

ISSN 0853-2885

# Agrikultura

Vol. 15 No. 3 / Desember 2004



Terakreditasi s.d. 2006  
SK Ditjen Dikti No. 34/Dikti/Kep/2003

Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran  
Jatinangor, Bandung 40600



## Aktivitas Insektisida Rokaglamida Terhadap Larva *Crociodolomia pavonana* (F.) dan Imago Betina Parasitoid *Eriborus argenteopilosus* (Cameron)

Danar Dono

Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Bandung

Djoko Prijono, Syafrida Manuwoto, Damayanti Buchori, dan Dadang

Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor

Hasim

Departemen Kimia, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam Institut Pertanian Bogor

### Abstract

Dono, D, D Prijono, S Manuwoto, D Buchori, Dadang, and Hasim. 2004. Insecticidal activity of rocaglamide against *Crociodolomia pavonana* (F.) larvae and adult female of parasitoid, *Eriborus argenteopilosus* (Cameron). *Agrikultura* 15:178-184.

Rocaglamide, the active compound of extract of *Aglaia odorata* is effective against larvae of some insect pest species, but its toxicity to caterpillar of crop cabbage caterpillar, *Crociodolomia pavonana*, and nontarget organism for example *Eriborus argenteopilosus* parasitoid has never been tested. Result of this research indicated that rocaglamide has a strong insecticidal activity and lengthen the development time of *C. pavonana* larvae by residual method on food leaf, but rocaglamide was relative nontoxic to adult of *E. argenteopilosus* by local treatment till concentration of 300 ppm.  $LC_{50}$  and  $LC_{95}$  of rocaglamide to *C. pavonana* instar 2+3+4 were 23,39 ppm and 69,24 ppm, respectively. Rokaglamide at concentration of 10-80 ppm lengthen development time of *C. pavonana* larvae of instar 2 till instar 4 of 1,25-3,67 days compared with control. Therefore, rocaglamide has a good potential to be developed as botanical insecticide that is compatible with integrated pest management.

Keywords: rocaglamide, toxicity, *C. pavonana*, *E. argenteopilosus*

### Abstrak

Rokaglamida, senyawa aktif ekstrak tanaman *Aglaia odorata* efektif terhadap larva beberapa spesies serangga hama. Namun, toksisitas rokaglamida terhadap ulat krop kubis *Crociodolomia pavonana* dan terhadap organisme bukan sasaran misalnya parasitoid *Eriborus argenteopilosus* belum pernah diteliti. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dengan perlakuan residu pada daun makanan, rokaglamida memiliki aktivitas insektisida yang kuat dan memperpanjang lama perkembangan larva *C. pavonana* tetapi relatif aman terhadap imago parasitoid *E. argenteopilosus* dengan perlakuan setempat hingga konsentrasi 300 ppm. Nilai  $LC_{50}$  dan  $LC_{95}$  rokaglamida terhadap larva *C. pavonana* instar 2+3+4 melalui pengujian residu pada daun makanan berturut-turut 23,39 ppm dan 69,24 ppm. Rokaglamida pada konsentrasi 10-80 ppm memperpanjang lama perkembangan larva *C. pavonana* dari instar 2 hingga instar 4 selama 1,25-3,67 hari dibanding kontrol. Dengan demikian, Rokaglamida berpotensi dikembangkan menjadi insektisida yang sesuai dengan konsep pengendalian hama terpadu, yaitu efektif terhadap hama sasaran dan aman bagi musuh alami.

Kata kunci: rokaglamida, toksisitas, *C. pavonana*, *E. argenteopilosus*

### PENDAHULUAN

Penggunaan insektisida yang berlebihan terhadap hama *Crociodolomia pavonana* (F.)

(Lepidoptera: Pyralidae) dapat membunuh parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae), musuh alami utama *Plutella xylostella* (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) yang terdapat pada ekosistem yang sama dengan hama *C.*





*pavonana* (Sastrosiswojo & Setiawati 1992). Demikian pula yang terjadi pada pertanaman tomat seperti yang ditunjukkan oleh hasil penelitian La Daha (1997) bahwa penggunaan insektisida sintetik profenofos untuk mengendalikan ulat buah *Helicoverpa armigera* Hubner (Lepidoptera: Noctuidae) dapat menekan parasitisasi oleh parasitoid *Eriborus argenteopilosus* (Hymenoptera: Ichneumonidae) dari 53,4% pada petak kontrol menjadi hanya 5% pada petak perlakuan insektisida. Karena itu, metode pengendalian hama yang ramah lingkungan dan sekaligus dapat meningkatkan kinerja parasitoid perlu dikembangkan untuk menunjang penerapan pengendalian hama terpadu (PHT).

