



Keberhasilan hidup parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen dan serangga inangnya *Plutella xylostella* (L.) terhadap aplikasi ekstrak biji srikaya (*Annona squamosa* L.)

Survival of parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen and its host,
Plutella xylostella (L.) after application of sugar apple seed extract
(*Annona squamosa* L.)

Bonjok Istiaji*, Djoko Prijono, Damayanti Buchori

Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680

(diterima April 2017, disetujui Maret 2018)

ABSTRAK

Pengendalian *Plutella xylostella* L. dapat dilakukan baik secara hayati maupun kimiawi. Pengendalian secara hayati umumnya banyak dilakukan dengan cara memanfaatkan ekstrak tanaman untuk membunuh serangga hama. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap kematian dan perkembangan parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen serta inangnya, *P. xylostella*. Pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap larva *P. xylostella* instar III awal diuji dengan metode residu pada daun dan metode residu pada permukaan gelas untuk menguji pengaruh kontak ekstrak biji srikaya terhadap kematian imago *D. semiclausum*. Pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap parasitisasi dan perkembangan *D. semiclausum* pradewasa dilakukan dengan memaparkan larva *P. xylostella* yang telah terkontaminasi ekstrak biji srikaya pada konsentrasi subletal (LC_5 dan LC_{10}) pada imago *D. semiclausum*. Hasil penelitian menunjukkan ekstrak biji srikaya pada konsentrasi 0,0632–0,1% pada kontaminasi 24 jam berpengaruh terhadap kematian larva *P. xylostella* dan imago parasitoid *D. semiclausum*. Imago parasitoid lebih peka terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak biji srikaya dibandingkan dengan larva *P. xylostella*. Hambatan perkembangan *P. xylostella* oleh ekstrak biji srikaya pada konsentrasi yang digunakan umumnya tidak nyata. Demikian pula, hambatannya terhadap perkembangan parasitoid *D. semiclausum* dalam inang yang terkontaminasi konsentrasi subletal (LC_5 dan LC_{10}) ekstrak biji srikaya umumnya tidak berbeda nyata. Keberadaan ekstrak biji srikaya dalam inang juga tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat parasitisasi, panjang kokon, lebar kokon, dan bobot kokon. Oleh karena itu, terdapat peluang memadukan pengendalian *P. xylostella* secara kimiawi dan hayati.

Kata kunci: insektisida botani, pengendalian hayati, subletal

ABSTRACT

Control of *Plutella xylostella* L. can be done both biologically and chemically. Biological control is generally done by utilizing plant extracts to kill insect pests. This study aims to determine the effect of the extract of seeds on the mortality and development of parasitoid *Diadegma semiclausum* Hellen and its host, *P. xylostella*. The effect of Srikaya seed extract on *P. xylostella* larvae in the initial stage was tested by foliar rest method, while the residue method on the glass surface was used to test the effect of the extract of seed extract of Srikaya on the death of imago *D. semiclausum*.

*Penulis korespondensi: Bonjok Istiaji. Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor
Jalan Kamper, Kampus IPB Dramaga, Bogor 16680, Email: bistiaji@ipb.ac.id, Faks/Tel: 0251-8423779

The effect of seed extract on parasitization and development of *D. semiclausum* was performed by exposing *P. xylostella* larvae contaminated by the extract of srikaya seeds in sublethal concentration (LC_5 and LC_{10}) in imago *D. semiclausum*. The results showed that extract of srikaya seeds at a concentration of 0.0632–0.1% at 24-hour contamination affected the death of the larva *P. xylostella* and the imago parasitoids *D. semiclausum*. Imago parasitoids are more susceptible to increased concentration of extracts than *P. xylostella* larvae. The developmental resistance of *P. xylostella* by Srikaya seed extract at concentrations used is generally unreal. Similarly, the barriers to the development of parasitoid *D. semiclausum* in hosts contaminated with sublethal concentrations (LC_5 and LC_{10}) of seed extract are generally not significantly different. The presence of Srikaya seed extract in the host also has no significant effect on the extent of parasitization, cocoon length, cocoon width, and cocoon weight. Therefore, there is a possibility to chemically and biologically integrate *P. xylostella* control.

