sereh *C. citratus* (Bernard *et al.* 1995; Fazolin, *et al.*, 2005; Lina, 2014).

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Bioekologi Serangga Fakultas Pertanian Universitas Andalas Padang yang dimulai pada September 2015 sampai Januari 2016.

Metode Penelitian

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL). Percobaan ini diawali dengan uji pendahuluan, dengan menggunakan 2 perlakuan dan 3 ulangan. Data yang diperoleh digunakan untuk penentuan taraf konsentrasi pada uji lanjut. Uji lanjut terdiri dari 4 perlakuan dan 5 ulangan pada uji ekstrak tunggal dan 5 perlakuan dan 5 ulangan pada uji ekstrak campuran. Satuan percobaan terdiri dari cawan petri yang berisi 10 ekor larva *C. pavonana* instar II. Dari data yang didapatkan untuk uji ekstrak tunggal konsentrasi ekstrak *P. aduncum* yang digunakan adalah 1,13% sebagai konsentrasi paling rendah, 1,61%, 2,28% dan 3,25% sebagai konsentrasi paling tinggi, serta 0% sebagai kontrol. Kemudian untuk konsentrasi pada ekstrak tunggal *C. citratus* yaitu 3,10 % sebagai konsentrasi

paling rendah, kemudian 3,87%, 4,82% dan 6% sebagai konsentrasi paling tinggi serta 0% sebagai kontrol. Sementara untuk uji lanjut pada ekstrak campuran konsentrasinya 1,50% sebagai konsentrasi paling rendah, kemudian secara berurut 1,80%, 2,20%, 2,64% dan 3,25% sebagai konsentrasi paling tinggi serta 0% sebagai kontrol.

Data yang diperoleh dari hasil pengamatan dianalisis dengan analisis sidik ragam dan jika berbeda nyata dilanjutkan dengan uji LSD (*Least Significant Different*) pada taraf nyata 5%. Untuk mengetahui nilai kematian pada taraf LC₅₀ dan LC₉₅ digunakan program Polo PC.

HASIL DAN PEMBAHASAN

A. Hasil

1. Mortalitas larva

a. Uji ekstrak tunggal

Hasil uji pendahuluan, masing-masing bahan mampu mematikan larva *C. pavonana* dengan mortalitas yang berbeda. Pada ekstrak *P. aduncum* perlakuan dengan konsentrasi 2,50% dan 5% berturut dapat mematikan 40% dan 85%. Pada ekstrak *C. citratus* konsentrasi 2,50% dan 5% berturut dapat menyebabkan kematian 23,3% dan 43,3% (Tabel 1). Hasil uji lanjut pada pengujian ekstrak tunggal dapat dilihat pada Tabel 2.

Mortalitas larva *C. pavonana* berkisar 16-54% pada ekstrak *P. aduncum* dan berkisar antara 12-52% pada ekstrak *C. citratus*. Ekstrak tunggal *P. aduncum*

Tabel 1. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan ekstrak tunggal *P. aduncum* dan ekstrak tunggal *C. citratus* pada uji pendahuluan.

Mortalitas (%)		
Konsentrasi (%)	<i>P. aduncum</i>	<i>C. citratus</i>
0,00	0	3,3
2,50	40	23,3
5,00	85	43,3

memberikan hasil mortalitas lebih tinggi dari ekstrak *C. citratus*.

b. Uji ekstrak campuran

Hasil analisis sidik ragam dan uji lanjut LSD taraf 5% terhadap mortalitas larva *C. pavonana* menunjukkan hasil yang berbeda nyata antara perlakuan (Tabel 3). Terjadi peningkatan

Tabel 3. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan ekstrak campuran *P. aduncum* dengan *C. citratus* pada beberapa konsentrasi.

Konsentrasi (%)	Mortalitas (%)
3,25	70 a
2,64	40 b
2,20	36 bc
1,80	22 bcd
1,50	16 cd
Kontrol	8 d

Angka-angka pada lajur yang sama dan diikuti oleh huruf kecil sama, berbeda nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf nyata 5%.

Tabel 2. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan ekstrak tunggal *P. aduncum* dan ekstrak tunggal *C. citratus* pada beberapa konsentrasi.