Telah diketahui bahwa beberapa insektisida asal tanaman (botani) relatif tidak toksik terhadap musuh alami hama dan memiliki tingkat persistensi yang relatif singkat sehingga kurang dikhawatirkan meninggalkan residu berbahaya pada hasil panen (Schmutterer 1997; Dono et al. 1998; Prijono 1999; Sudarmo et al. 2001; Syahputra et al. 2001a). Salah satu alternatif yang layak dipelajari dan memenuhi persyaratan tersebut adalah bahan insektisida dari tanaman *Aglaiia odorata* Lour. (Meliaceae).

Ishibashi et al. (1993) dan Janprasert et al. (1993) telah mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa rokaglamida (golongan benzofuran) yang berasal dari daun dan ranting *A. odorata* dan ternyata mempunyai aktivitas insektisida dan menghambat pertumbuhan larva *Peridroma saucia* (F) (Lepidoptera: Noctuidae) dan *Spodoptera litura* (F.) (Lepidoptera: Noctuidae). Nugroho et al. (1997a, 1997b, 1999) dan Gussregen et al. (1997) telah berhasil mengisolasi dan mengidentifikasi senyawa rokaglamida dan turunannya dari bunga, daun dan ranting *A. odorata*, buah *A. elliptica*, dan ranting *A. duperreana*. Senyawa-senyawa tersebut mempunyai aktivitas insektisida dan penghambat pertumbuhan larva *Spodoptera littoralis* (Boisd.) (Lepidoptera: Noctuidae). Walaupun senyawa rokaglamida telah diteliti dan terbukti efektif terhadap beberapa spesies serangga hama, tetapi keefektifannya terhadap *C. pavonana* dan keamanannya terhadap *E. argenteopilosus* belum pernah diteliti.

Sehubungan dengan hal tersebut di atas, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui 1) aktivitas insektisida rokaglamida terhadap larva *C. pavonana* instar 2, dan 2) toksisitas rokaglamida terhadap imago betina parasitoid *E. argenteopilosus*.

## BAHAN DAN METODE

### Pemeliharaan serangga

*C. pavonana* yang digunakan dalam penelitian ini merupakan keturunan dari koloni yang diperbanyak sejak tahun 1992 di Laboratorium Fisiologi dan Toksikologi Serangga, Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan, Institut Pertanian Bogor. Pemeliharaan serangga mengikuti prosedur yang dikemukakan oleh Prijono & Hassan (1992).

Imago dipelihara dalam kurungan plastik-kasa dan diberi makan cairan madu 10%, sedangkan larvanya dipelihara dengan makanan daun brokoli bebas pestisida.

Pemeliharaan parasitoid *E. argenteopilosus* mengikuti prosedur yang diuraikan oleh Sudarmo et al. (2001). Imago *E. argenteopilosus* yang digunakan dalam penelitian ini dikumpulkan dari pertanaman kubis di daerah Ciloto, kabupaten Bogor. Imago parasitoid dipelihara dalam kurungan plastik-kasa dan diberi makan cairan madu 20% yang diserapkan pada segumpal kapas. Imago parasitoid tersebut diberi umpan larva *C. pavonana* instar 1 akhir. Inang yang telah diparasit dipindahkan ke dalam kotak plastik dan diberi makanan daun brokoli sampai imago parasitoid muncul.

### Percobaan 1. Aktivitas insektisida rokaglamida terhadap larva *C. pavonana*

Senyawa rokaglamida yang digunakan dalam penelitian ini diisolasi dari ekstrak daun dan ranting *A. odorata* yang dilakukan oleh Nugroho et al. (1999). Pengujian dilakukan dengan metode residu pada daun. Rokaglamida diuji pada enam taraf konsentrasi yang diharapkan mengakibatkan kematian larva *C. pavonana* antara 0 dan 100%. Kisaran konsentrasi tersebut ditetapkan berdasarkan percobaan pendahuluan. Setiap taraf konsentrasi dan kontrol diulang enam kali.