Key words: biological control, botanical insecticides, sublethal

PENDAHULUAN

Plutella xylostella (L.) (Lepidoptera: Yponomeutidae) adalah hama utama tanaman kubis yang tersebar di seluruh dunia (Ahmad et al. 2015; Sarfraz et al. 2005). Kerusakan tanaman akibat serangan hama ini bisa mencapai 100% bila tidak ada usaha pengendalian sama sekali (Kalshoven 1981).

Ada beberapa cara pengendalian *P. xylostella*, diantaranya ialah pengendalian secara hayati maupun kimiawi. Dalam lingkup pengendalian hayati, *Diadegma semiclausum* Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae) memiliki peran penting. Menurut Sastrosiswojo & Sastrodihardjo (1986), tingkat parasitisasi *P. xylostella* oleh *D. semiclausum* di Indonesia mencapai 80% bila insektisida tidak digunakan. Dalam pengendalian kimiawi, penggunaan insektisida sering melebihi dosis yang dianjurkan. Akibatnya, *P. xylostella* menjadi salah satu spesies yang paling banyak dilaporkan resisten terhadap pestisida (Idris & Grafius 1993b; Iman et al. 1986; Agboyi et al. 2016).

Sejalan dengan perkembangan pertanian yang ramah lingkungan, usaha mengganti insektisida sintetik mulai dilaksanakan (Oberemok et al. 2015). Salah satu pilihannya adalah pemanfaatan insektisida botani (insektisida nabati). Insektisida botani diperkirakan relatif aman bagi lingkungan karena persistensinya rendah (Priyono & Triwidodo 1994; Mpumi et al. 2016). Salah satu sumber insektisida botani adalah tanaman srikaya (*Annona squamosa* L.). Srikaya dilaporkan mempunyai pengaruh merugikan (insektisida, menghambat makan, menghambat pertumbuhan) terhadap beberapa jenis serangga hama (Ohsawa et

al. 1994; Setiowati 1995; Supriyanto 1996; Isman & Seffrin 2014). Keefektifan ekstrak biji dan akar srikaya terhadap *P. xylostella* dilaporkan dalam Rejesus (1986). Keefektifan ekstrak kasar bahan tumbuhan bergantung pada kandungan senyawa aktif insektisidanya, yang dapat dipengaruhi oleh faktor geografi.

Kesesuaian antara cara pengendalian hayati dan kimiawi merupakan tuntutan yang harus dipenuhi (Orr 2009). Sebelum direkomendasikan untuk mengendalikan *P. xylostella*, perlu diketahui pengaruh residu senyawa aktif srikaya terhadap *D. semiclausum*. Idris & Grafius (1993a) melaporkan insektisida dengan bahan aktif permetrin dan azinfosmetil mematikan imago *Diadegma insulare* (Cresson), tetapi tidak mematikan larva *P. xylostella*.

Ada beberapa pengaruh yang dapat ditimbulkan senyawa sekunder srikaya terhadap parasitoid, yaitu pengaruh kontak terhadap imago parasitoid dan pengaruh penghambatan perkembangan larva *D. semiclausum* di dalam tubuh serangga inang (*P. xylostella*). Pengaruh kontak terhadap imago *D. semiclausum* dapat terjadi mengingat habitat parasitoid sama dengan larva *P. xylostella*. Gerakan *D. semiclausum* lebih aktif dibandingkan dengan larva *P. xylostella* sehingga peluang kontak dengan residu senyawa aktif srikaya lebih besar. Rendahnya persistensi insektisida botani justru berpeluang menjadi penyebab timbulnya dampak negatif senyawa sekunder srikaya terhadap larva *D. semiclausum*. Karena mudah terurai, suatu saat senyawa aktif srikaya dapat mencapai dosis subletal bagi serangga sasaran. Artinya, *P. xylostella* masih mampu bertahan hidup walaupun tubuhnya mengandung residu senyawa

sekunder srikaya. Keberadaan senyawa sekunder tersebut dapat bermakna penurunan kualitas inang sehingga perkembangan larva *D. semiclausum* mungkin terhambat. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap kematian dan perkembangan parasitoid *D. semiclausum* serta inangnya, *P. xylostella*.

BAHAN DAN METODE

Ekstraksi biji srikaya

Biji srikaya diperoleh dari Kabupaten Cirebon, Jawa Barat. Biji srikaya yang digunakan adalah biji yang berwarna hitam dan berasal dari buah yang telah masak. Biji dikeringudarkan dan kemudian dikupas kulit bijinya. Biji srikaya yang telah bersih dihancurkan dengan blender dan diayak dengan pengayak berukuran $\leq 0,5$ mm sehingga diperoleh serbuk biji srikaya.