<i>P. aduncum</i>		<i>C. citratus</i>	
Konsentrasi (%)	Mortalitas (%)	Konsentrasi (%)	Mortalitas (%)
0,00	4	0,00	6
1,13	16	3,10	12
1,61	22	3,87	24
2,28	36	4,82	30
3,25	54	6,00	52

mortalitas dari konsentrasi paling rendah (1,50%) sampai konsentrasi paling tinggi (3,25%). Ekstrak campuran konsentrasi 3,25% menunjukkan aktivitas tertinggi karena mampu mematikan larva uji mencapai 70%.

Untuk mengetahui mortalitas kumulatif larva *C. pavonana* setelah diberi perlakuan dapat dilihat pada Gambar 3. Dari gambar tersebut dapat dilihat bahwa kematian larva mulai terjadi pada hari pertama pengamatan, kemudian terus meningkat pada hari kedua sampai hari keenam. Secara umum peningkatan mortalitas larva terjadi pada semua taraf konsentrasi namun tidak bertambah secara nyata kecuali pada konsentrasi tertinggi 3,25% dimana terjadi peningkatan kematian yang sangat nyata. Hal ini disebabkan karena efek *antifeedant* terhadap larva yang mempengaruhi perkembangan hingga masa pra pupa yaitu hari keenam dan ketujuh

Hasil analisis probit dengan menggunakan Polo-PC menunjukkan perbedaan konsentrasi yang diperlukan untuk mematikan larva *C. pavonana* antara ekstrak tunggal dan ekstrak campuran (Tabel 4). Pada taraf LC₅₀ dan LC₉₅ kebutuhan konsentrasi lebih rendah setelah bahan dicampur jika dibandingkan dengan ekstrak tunggal. Pada ekstrak tunggal

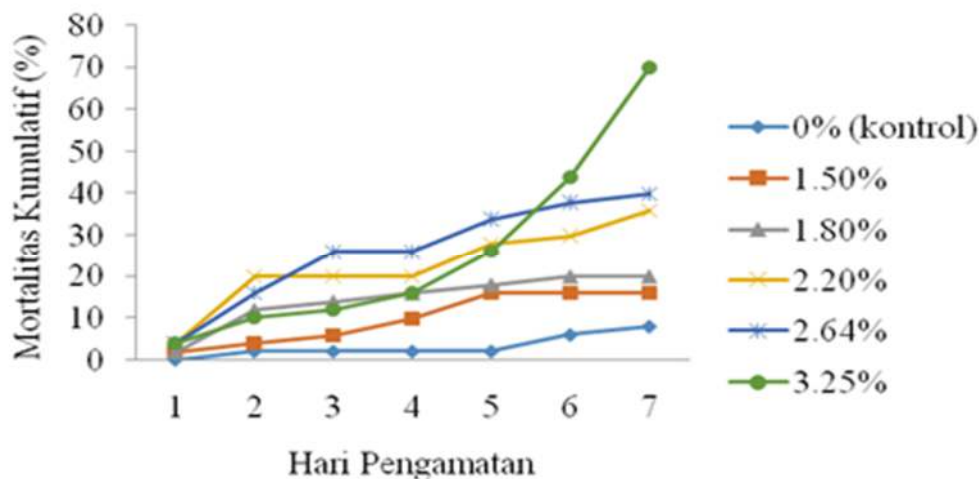
Tabel 4. Perbandingan nilai LC₅₀ dan LC₉₅ pada ekstrak tunggal dan ekstrak campuran.

Nilai LC ^a	Ekstrak Tunggal (%)		Ekstrak Campuran (%)
	<i>P. aduncum</i>	<i>C. citratus</i>	<i>P. aduncum</i> + <i>C. citratus</i>
LC ₅₀	3,19	6,20	2,83
LC ₉₅	12,73	11,38	5,79

^a Lethal Concentrate

membutuhkan konsentrasi 3,19% sampai 6,20% untuk mencapai LC₅₀, sedangkan pada ekstrak campuran untuk mencapai LC₅₀ membutuhkan konsentrasi yang lebih sedikit yaitu 2,83% hal yang sama terjadi pada LC₉₅. Pada ekstrak tunggal membutuhkan konsentrasi 11,38% sampai 12,73% untuk mencapai LC₉₅, sedangkan pada ekstrak campuran untuk mencapai LC₉₅ membutuhkan konsentrasi yang lebih sedikit yaitu 5,79%.