Rokaglamida dilarutkan dalam aseton untuk memperoleh larutan dengan konsentrasi yang diinginkan. Setiap larutan rokaglamida dengan konsentrasi 10, 20, 30, 40, 50, 60, 70 dan 80 ppm disebarakan secara merata sebanyak 25 µl pada setiap permukaan bundaran daun brokoli berdiameter 3 cm dengan sonde mikro (*microsyringe*). Daun kontrol diberi perlakuan aseton dengan volume yang sama. Dua bundaran daun perlakuan atau kontrol ditempatkan dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang dialasi kertas isap. Ke dalam setiap cawan petri dimasukkan 15 ekor larva *C. pavonana* instar 2 berumur lebih kurang 1 jam setelah ganti kulit. Larva *C. pavonana* diberi makan daun perlakuan selama 48 jam, kemudian diberi makan daun brokoli segar tanpa perlakuan hingga larva berkepompong. Data yang dicatat adalah jumlah larva yang mati tiap hari dan yang berganti kulit hingga larva berkepompong. Hubungan regresi antara konsentrasi rokaglamida dan tingkat kematian serangga uji ditentukan dengan analisis probit (Finney 1971).

### Percobaan 2. Toksisitas rokaglamida terhadap imago betina parasitoid *E. argenteopilosus*

Berdasarkan hasil percobaan 1 ditentukan nilai konsentrasi 69,24 ppm dan 300 ppm (setara LC<sub>95</sub> dan 4,3 x LC<sub>95</sub> terhadap larva inang) yang digunakan untuk pengujian toksisitas rokaglamida terhadap imago betina *E. argenteopilosus* berumur 1-3 hari dengan metode perlakuan setempat. Sebelum perlakuan, imago betina parasitoid dibuat

tidak aktif dengan cara pendinginan dalam lemari es selama 2-3 menit. Pada saat didinginkan, parasitoid ditempatkan dalam tabung reaksi. Larutan rokaglamida dengan konsentrasi tertentu sebanyak 1,0  $\mu$ l diteteskan pada bagian dorsum toraks *E. argenteopilosus* menggunakan sonde mikro. Serangga kontrol ditetesi dengan pelarut dengan volume yang sama. Serangga yang telah diberi perlakuan atau kontrol dimasukkan ke dalam kurungan plastik-kasa sebanyak 10 ekor per kurungan dan diberi makan cairan madu. Untuk setiap perlakuan digunakan 50 imago. Jumlah serangga yang mati dicatat tiap hari sampai hari ke-5.

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Data persentasi ditransformasi ke arksin  $\sqrt{y}$  yang kemudian dianalisis dengan sidik ragam. Perbandingan nilai tengah antar perlakuan dilakukan dengan uji Tukey (Steel & Torrie 1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Aktivitas insektisida rokaglamida terhadap larva *C. pavonana*

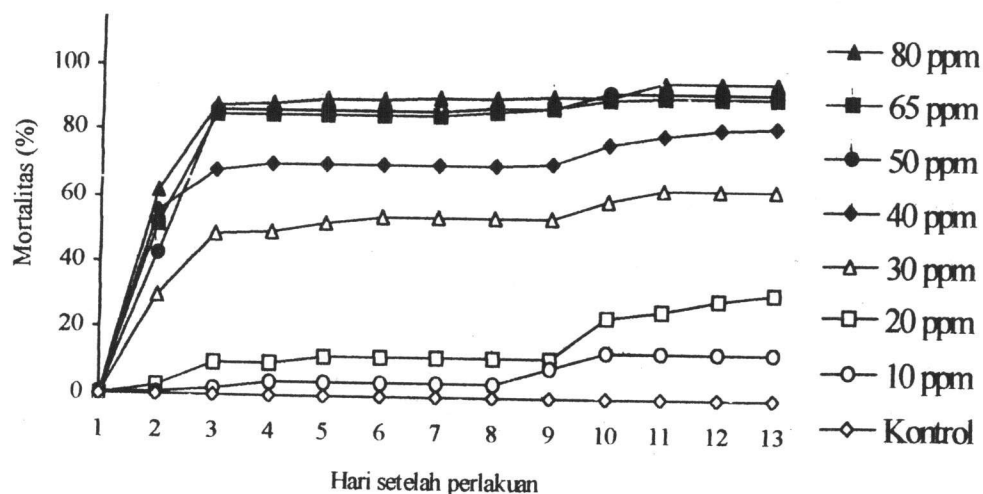
Mortalitas larva *C. pavonana* yang diberi makan daun brokoli berperlakuan mulai teramati pada hari ke-2 setelah perlakuan. Mortalitas larva *C. pavonana* akibat perlakuan dengan rokaglamida meningkat nyata pada hari ke-3 setelah perlakuan dan pada hari-hari berikutnya masih terjadi peningkatan mortalitas namun tidak mencolok (Gambar 1 dan Tabel 1). Mortalitas larva pada perlakuan tersebut kebanyakan terjadi pada instar 2. Tampak bahwa pengaruh mematikan rokaglamida cukup lambat. Larva yang memakan daun perlakuan dan bertahan hidup aktivitas dan kemampuan

makannya menurun serta perkembangannya terhambat.