Ekstrak biji srikaya diperoleh dengan cara maserasi. Serbuk biji srikaya disuspensikan dalam metanol dengan perbandingan 10 ml metanol untuk setiap gram serbuk. Suspensi diaduk dengan pengaduk magnet selama 24 jam untuk mempercepat kelarutan bahan yang akan diekstrak dalam metanol. Selanjutnya, dilakukan penyaringan dengan kertas saring Whatman No. 41. Ekstrak biji srikaya dipisahkan dari pelarutnya dengan menguapkan filtrat menggunakan (*rotary evaporator*). Hasil akhir proses ini adalah ekstrak kasar berupa cairan pekat dan padatan berwarna coklat.

Pemeliharaan *P. xylostella*

Serangga uji *P. xylostella* berasal dari daerah Puncak, Jawa Barat dan diperbanyak di Laboratorium Pengendalian Hayati, Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.

Imago *P. xylostella* dipelihara dalam kurungan kain kasa berangka kayu (40 cm x 40 cm x 40 cm). Di dalam kurungan diletakkan daun brokoli sebagai tempat peletakan telur serangga. Setiap dua hari sekali daun diganti dan daun yang mengandung telur diletakkan dalam kotak pemeliharaan larva. Imago diberi pakan larutan madu 10% yang diserapkan pada segumpal kapas. Larva *P. xylostella* dipelihara dalam kotak plastik

(35 cm x 25 cm x 7 cm) berjendela kasa dan di beri pakan daun brokoli bebas pestisida.

Pemeliharaan parasitoid *D. semiclausum*

Pupa *D. semiclausum* dikumpulkan dari lokasi yang sama dengan *P. xylostella*. Pupa ini ditempatkan dalam kotak yang serupa dengan kotak pemeliharaan larva *P. xylostella*. Imago parasitoid *D. semiclausum* yang berhasil keluar dari kokon dipindahkan ke tempat pemeliharaan berbentuk tabung plastik bening (d = 10 cm dan t = 25 cm) dan diberi pakan larutan madu 10%.

Di dalam tabung ditempatkan larva *P. xylostella* instar III dengan perbandingan 20 individu larva inang untuk satu parasitoid betina. Pemaparan inang dilakukan selama 24 jam, setelah itu parasitoid dipisahkan dari kurungan dan diberi larva inang yang baru. Larva inang yang terparasit dipelihara hingga terbentuk imago parasitoid. Imago *D. semiclausum* yang berasal dari lapang maupun dari pemeliharaan di laboratorium digunakan sebagai serangga uji.

Pengujian pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap larva *P. xylostella*

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan beberapa konsentrasi untuk pengujian pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap larva *P. xylostella*.

Ekstrak biji srikaya diuji pada enam taraf konsentrasi yang diharapkan dapat menyebabkan kematian serangga uji lebih dari 0% dan kurang dari 100%, yang ditentukan berdasarkan uji pendahuluan. Perlakuan pakan (*feeding method*) dengan lama pemberian pakan, yaitu 6, 9, 12, dan 24 jam. Konsentrasi ekstrak yang digunakan pada perlakuan kontaminasi 6 jam adalah 0,02%, 0,032%, 0,0504%, 0,08%, 0,1264%, dan 0,2%. Kontaminasi 9 jam menggunakan konsentrasi 0,0175%, 0,0028%, 0,0441%, 0,07%, 0,1106%, dan 0,175%. Kontaminasi 12 jam menggunakan konsentrasi 0,015%, 0,024%, 0,038%, 0,06%, 0,0948%, dan 0,15%, dan kontaminasi 24 jam menggunakan konsentrasi 0,01%, 0,016%, 0,0252%, 0,04%, 0,0632%, dan 0,1%.

Pengujian dilakukan menggunakan metode residu pada daun. Ekstrak biji srikaya yang telah ditimbang bobotnya dilarutkan dalam metanol dan pengemulsi Latron 77 (konsentrasi akhir

masing-masing 5% dan 0,2%) lalu ditambah air suling hingga volume tertentu sesuai dengan konsentrasi pengujian. Sebagai kontrol digunakan air suling yang mengandung 5% metanol dan 0,2% pengemulsi.