Hasil perhitungan nilai Indeks Kombinasi (IK) dari data pengamatan mortalitas larva *C. pavonana* didapatkan bahwa ekstrak campuran LC₅₀ bersifat antagonis dan LC₉₅ bersifat aditif.



Gambar 3 Laju mortalitas kumulatif larva *C. pavonana* yang diberi perlakuan ekstrak campuran *P. aduncum* dan *C. citratus*

Tabel 5. Nilai indeks kombinasi dua jenis ekstrak buah *P. aduncum* dan batang *C. citratus*.

Taraf	Nilai IK	Kriteria
LC ₅₀	1,72	Antagonis
LC ₉₅	1,17	Aditif

2. Aktivitas anti makan

Hasil pengamatan penurunan aktivitas makan larva uji setelah diberikan perlakuan beberapa konsentrasi ekstrak campuran *P. aduncum* dan *C. citratus*. dapat dilihat pada Tabel 6. Hasil analisis sidik ragam efek *antifeedant* pada larva *C. pavonana* menunjukkan hasil yang berbeda nyata. Semakin tinggi konsentrasi maka aktivitas larva uji dalam memakan daun perlakuan semakin menurun. Namun demikian jika didasarkan kepada kriteria aktivitas anti makan, campuran ekstrak *P. aduncum* dengan *C. citratus* pada nisbah perbandingan 2:1 masih tergolong lemah

3. Lama perkembangan larva

Untuk melihat efek penghambatan pertumbuhan larva *C. pavonana* dalam rentang waktu pengamatan dari instar II sampai instar IV dapat dilihat pada Tabel 7. Selain dapat mematikan larva uji, ekstrak campuran *P. aduncum* dan *C. citratus* juga dapat menghambat perkembangan siklus hidup larva *C. pavonana*. Larva mengalami perlambatan dalam setiap instarnya, mulai dari instar II ke instar II begitu pula dari instar III ke instar IV, meski demikian lama perlambatan jika dibandingkan dengan

Tabel 7. Lama perkembangan larva *C. pavonana* akibat perlakuan campuran ekstrak buah *P. aduncum* dengan batang *C. citratus*

Konsentrasi (%)	Lama perkembangan (hari) (X ± SD)	
	Instar 2-3	Instar 3-4
3,25	2,37 ± 0,87	5,00 ± 1,15
2,64	2,31 ± 0,52	5,90 ± 0,96
2,20	2,13 ± 0,42	5,16 ± 1,18
1,80	2,31 ± 0,64	5,40 ± 1,13
1,50	2,21 ± 0,60	5,20 ± 1,09
0 (kontrol)	2,13 ± 0,31	4,93 ± 1,09

kontrol yaitu berbeda 0,24 hari dari instar II ke instar III, kemudian pada instar III ke instar IV antara kontrol berbeda 0,97 hari

B. Pembahasan

Hasil uji pendahuluan *P. aduncum* dan *C. citratus* pada konsentrasi 2,50% dan 5,00% menyebabkan mortalitas larva uji *C. pavonana* pada perlakuan ekstrak *P. aduncum* lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan ekstrak *C. citratus*. Kandungan bahan aktif pada masing-masing tanaman mempengaruhi tingkat mortalitas larva *C. pavonana*. Bahan aktif *P. aduncum* yang disebut piperamid bekerja sebagai racun syaraf yang dapat menyebabkan kematian larva uji (Miyakado *et al.* 1989). Target sasaran adalah ketersediaan sodium seperti pada pyretroid. Toksin menyebabkan saluran sodium pada membran akson tidak.

Tabel 6. Efek *antifeedant* terhadap penurunan aktivitas larva *C. pavonana* dalam memakan daun perlakuan.