Hasil analisis probit menunjukkan bahwa  $LC_{50}$  terhadap instar 2 dan 2+3 tidak berbeda, tetapi  $LC_{50}$  terhadap instar 2+3+4 berbeda dengan kedua nilai  $LC_{50}$  tersebut (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa mortalitas larva kebanyakan terjadi pada instar 2 walaupun tampak ada penambahan mortalitas pada larva instar 4.

Nilai  $LC_{95}$  (69,24 ppm) rokaglamida terhadap larva *C. pavonana* ini cukup rendah sehingga rokaglamida cukup prospektif untuk dikembangkan sebagai insektisida botani komersial. Hasil penelitian Nugroho *et al.* (1997a) dan Nugroho & Proksch (1999) bahwa toksisitas rokaglamida sebanding dengan azadirakhtin. Nilai  $LC_{50}$  rokaglamida dan azadirakhtin terhadap *S. littoralis* melalui pengujian pencampuran dengan makanan buatan masing-masing  $0,9 \pm 0,36$  ppm dan  $0,9 \pm 0,35$  ppm. Azadirakhtin adalah senyawa insektisida asal tanaman *Azadirachta indica* A. Juss. (Meliaceae) dan telah dikomersialkan sebagai insektisida botani dewasa ini (Ermele & Kleeberg 1995; Parmar 1995). Diharapkan rokaglamida dimasa mendatang dapat menyamai kesuksesan insektisida botani tersebut.

Toksitas intrinsik senyawa rokaglamida ditentukan oleh gugus hidroksi (OH) pada  $R_1$  dan  $R_4$  serta gugus  $CON(CH_3)_2$  pada  $R_2$ , dan cincin heterosiklik oksigen pada inti dihidrobenzofuran (Gambar 2). Asetilasi dengan asam format atau asam asetat pada  $R_1$  dan penggantian gugus pada  $R_2$  dengan hidrogen (H) mengakibatkan senyawa rokaglamida menurun toksisitasnya (Nugroho *et al.* 1997a, 1997b; Nugroho & Proksch 1999; Nugroho *et al.* 1999; Proksch *et al.* 2001).



Gambar 1 Mortalitas kumulatif larva *C. pavonana* yang diberi makan daun yang mendapat perlakuan rokaglamida selama 48 jam.

Tabel 1 Hubungan konsentrasi-mortalitas rolaglamida terhadap larva *C. pavonana* berdasarkan hari pengamatan

wp (hsp)	a ± SE	b ± SE	LC <sub>50</sub> (sk 95%) (ppm)	LC <sub>95</sub> (sk 95%) (ppm)
2	0,23 ± 1,01	2,74 ± 0,61	54,90 (40,87 - 93,07)	218,59 (115,79 - 1989,3)
3	-1,13 ± 0,89	4,03 ± 0,56	33,23 (26,84 - 39,62)	85,04 (65,47 - 139,38)
4	-0,86 ± 0,87	3,88 ± 0,55	32,33 (25,76 - 38,92)	85,81 (65,09 - 146,39)
6	-0,72 ± 0,81	3,82 ± 0,51	31,43 (25,25 - 37,59)	84,74 (64,83 - 139,46)
10	0,83 ± 0,66	3,29 ± 0,43	25,37 (19,54 - 30,89)	80,23 (60,27 - 134,73)
12	0,21 ± 0,35	3,48 ± 0,23	23,78 (21,78 - 25,72)	70,55 (62,74 - 81,57)

wp: waktu penilaian, SE: standard error, sk: selang kepercayaan, hsp: hari setelah perlakuan

Tabel 2 Hubungan konsentrasi-mortalitas rolaglamida terhadap larva *C. pavonana* berdasarkan tingkat perkembangan larva

Instar	a ± SE	b ± SE	LC <sub>50</sub> (sk 95%) (ppm)	LC <sub>95</sub> (sk 95%) (ppm)
2	-6,02 ± 0,85	3,99 ± 0,53	32,27 (26,01 - 38,42)	83,40 (64,60 - 133,49)
2+3	-5,77 ± 0,77	3,86 ± 0,49	31,35 (25,45 - 37,18)	83,61 (64,96 - 131,07)
2+3+4	-4,78 ± 0,34	3,49 ± 0,23	23,39 (21,43 - 25,31)	69,24 (61,63 - 79,93)