Potongan daun brokoli tanpa pestisida berukuran 3 cm x 3 cm dicelupkan dalam larutan uji selama 5 detik sampai basah merata dan lalu dikeringanginkan. Sepuluh instar III *P. xylostella* yang baru ganti kulit diletakkan di dalam cawan petri berdiameter 9 cm yang dialasi kertas saring, lalu larva diberikan pakan daun brokoli perlakuan sesuai konsentrasi dan dibiarkan makan selama waktu kontaminasi tertentu. Setelah melewati waktu kontaminasi tersebut, daun brokoli diganti dengan daun tanpa perlakuan. Setiap perlakuan diulang empat kali.

Data tingkat kematian larva diamati setiap hari hingga seluruh larva menjadi imago atau semua larva mati.

Pengujian pengaruh kontak residu ekstrak biji srikaya terhadap imago parasitoid *D. semiclausum*

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap dengan beberapa konsentrasi untuk pengujian pengaruh kontak residu ekstrak biji srikaya terhadap imago parasitoid *D. semiclausum*.

Pengujian residu ekstrak biji srikaya terhadap imago parasitoid *D. semiclausum* dilakukan dengan metode kontak dan larutan uji dibuat dengan cara yang sama dengan perlakuan pengaruh ekstrak terhadap larva *P. xylostella*. Konsentrasi ekstrak yang digunakan adalah 0,01%, 0,016%, 0,0252%, 0,04%, 0,0632%, dan 0,1% atau sama dengan konsentrasi untuk pengujian pengaruh ekstrak terhadap larva *P. xylostella* pada taraf lama kontaminasi 24 jam. Setiap perlakuan diulang empat kali.

Larutan uji dioleskan secara merata ke dalam tabung reaksi (d = 2 cm dan t = 15 cm) menggunakan kuas dan didiamkan hingga larutan uji yang dioleskan kering. Sebagai pakan serangga uji, madu diteteskan di dalam tabung reaksi sebelum diolesi larutan uji. Sepuluh imago *D. semiclausum* betina yang baru keluar dari kokon dimasukkan ke dalam tabung dan didiamkan selama dua puluh empat jam, kemudian imago dipindahkan ke dalam tabung yang bersih dan dicatat kematiannya setiap hari hingga hari ke-7.

Pengujian pengaruh ekstrak biji srikaya dalam tubuh inang *P. xylostella* terhadap parasitoid *D. semiclausum*

Pengujian pengaruh ekstrak biji srikaya dalam tubuh inang *P. xylostella* terhadap parasitoid *D. semiclausum* menggunakan rancangan faktorial dengan faktor konsentrasi ekstrak dan lama waktu kontaminasi.

Untuk mendapatkan inang *P. xylostella* yang terkontaminasi ekstrak biji srikaya dalam jaringan tubuhnya, dilakukan perlakuan metode residu pada daun, seperti dijelaskan pada bagian sebelumnya. Dua taraf konsentrasi yang dapat menyebabkan peluang kematian larva *P. xylostella* sebesar 5% dan 10% (LC₅ dan LC₁₀) digunakan dalam perlakuan. Pengujian ini dilakukan dalam tiga taraf lama pemberian pakan/ kontaminasi, yaitu 6, 12, dan 24 jam. LC₅ dan LC₁₀ untuk kontaminasi 6 jam adalah 0,0274% dan 0,0389%, kontaminasi 12 jam adalah 0,0101%, dan 0,0156% serta kontaminasi 24 jam adalah 0,0041% dan 0,0059%. Pengujian dilakukan dalam 10 ulangan atau lebih dan masing-masing pengujian disertai kontrol.

Lima belas larva *P. xylostella* yang telah terkontaminasi ekstrak biji srikaya diletakkan ke daun brokoli di dalam kurungan plastik berbentuk silinder (d = 10 cm dan t = 25 cm). Ke dalam setiap kurungan dimasukkan satu imago parasitoid betina berumur 3–5 hari yang telah dikawinkan dan telah memarasit *P. xylostella* selama pemeliharaan. Hal ini dilakukan karena perilaku parasitoid dalam memarasit umumnya terpengaruh oleh pengalaman sebelumnya (van Alphen & Vet 1990) dan dapat juga dipengaruhi oleh genetik serta kondisi inang (Rehman & Powell 2010). Parasitoid tadi dibiarkan berada di dalam kurungan selama kurang lebih 24 jam dan kemudian dipisahkan dari serangga inang perlakuan. Larva inang kemudian dipelihara sebelum dibedah.