Konsentrasi (%)	Luas daun dimakan (mm ²)	Efek <i>antifeedant</i> (%)	Kriteria
Kontrol	23,02	41,0 a	Lemah
1,50	21,68	32,2 ab	Sedikit
1,80	14,92	28,8 abc	Sedikit
2,20	14,23	21,8 bc	Sedikit
2,64	13,92	0,00 bc	Tidak ada
3,25	12,37	0,00 c	Tidak ada

Angka-angka pada lajur yang sama dan diikuti oleh huruf kecil yang sama, berbeda tidak nyata menurut uji lanjut DNMRT pada taraf nyata 5%.

dapat menutup, akibatnya ion sodium terus menerus melewati membran dan menyebabkan kejang pada serangga (Perry et al. 1998)

C. citratus dengan kandungan saponin dan flavonoidnya bekerja sebagai *antifeedant* yang menyebabkan larva *C. pavonana* menghentikan aktivitas makan. Selain itu senyawa Sitronella menyebabkan dehidrasi pada larva uji yang juga mengakibatkan kematian (Shahabuddin dan Anshary, 2010). Sifat toksik dan penghambat makan dari bahan aktif ekstrak *P. aduncum* dan *C. citratus* secara bersama-sama akan mematikan larva uji *C. pavonana*.

Pola kematian larva *C. pavonana* yang diuji dengan ekstrak *P. aduncum* dan *C. citratus* menyebabkan kematian secara bertahap. Tampak pada Gambar 3 bahwa kematian larva tetap terjadi hingga hari ketujuh pengamatan. Selain itu juga memperlambat pertumbuhan dan perkembangan larva yang bertahan hidup dari instar 2 ke instar 3 dan instar 2 ke instar 4 (Tabel. 7). Hasil uji ekstrak campuran menunjukkan peningkatan mortalitas larva *C. pavonana* dibandingkan pengujian ekstrak tunggalnya. Gejala keracunan mulai tampak pada 3 jam setelah perlakuan. Larva *C. pavonana* terus aktif bergerak menjauhi daun perlakuan. Larva yang diberi daun perlakuan cenderung menempel pada bagian atas cawan petri, sedangkan larva pada kontrol cenderung beraktivitas normal, bersembunyi di bawah daun dan memakan daun seperti biasanya. Setelah 24 jam larva yang diberi daun perlakuan memakan daun dalam jumlah kecil, hal ini disebabkan oleh rasa lapar larva.

Gejala kematian larva *C. pavonana* instar 2 yang memakan daun terpapar residu bahan aktif *P. aduncum* dan *T. vogelii* diawali dengan menurunnya intensitas gerak larva dan juga aktivitas makan. Berdasarkan nilai Indeks Kombinasi (IK) campuran antara ekstrak *P. aduncum* dan *C. citratus* bersifat antagonis pada LC₅₀ dan campuran bersifat aditif pada LC₉₅. Sifat antagonis menunjukkan bahwa aktivitas insektisida ekstrak campuran lebih lemah dibandingkan dengan ekstrak tunggal

(Veterinary, 2003). Lemah dalam hal ini tidak saja terkait dengan daya bunuh tetapi juga daya penghambat makan dan daya penghambat pertumbuhan dan perkembangan. Sifat aditif menunjukkan bahwa tingkat mortalitas larva uji akibat perlakuan ekstrak campuran pengaruhnya tidak signifikan dengan jumlah tingkat mortalitas akibat perlakuan dengan ekstrak tunggal secara terpisah (Kosman dan Cohen, 1996) lebih lanjut Veterinary (2003) menjelaskan bahwa sifat aditif adalah kondisi tidak ada interaksi antara campuran atau toksisitas campurannya cenderung sama dengan toksisitas ekstrak tunggal.