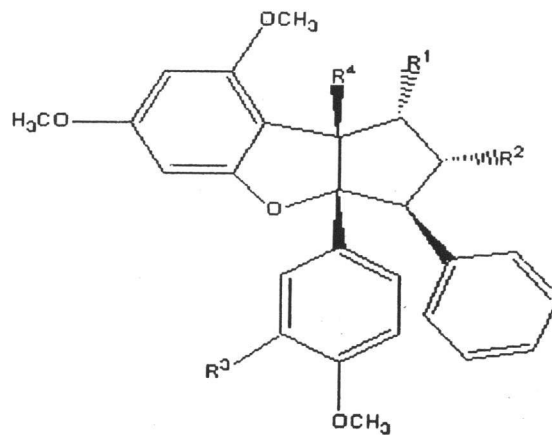
SE: standard error, sk: selang kepercayaan.

Perubahan cincin heterosiklik oksigen tersebut menjadi cincin piran dan oksepina mengakibatkan rolaglamida kehilangan aktivitas insektisidanya (Proksch et al. 2001).

Selain menyebabkan kematian, rolaglamida juga memperpanjang lama perkembangan larva *C. pavonana*. Perlakuan rolaglamida pada konsentrasi 10-80 ppm memperlambat perkembangan dari instar 2 sampai instar 4 selama 1,25-3,67 hari bila dibandingkan kontrol (Tabel 3). Satasook et al. (1992) dan Nugroho et al. (1999) melaporkan bahwa rolaglamida dan beberapa senyawa turunannya bersifat letal, penghambat pertumbuhan dan menghambat aktivitas makan serangga. Hambatan perkembangan larva *C. pavonana* yang makan daun brokoli berperlakuan rolaglamida dapat disebabkan karena adanya alokasi energi untuk detoksifikasi senyawa toksik, rolaglamida berperan sebagai penghambat penguraian protein dari makanan dan penghambat sintesis protein. Adanya senyawa toksik dalam makanan mengakibatkan sebagian energi makanan yang seharusnya digunakan untuk pertumbuhan dan perkembangan dialokasikan untuk detoksifikasi senyawa racun (Sipes & Gandolfi 1986). *Trichoplusia ni* yang makan penghambat proteinase dari tanaman kubis mengalami hambatan pertumbuhan dan perkembangan (Broadway 1996). Senyawa turunan rolaglamida rolaglaol, pirimidinon, dan aglaistatin dilaporkan mempunyai aktivitas

penghambat sintesis protein dan pertumbuhan sel kanker K-ras-NRK dengan nilai konsentrasi penghambatan (IC<sub>50</sub>) antara 1-10 ng/ml (Ohse et al. 1996).

Hambatan perkembangan serangga dapat diakibatkan oleh gangguan sistem hormon pertumbuhan dan perkembangan serangga. Perkembangan serangga dikontrol oleh hormon protorasikotropik (PPTH), hormon juvenil, ecdison, *eclosion trigger hormon* (ETH), hormon eklosi, bursikon dan *crustacean cardioactive peptide* (CCAP) (Rachinsky 1990; Horodyski 1996; Chapman 1998). Gangguan pada salah satu jenis hormon tersebut dapat mengakibatkan terganggunya keseluruhan sistem hormon yang diindikasikan dengan hambatan pertumbuhan dan perkembangan serangga (Chapman 1998). Namun, pengaruh rolaglamida terhadap gangguan sistem hormon larva *C. pavonana* tidak cukup kuat. Hal ini ditunjukkan oleh nilai LC<sub>50</sub> instar 2 tidak berbeda nyata dengan LC<sub>50</sub> instar 2+3, yang berarti tidak terjadi peningkatan kematian yang nyata pada instar 3. Pengaruh senyawa insektisida yang mengakibatkan gangguan pertumbuhan dan perkembangan salah satunya ditunjukkan oleh peningkatan kematian yang nyata pada instar berikutnya yang terjadi pada saat menjelang atau saat ganti kulit (Syahputra et al. 2001b).