Pengaruh ekstrak biji srikaya dalam tubuh inang *P. xylostella* terhadap perkembangan parasitoid *D. semiclausum* diamati dengan membedah satu individu larva inang per ulangan setiap hari. Pengamatan dilakukan terhadap tingkat parasitisasi imago *D. semiclausum*, kematian harian larva *P. xylostella* yang diparasit, perkembangan stadium pradewasa parasitoid dalam tubuh inang, dan waktu yang diperlukan parasitoid untuk menjadi imago. Dari pradewasa parasitoid yang berhasil ditemukan dalam pembedahan,

dipilih enam ulangan setiap hari untuk mengukur perkembangan parasitoid secara kuantitatif. Peubah perkembangan parasitoid dalam tubuh inang yang digunakan adalah panjang tubuh, lebar tubuh, dan lebar kapsul kepala pradewasa *D. semiclausum*.

Analisis data

Analisis terhadap respons kematian harian *P. xylostella* dan imago *D. semiclausum* dilakukan dengan metode Probit (Finney 1971). Data perkembangan serangga diolah dengan analisis ragam dan uji lanjut dilakukan dengan metode Tukey (Steel & Torrie 1993). Analisis ragam, uji Tukey, dan regresi linier dilakukan dengan memanfaatkan program komputer MSUSTAT (Lund 1986).

HASIL

Toksitas ekstrak biji srikaya terhadap larva *P. xylostella*

Perlakuan ekstrak biji srikaya pada setiap konsentrasi uji dengan metode residu pada daun menyebabkan kematian larva *P. xylostella*. Semakin tinggi konsentrasi ekstrak biji srikaya yang digunakan, semakin besar persentase kematian larva *P. xylostella*. Hal ini konsisten hingga konsentrasi tertinggi yang digunakan (0,2%, kontaminasi 6 jam) (Gambar 1). Secara umum, kematian terbesar terjadi di antara hari pertama dan kedua. Setelah itu, pengaruh ekstrak biji srikaya berangsur-angsur turun dan tidak berpengaruh terhadap kematian larva *P. xylostella*. Apabila hasil ini dihubungkan dengan perkembangan larva *P. xylostella* (Tabel 2), kematian tertinggi bersamaan dengan saat ganti kulit atau beberapa saat sesudahnya.

Pada saat awal perlakuan, respons kematian larva *P. xylostella* umumnya rendah (kurang dari 50%) kecuali pada perlakuan lama kontaminasi 6 jam. Perlakuan tersebut menyebabkan larva *P. xylostella* mati lebih cepat daripada perlakuan-perlakuan lainnya karena konsentrasi yang digunakan lebih tinggi. Residu ekstrak biji srikaya pada awal perlakuan kontaminasi 6 jam telah mencapai dosis toksik bagi larva uji.

Dalam setiap perlakuan lama kontaminasi ekstrak biji srikaya, LC_{50} yang dihitung pada hari ke-2 dan hari-hari selanjutnya tidak menunjukkan

perbedaan yang nyata (Tabel 1). Hal ini dapat dijelaskan dengan memperhatikan Gambar 1, yaitu sejak hari ke-2 dan seterusnya kurva relatif datar sehingga tidak terdapat perbedaan kematian larva yang nyata.