Pencampuran ekstrak tanaman diharapkan memiliki nilai indeks kombinasi yang bersifat sinergis, sehingga memiliki aktivitas insektisida yang lebih baik dibandingkan ekstrak tunggalnya. Kombinasi yang bersifat sinergis sangat dianjurkan agar memenuhi kriteria mencegah resistensi (Georghiou 1983), dapat meningkatkan spektrum aktivitas insektisida (Dadang dan Prijono 2008), mengurangi pengaruh samping terhadap organisme bukan sasaran dan lingkungan (Prijono 2002) sekaligus menghemat bahan baku dan keunggulan lainnya. Campuran yang bersifat sinergis antara lain yang telah diteliti oleh Yuswanti (2002) menyebutkan bahwa campuran ekstrak *Aglaia harmsiana* dan *Dysoxylum acutangulum* menunjukkan efek sinergistik terhadap larva *Plutella xylostella* dengan nisbah sinergistik pada LC₅₀ dan LC₉₅ masing-masing 3.3 dan 1.1. Pada penelitian lain, Yunia (2006) melaporkan bahwa campuran ekstrak *P. retrofractum* dan *Swietenia mahogani* 1:1 pada konsentrasi 0.05%–0.8% serta campuran ekstrak *P. retrofractum* dan *A. squamosa* 3:7, 1:1, dan 7:3 pada konsentrasi 0.05%–0.8% dapat mematikan 100% larva *C. pavonana*. Penelitian yang dilakukan oleh (Lina et al., 2013; Lina et al., 2015; Lina et al., 2017) melaporkan bahwa campuran ekstrak *P. aduncum* dan *T. vogelii* pada perbandingan 5:1. Hasil yang diperoleh, menunjukkan sifat sinergistik kuat dan memiliki aktivitas insektisida terhadap hama *C. pavonana*, *Plutella xylostella*, dan *Etiella zinkenella*.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa ekstrak campuran bersifat antagonis pada LC_{50} dan bersifat aditif pada LC_{95} . Hasil analisis probit diperoleh LC_{50} pada konsentrasi 2,83% dan LC_{95} pada konsentrasi 5,79%. Dari konsentrasi terendah 1,50% sampai konsentrasi tertinggi 3,25% memiliki pengaruh mortalitas yang berbeda, semakin tinggi konsentrasi maka aktivitas larva uji dalam memakan daun perlakuan semakin menurun. Berdasar kriteria aktivitas anti makan, penurunan aktivitas makan larva *C. pavonana* hanya 41% dari kontrol dan efek ini tergolong dalam kriteria lemah. Selain dapat mematikan larva uji, ekstrak buah sirih hutan *Piper aduncum* dan batang serih *Cymbopogon citratus* juga memperpanjang masa larva *C. pavonana* 0,24 hari dari stadia larva instar II ke instar III, dan 0,97 hari dari stadia larva instar III ke instar IV

DAFTAR PUSTAKA

- Arneti, Yaherwandi, I Manti, Dachriyanus. 2011. Keefektifan ekstrak sederhana buah *Piper aduncum* (Piperaceae) terhadap *Crocidolomia pavonana* F. (Lepidoptera: Crambidae) untuk penggunaan ditingkat petani. Padang. Universitas Andalas. *Manggaro* 12:17-22.
- Bernard CB, HG Krishnamurty, D Chauret, T Durst, BJR Philogene. 1995. Insecticidal defenses of Piperaceae from the Neotropics *J Chem Ecol* 21:801-814.
- Dadang, D Prijono. 2008. Insektisida Nabati: Prinsip, Pemanfaatan, dan Pengembangan. Departemen Proteksi Tanaman, IPB. Bogor
- Djojosumarto P. 2008. Pestisida dan Aplikasinya. Agromedia Pustaka. Jakarta
- Fazolín M, JLV Estrela, KKL Yamaghuci, FA Pieri, V Junior. 2005. Amazon Piperaceae With Potential Insecticide Use. *Medicinal Plants: Phytochemistry and Therapeutics* 3:423-439.
- Georghiou GP. 1983. Management of resistance in arthropods. In Georghiou GP, Saito T, editor. *Pest Resistance to Pesticides*. New York (US): Plenum Press. Pp 769-792.
- Hummelbranner LA, MB Isman. 2001. Acute, sublethal, antifeedant and synergistic effects of monoterpenoid essential oil compounds on the tobacco cutworm, *Spodoptera litura* (Lep., Noctuidae). *J of Agriculture and Food Chemistry*. 49:715-720
- Klocke JA, MF Balandrin, MA Barnby, RB Yamasaki. 1989. Limonoids, Phenolics, and Furanocoumarins as Insect Antifeedants, Repellents, and Growth Inhibitory Compounds. *Di dalam: Arnason JT, Philogene BJR, Morand P. (eds). Insecticides of Plant Origin*. Washington DC: ACS. Hal 136-149.
- Kosman E, Y Cohen. 1996. Procedures for calculating and differentiating synergism and antagonism in action of fungicide mixtures. *Phytopathology* 86:1255-1264.
- Kristanto SP, Sutjipto, Soekarto. 2013. Pengendalian Hama Pada Tanaman Kubis Dengan Sistem Tanam Tumpangsari. *Berkala Ilmiah Pertanian*. 1:7-9. .
- Lina EC, Dadang, S Manuwoto, G Syahbirin, D Priono. 2013. Synergistic action of mixed extracts of *Brucea javanica* (Simaroubaceae), *Piper aduncum* (Piperaceae), and *Tephrosia vogelii* (Leguminosae) against cabbage head caterpillar, *Crocidolomia pavonana*. *J Biopest* 6(1):77-83
- Lina EC. 2014. Pengembangan formulasi insektisida nabati berbahan ekstrak *Brucea javanica*, *Piper aduncum*, dan *Tephrosia vogelii* untuk pengendalian hama kubis *Crocidolomia pavonana*. [Disertasi]. Sekolah Pasca Sarjana. IPB, Bogor.