Gambar 2 Struktur roklamida (Janprasert et al. 1993; Nugroho et al. 1997b; Proksch et al. 2001)

Tabel 3 Pengaruh roklamida terhadap lama perkembangan larva *C. pavonana*

Konsentrasi (ppm)	Rataan lama perkembangan $\pm$ SB (hari) (n)			
	Instar 2 ke 3		Instar 2 ke 4	
0 (kontrol)	2,00 $\pm$ 0,00	(105)	3,03 $\pm$ 0,17	(105)
10	2,43 $\pm$ 0,61	(102)	4,28 $\pm$ 0,49	(100)
20	3,17 $\pm$ 0,74	(95)	5,15 $\pm$ 0,85	(92)
30	3,88 $\pm$ 0,33	(51)	6,08 $\pm$ 0,65	(48)
40	3,97 $\pm$ 0,31	(31)	5,84 $\pm$ 0,64	(31)
50	4,07 $\pm$ 0,27	(14)	6,71 $\pm$ 0,61	(14)
65	4,13 $\pm$ 0,34	(16)	6,50 $\pm$ 0,63	(16)
80	4,27 $\pm$ 0,47	(11)	6,70 $\pm$ 0,67	(10)

Keterangan : SB: simpangan baku, n: jumlah larva yang bertahan hidup

#### Toksistas roklamida terhadap imago betina parasitoid *E. argenteopilosus*

Meskipun roklamida memiliki sifat insektisida kuat terhadap larva *C. pavonana* (hasil Percobaan 1), tetapi relatif tidak toksik dengan cara perlakuan setempat terhadap imago betina parasitoid *E. argenteopilosus* (Tabel 4). Rendahnya toksistas roklamida terhadap musuh alami kemungkinan disebabkan karena laju penetrasi senyawa tersebut melalui kutikula imago parasitoid lebih rendah dibandingkan penetrasi melalui kutikula larva *C. pavonana* sebagai akibat perbedaan karakteristik kutikula larva inang dengan kutikula imago parasitoid. Secara morfologi kutikula imago lebih keras/kedap dibandingkan kutikula larva (Matsumura 1985). Dengan demikian, penetrasi senyawa roklamida melalui kutikula imago parasitoid *E. argenteopilosus* lebih rendah dibandingkan dengan penetrasi melalui kutikula

larva *C. pavonana*. Selain itu, roklamida yang diuji lebih bersifat racun perut sehingga imago parasitoid yang kontak dengan senyawa tersebut tidak mengalami kematian yang nyata. Tampaknya senyawa roklamida lebih bersifat racun perut, seperti halnya kebanyakan senyawa insektisida asal tumbuhan yang lebih bersifat racun perut (Priyono 1999). Nugroho & Proksch (1999) mengemukakan bahwa toksistas roklamida terutama disebabkan oleh pengaruhnya terhadap aktivitas makan serangga. Selain itu, roklamida juga mempengaruhi secara fisiologis terhadap pertumbuhan larva *S. littoralis*. Berdasarkan percobaan ini terungkap bahwa roklamida memiliki selektivitas yang baik terhadap parasitoid sehingga insektisida botani tersebut berpeluang untuk diterapkan sebagai komponen pengendalian dalam sistem PHT yang sesuai dengan konsep pertanian berkelanjutan (Manuwoto 1999).



Tabel 4 Mortalitas imago betina parasitoid *E. argenteopilosus* yang mendapat perlakuan setempat rokaglamida

Perlakuan	Mortalitas $\pm$ SB (%) pada n hari setelah perlakuan				
	1	2	3	4	5
Kontrol	3,33 $\pm$ 5,77	13,33 $\pm$ 15,28	16,67 $\pm$ 15,28	23,33 $\pm$ 20,82	26,67 $\pm$ 23,09
69,24 ppm	3,33 $\pm$ 5,77	16,67 $\pm$ 5,77	23,33 $\pm$ 5,77	30,0 $\pm$ 10,0	30,0 $\pm$ 10,0
300 ppm	5,0 $\pm$ 10,0	10,0 $\pm$ 20,0	20,0 $\pm$ 28,28	45,0 $\pm$ 34,16	60,0 $\pm$ 28,28

Keterangan : SB: simpangan baku. Untuk semua waktu pengamatan, mortalitas pada kontrol dan perlakuan tidak berbeda nyata menurut uji F

## SIMPULAN

Rokaglamida memiliki aktivitas insektisida yang kuat dan menghambat perkembangan larva *C. pavonana*. Nilai LC<sub>50</sub> dan LC<sub>95</sub> rokaglamida terhadap kematian larva *C. pavonana* instar 2+3+4 melalui pengujian residu pada daun makanan berturut-turut 23,39 ppm dan 69,24 ppm. Rokaglamida pada konsentrasi 10-80 ppm memperpanjang lama perkembangan larva *C. pavonana* dari instar 2 hingga instar 4 selama 1,25-3,67 hari dibanding kontrol.