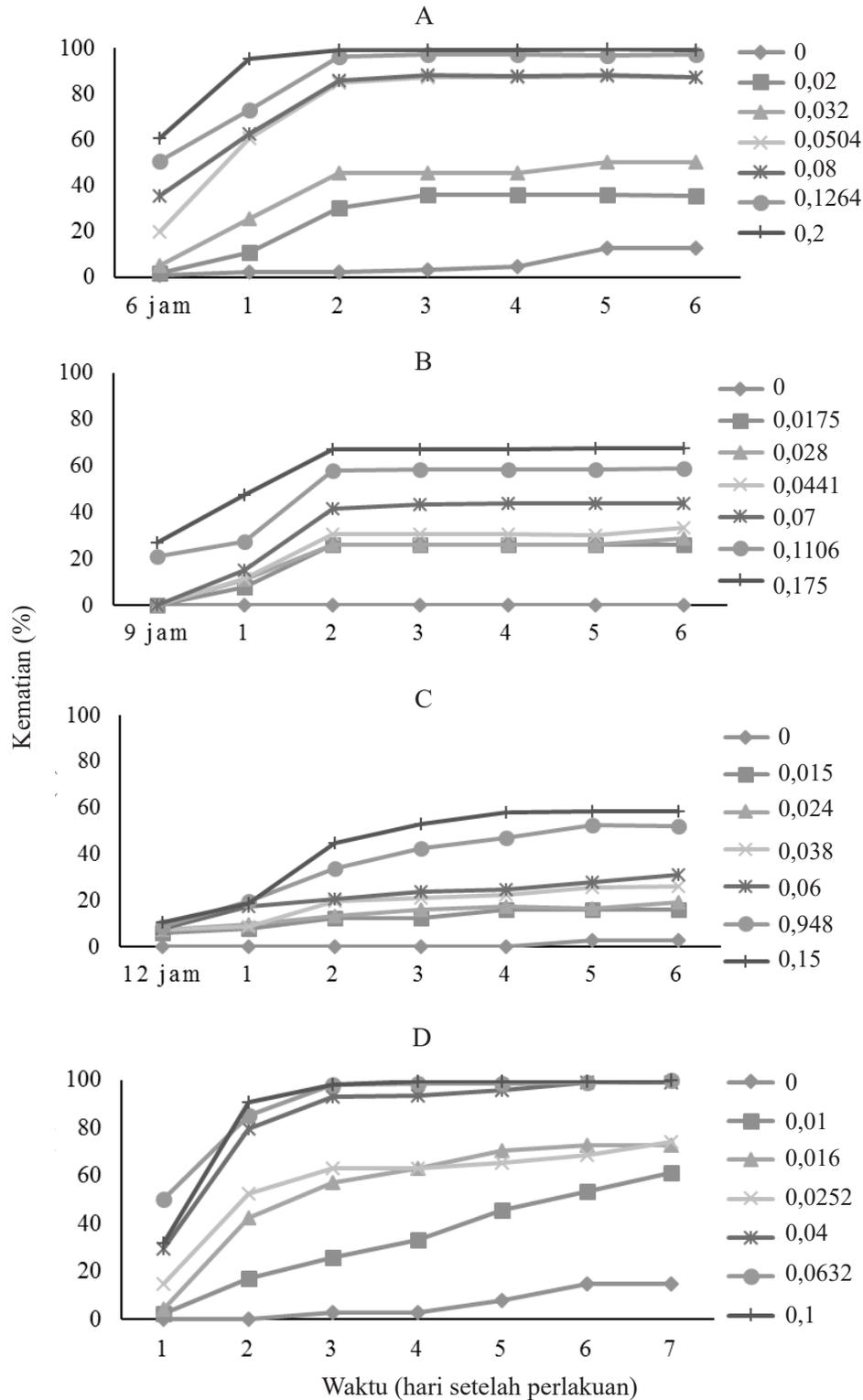
Hasil penghitungan LC_{50} untuk hari ke-2 dan seterusnya pada perlakuan lama kontaminasi 9 jam tidak ditampilkan mengingat korelasi liniernya tidak nyata. LC_{50} pada saat pertama pengamatan selalu jauh lebih besar daripada LC_{50} yang dihitung pada waktu-waktu selanjutnya (berlurut-turut 0,133%, 0,096%, 0,072%, dan 0,064% pada 6, 9, 12, dan 24 jam setelah perlakuan). Berdasarkan pola perkembangan kematian larva dalam masing-masing konsentrasi uji, ekstrak biji srikaya belum menunjukkan sifat insektisida pada saat-saat awal (Gambar 1).

Gradien untuk berbagai waktu pengamatan pada masing-masing perlakuan lama kontaminasi tidak berbeda nyata dari hari ke hari kecuali pada perlakuan kontaminasi 12 jam yang diduga akibat keheterogenan data, seperti ditunjukkan oleh nilai g , yang relatif besar ($> 0,1$). Dengan demikian, pengaruh ekstrak biji srikaya antar konsentrasi pada setiap perlakuan lama kontaminasi secara umum menunjukkan pola yang konsisten. Artinya, pada setiap saat pencatatan data kematian, perlakuan dengan konsentrasi rendah selalu menyebabkan proporsi kematian yang lebih rendah daripada proporsi kematian akibat konsentrasi yang lebih tinggi dalam setiap taraf lama kontaminasi ekstrak.