- Lina EC, Dadang, S Manuwoto, G Syahbirin. 2015. Gangguan fisiologi dan biokimia *Crosidolomia pavoana* (F.) (Lepidoptera: Crambidae) akibat perlakuan ekstrak campuran *Tephrosia vogelii* dan *Piper aduncum*. *Jurnal Entomologi Indonesia* 12(2) : 994-101.
- Lina EC, Dadang, S Manuwoto, G Syahbirin. 2017. Safety and effectiveness of mixed plants extracts formulation against cabbage pests under field conditions. *J Biopest* 10(1): 25-34.
- Makal, VG Henny, AST Defly. 2011. Pemanfaatan ekstrak kasar batang serai untuk Pengendalian larva *Crosidolomia binotalis* zell. Pada tanaman kubis. *Eugenia*. 17(1):16-20.
- Miyakado M, I Nakayama, N Ohno. 1989. Insecticidal unsaturated isobutylamides from natural products to agrochemical leads. In Arnason JT, Philogene BJR, Morand P, editor. *Insecticides of Plant Origin*. Washington DC (US): ACS. Pp 173-187.
- Perry AS, I Yamamoto, I Ishaaya, RY Perry. 1998. *Insecticides in Agriculture and Environment: Retrospects and Prospects*. Berlin (DE): Springer-Verlag.
- Prijono D. 2002. *Pengujian Keefektifan Campuran Insektisida: Pedoman bagi Pelaksana Pengujian Efikasi untuk Pendaftaran Pestisida*. Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta IPB
- Rauf A, D Prijono, Dadang, IW Winasa, IW Russell. 2005. Survey of pesticide use by cabbage farmers in West Java, Indonesia [Abstract]. Department of Plant Pests and Diseases IPB. Bogor
- Sastrosiswojo S, Uhan T.S, Sutarya R. 2005. Penerapan Teknologi PHT Pada Tanaman Kubis. Balai Penelitian Tanaman Sayuran. Bandung
- Scott IM, N Gagnon, L Lesage, BJR Philogene, JT Arnason. 2005. Efficacy of botanical insecticides from Piper species (Piperaceae) extracts for control of European Chafer (Coleoptera: Scarabaeidae). *J. Econ.Entomol* 98(3):845-855.
- Shahabuddin, A Anshary. 2010. Uji Aktivitas Insektisida Ekstrak Daun Serai Terhadap Ulat daun Kubis (*Plutella xylostella* L.) Di Laboratorium. *Agroland* 17(3): 178-183.
- Stone ND, ME Makela, FW Plapp. 1988. Nonlinear optimization analysis of insecticide mixtures for the control of the tobacco budworm (Lepidoptera: Noctuidae). *J Econ Entomol* 81:989-994.
- Veterinary, D. 2003. Cimbinded Action and Interaction of Chemicals in Mixtures “The Toxicological Effects of Exporsure to Mixtures of Industrial and Enviromental Chemicals. Danish Ministry of Agriculture, Food and Fisheries.
- Yuswanti L. 2002. Pengaruh campuran ekstrak *Aglaia harmsiana* Perkins dan *Dysoxylum acutangulum* Miq. (Meliaceae) terhadap mortalitas dan oviposisi *Plutella xylostella* (L) (Lepidoptera: Yponomeutidae) [skripsi]. Bogor: Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Faperta IPB.
- Yuswantina R, K Retno, Sikni, N Lusiana. 2014. Formulasi krim ekstrak batang sereh *Cymbopogon nardus* sebagai anti fungi terhadap jamur *Candida albicans*. Semarang. Jurusan Farmasi STIKES NWU.