Rokaglamida memiliki aktivitas insektisida yang kuat dan memperpanjang waktu perkembangan larva *C. pavonana* tetapi relatif aman terhadap imago betina parasitoid *E. argenteopilosus* pada konsentrasi 69,24 ppm (LC<sub>95</sub> terhadap inang) hingga konsentrasi 300 ppm (3,4 x LC<sub>95</sub>) sehingga berpotensi dikembangkan menjadi insektisida yang kompatibel dengan komponen penendalian hama terpadu lainnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Broadway, RM. 1996. Dietary proteinase inhibitors alter complement of midgut protease. *Arch Insect biochem physiol* 32: 39-53.
- Chapman, RF. 1998. *The Insect, Structure and Function*, 4<sup>th</sup> ed. Massachusetts: Cambridge University Press.
- Dono, D, D Prijono, S Manuwoto, dan D Buchori. 1998. Pengaruh ekstrak biji *Aglaia harmsiana* Perkins terhadap interaksi antara larva *Crociodolomia binotalis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) dan parasitoidnya, *Eriborus argenteopilosus* (Cameron) (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Bul HPT* 1: 38-46.
- Ermel, K, and H Kleeberg. 1995. Commercial product, their standardization and problems of quality control, pp. 375-384. In Schmutterer H (ed.), *The Neem Tree Azadirachta indica* A. Juss. and Other Meliaceae Plants: Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes. Germany: VCH.
- Finney DJ. 1971. *Probit Analysis*, 3rd ed. England: Cambridge University Press.
- Gussregen B, M Fuhr, BW Nugroho, V Wray, L Witte, and P Proksch. 1997. New insecticidal rocaglamide derivatives from flower of *Aglaia odorata*. *Z Naturforsch* 52C: 339-344.
- Horodyski, FM. 1996. Neuroendocrine control of insect ecdysis by eclosion hormone. *J Insect Physiol* 42: 917-924.
- Ishibashi, F, C Satasook, MB Isman, and GHN Towers. 1993. Insecticidal 1 H-cyclopentatetrahydro[b]benzofurans from *Aglaia odorata*. *Phytochemistry* 32: 307-310.
- Janprasert, J, C Satasook, P Sukumalanand, DE Champagne, MB Isman, P Wiriyachitra, and GHN Towers. 1993. Rocaglamide, a natural benzofuran insecticide from *Aglaia odorata*. *Phytochemistry* 32: 67-69.
- La Daha. 1997. *Ekologi Helicoverpa armigera* (Hubner) (Lepidoptera: Noctuidae) pada Pertanaman Tomat [Disertasi]. Bogor: Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Manuwoto, S. 1999. Pengendalian hama ramah lingkungan dan ekonomis. Dalam: Prasaja I, Arifin M, Trisawa IM, Laba IW, Wikardi EA, Soetopo D, Wiratno, Karmawati E (penyunting). *Prosiding Seminar Nasional Peranan Entomologi dalam Pengendalian Hama yang Ramah Lingkungan dan Ekonomis*, Bogor 16 Februari 1999. Bogor: PEI Cab Bogor.
- Matsumura F. 1985. *Toxicology of Insecticides*, 2nd ed. New York.: Plenum Press.
- Nugroho, BW, RA Edrada, B Güssregen, V Wray, L Witte, and P Proksch. 1997a. New insecticidal rocaglamide derivatives from *Aglaia duperreana* (Meliaceae). *Phytochemistry* 44: 1455-1461.
- Nugroho BW, RA Edrada, V Wry, L Witte, M Gehling, and P Proksch. 1999. New insecticidal rocaglamide derivatives and related