Hambatan perkembangan *P. xylostella* pradewasa

Perlakuan dengan ekstrak biji srikaya cenderung menghambat perkembangan larva *P. xylostella* yang bertahan hidup (Tabel 2). Namun, hanya beberapa konsentrasi perlakuan yang mengakibatkan pengaruh yang nyata (konsentrasi 0,04%, 0,0632%, 0,1% pada perlakuan kontaminasi 24 jam, konsentrasi 0,015% pada perlakuan kontaminasi 12 jam serta konsentrasi 0,032% dan 0,08% pada perlakuan kontaminasi 6 jam).

Lama perkembangan larva instar III *P. xylostella* dan pembentukan pupa cenderung bertambah panjang dengan semakin tinggi konsentrasi yang digunakan pada setiap perlakuan lama kontaminasi (Tabel 2). Setiap nilai rata-rata \pm simpangan baku bertumpang tindih yang berarti tidak ada perbedaan nyata. Dengan demikian, pengaruh kontaminasi ekstrak biji srikaya terhadap



Gambar 1. Perkembangan kematian larva *Plutella xylostella* yang diberi perlakuan ekstrak biji srikaya dengan lama pemberian pakan/kontaminasi A: 6 jam; B: 9 jam; C: 12 jam; dan D: 24 jam.

lama perkembangan larva *P. xylostella* pradewasa relatif kecil. Pengaruh ekstrak biji srikaya pada konsentrasi rendah terhadap lama perkembangan *P. xylostella* pradewasa mungkin dapat diabaikan.

Berdasarkan persentase keberhasilan larva *P. xylostella* menjadi larva instar IV, pupa, dan Imago,

ternyata pengaruh merugikan ekstrak biji srikaya hanya terlihat nyata pada persentase keberhasilan larva instar III menjadi instar IV (Tabel 3). Setelah *P. xylostella* berhasil menjadi larva instar IV, hanya sedikit perbedaan persentase pupa yang terbentuk antar taraf konsentrasi. Pengaruh ekstrak biji

Tabel 1. Parameter toksisitas ekstrak biji srikaya berdasarkan analisis probit data kematian *Plutella xylostella*

Lama kontaminasi (jam)	Waktu analisis	Gradien ± sb	LC ₅₀ (% w/v)	Selang kepercayaan 95% untuk LC ₅₀ (% w/v)	g (keheterogenan data)
6	6 jam	2,395 ± 0,330	0,133	0,110–0,173	0,073
	1 hari	2,708 ± 0,336	0,064	0,053–0,077	0,059
	2 hari	2,925 ± 0,384	0,034	0,027–0,041	0,066
	3 hari	3,009 ± 0,397	0,032	0,025–0,038	0,067
	4 hari	3,009 ± 0,397	0,032	0,025–0,038	0,067
	5 hari	3,009 ± 0,397	0,032	0,025–0,038	0,067
	6 hari	3,009 ± 0,397	0,032	0,025–0,038	0,067
9	9 jam	2,625 ± 0,370	0,096	0,080–0,118	0,076
	1 hari	2,054 ± 0,565	0,033	0,001–0,071	0,765
12	12 jam	1,924 ± 0,280	0,072	0,059–0,094	0,081
	1 hari	2,013 ± 0,508	0,031	0,008–0,064	0,645
	2 hari	0,690 ± 0,503	0,015	0,010–0,019	0,135
	3 hari	3,461 ± 0,722	0,014	0,010–0,018	0,167
24	24 jam	2,587 ± 0,465	0,064	0,050–0,096	0,124
	2 hari	2,268 ± 0,292	0,022	0,018–0,026	0,064
	3 hari	2,982 ± 0,386	0,016	0,013–0,019	0,064
	4 hari	3,108 ± 0,424	0,016	0,012–0,020	0,072
	5 hari	2,804 ± 0,428	0,014	0,010–0,018	0,090

Tabel 2. Lama perkembangan larva *Plutella xylostella* yang diberi perlakuan ekstrak biji srikaya sejak larva instar III hingga terbentuk pupa