- compound from *Aglaia odorata* (Meliaceae). *Phytochemistry* 51: 367-371.
- Nugroho BW, B Gussregen, V Wry, L Witte, G Bringmann, and P Proksch. 1997b. New insecticidal rocaglamide derivatives from *Aglaia elliptica* and *Aglaia harmsiana* (Meliaceae). *Phytochemistry* 45: 1579-1585.
- Nugroho BW and P Proksch. 1999. Insektisida botani dari tanaman *Aglaia odorata* (Meliaceae). Dalam: Soetopo D, Supriyadi, Djazuli M, Hadipoentyanti E, Yuliani S, Prijono D, Rivai AM, Taufiq E, Rushendi (penyunting). *Prosiding Forum Komunikasi Ilmiah Pemanfaatan Pestisida Nabati*. Bogor, 9-10 Nopember 1999. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Perkebunan. Bogor: Duta Grafika.
- Ohse T, S Ohba, T Yamamoto, T Koyano, and K Umezawa. 1996. Cyclopentabenzofuran lignan protein synthesis inhibitors from *Aglaia odorata*. *J Nat Prod* 59: 650-652.
- Parmar BS. 1995. Result with commercial neem formulation produced in India, pp. 453-470. In Schmutterer H. (ed.). *The Neem Tree *Azadirachta indica* A. Juss. and Other Meliaceous Plants: Sources of Unique Natural Products for Integrated Pest Management, Medicine, Industry and Other Purposes*. Germany: VCH.
- Prijono D. 1999. Prospek dan strategi pemanfaatan insektisida alami dalam PHT. Hlm. 1-7 dalam BW Nugroho, Dadang, D Prijono (Penyunting). *Bahan Pelatihan Pengembangan dan Pemanfaatan Insektisida Alami*, Bogor, 9 - 13 Agustus 1999. Bogor: Pusat Kajian Pengendalian Hama Terpadu, IPB.
- Prijono D and E Hassan. 1992. Life cycle and demography of *Crociodolomia binotalis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae) on broccoli in Laboratory. *Indon J Trop Agric* 4: 18-24.
- Proksch, P, RA Edrada, R Ebel, FI Bohnenstengel, and BW Nugroho. 2001. Chemistry and biological activity of rocaglamide derivatives and related compounds in *Aglaia* species (Meliaceae). *Cur. Organic Chemist* 5: 923-938.
- Rachinsky H, Strambi C, Strambi A, Hartfelder K. 1990. Caste and metamorphosis: hemolymph titers of juvenil hormone and ecdysteroids in last instar honeybee larvae. *Gen Comp Endocrinol* 79: 31-38.
- Sastrosiswojo, S and W Setiawati. 1992. Biology and control of *Crociodolomia binotalis* in Indonesia. Pp. 81-87 in NS Talekar (ed.), *Diamondback Moth and Other Crucifer Pests*. Proceeding Second International Workshop, Tainan, Taiwan, 10-14 Dec. 1990. Taipei, Taiwan: AVRDC.
- Satasook C, MB Isman, and P Wiryachitra. 1992. Activity of rocaglamide, an insecticidal natural product, against the variegated cutworm, *Peridroma saucia* (Lepidoptera: Noctuidae). *Pestic Sci* 36: 53-58.
- Schmutterer H. 1997. Side-effects of neem (*Azadirachta indica*) products on insect pathogens and natural enemies of spider mites and insect. *J Appl Entomol* 121: 121-128.
- Sipes IG and AJ Gandolfi. 1986. Biotransformation of toxicants, Pp. 64-98. In: Klaassen CD, Amdur MO, Doull J. (eds.). *Casarett and Doull's Toxicology*. New York: Macmillan Publishing Company.
- Steel RGD and JH Torrie. 1993. *Prinsip dan Prosedur Statistik: Suatu pendekatan biometrik*. Alihbahasa Bambang Sumantri. Jakarta: PT Gramedia Pustaka Utama.
- Sudarmo, Prijono D, Manuwoto S, Buchori D. 2001. Selektivitas ekstrak ranting *Aglaia odorata* Lour. (Meliaceae) terhadap *Crociodolomia binotalis* Zeller dan *Eriborus argenteopilosus* (Cameron). *Hayati* 8: 112-116.
- Syahputra E, D Prijono, S Manuwoto, dan P Simanjuntak. 2001. Aktivitas residu fraksi aktif *Dysoxylum acutangulum* MIQ. terhadap ulat krop kubis *Crociodolomia binotalis* Zeller. Dalam: P Sukartana, I Prasadja, M Arufin, EA Wikardi, Kaomini, Soesilawati (penyunting). *Prosiding Seminar Nasional III Pengelolaan Serangga yang Bijaksana Menuju Optimasi Produksi*, 6 November 2001. Bogor: Perhimpunan Entomologi Indonesia.
- Syahputra E, D Prijono, dan P Simanjuntak. 2001. Aktivitas insektisida *Dysoxylum acutangulum* MIQ. (Meliaceae) terhadap ulat krop kubis *Crociodolomia binotalis* Zeller (Lepidoptera: Pyralidae). *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Berkelanjutan*, Bandar Lampung, 26-27 Juni 2001.