Lama kontaminasi (jam)	Konsentrasi (% w/v)	Lama perkembangan (x ± sb), n (hari)			
		Instar III–instar IV		Instar III–pupa	
6	0	1,000 ± 0,000	39	3,774 ± 0,845	31
	0,02	1,000 ± 0,000	30	4,333 ± 0,702	24
	0,032	1,043 ± 0,209	23	5,125 ± 0,500	16
	0,0504	1,000 ± 0,000	10	4,800 ± 0,447	5
	0,08	1,000 ± 0,000	8	5,000 ± 0,000	4
	0,1264	1,000 ± 0,000	5		
	0,2	-			
9	0	1,000 ± 0,000	39	3,162 ± 0,764	37
	0,0175	1,077 ± 0,272	26	3,809 ± 0,750	24
	0,028	1,100 ± 0,305	30	3,926 ± 0,385	27
	0,0441	1,130 ± 0,344	23	4,292 ± 0,751	22
	0,07	1,292 ± 0,464	24	4,150 ± 0,745	21
	0,1106	1,158 ± 0,375	19	4,188 ± 1,109	16
	0,175	1,333 ± 0,651	12	4,091 ± 0,944	11
12	0	1,025 ± 0,158	40	3,256 ± 0,442	39
	0,015	1,021 ± 0,410	34	4,030 ± 0,529	33
	0,024	1,355 ± 0,608	31	4,143 ± 0,591	28
	0,038	1,444 ± 0,506	27	4,042 ± 0,204	24
	0,06	1,581 ± 0,564	30	4,346 ± 0,689	26
	0,0948	1,500 ± 0,511	23	4,556 ± 1,149	19
	0,015	1,550 ± 0,510	20	4,385 ± 0,650	13
24	0	1,052 ± 0,226	38	4,059 ± 0,886	34
	0,01	1,194 ± 0,477	31	4,235 ± 0,903	17
	0,016	1,526 ± 0,513	19	5,000 ± 0,816	10
	0,0252	1,733 ± 0,458	15	5,125 ± 0,354	8
	0,04	2,000 ± 0,000	3	5,000 ± -	1
	0,0632	2,000 ± 0,000	2		
	0,1	3,000 ± -	1		

srikaya terhadap banyaknya imago yang muncul dari pupa yang berhasil terbentuk tidak berbeda nyata (Tabel 3). Setelah larva *P. xylostella* berhasil melewati masa instar IV, pengaruh ekstrak biji srikaya pada perkembangan serangga menurun.

Pengaruh kontak ekstrak biji srikaya terhadap imago *D. semiclausum*

Tingkat kematian imago *D. semiclausum* relatif tidak berubah setiap harinya. Ekstrak biji srikaya dengan taraf konsentrasi tinggi langsung menyebabkan kematian yang tinggi sehari setelah

perlakuan. Pada hari-hari selanjutnya, tidak terjadi penambahan kematian yang berarti. Sementara itu, perlakuan dengan taraf konsentrasi rendah (0,01% dan 0,016%) hanya menyebabkan kematian yang rendah pada saat awal. Namun, pada hari-hari berikutnya kematian imago *D. semiclausum* meningkat dengan peningkatan cukup tinggi sehingga kemiringan kurva kematian lebih tajam. Ekstrak biji srikaya dengan konsentrasi tinggi (0,1%, 0,0632%) memiliki pengaruh yang cepat terhadap kematian imago *D. semiclausum*, sedangkan ekstrak biji srikaya dengan konsentrasi

Tabel 3. Persentase keberhasilan larva *Plutella xylostella* yang diberi perlakuan ekstrak biji srikaya menjadi larva instar IV, pupa, dan imago

Lama kontaminasi (jam)	Konsentrasi (% w/v)	Keberhasilan menjadi larva instar IV ¹⁾ (%)	Keberhasilan menjadi pupa ²⁾ (%)	Keberhasilan menjadi imago ³⁾ (%)
6	0	97,5 d	79,8 b	
	0,02	75,0 dc	80,0 b	
	0,032	57,5 bc	64,8 ab	
	0,0504	25 ab	45,8 a	
	0,08	12,5 a	27,0 ab	
	0,1264	0,0 a	2,5 a	
	0,2			
9	0	97,5 c	95,0 a	92,0 a
	0,0175	65,0 abc	94,0 a	89,3 a
	0,028	75,0 bc	89,8 a	91,5 a
	0,0441	57,5 ab	91,5 a	91,8 a
	0,07	60,0 ab	86,3 a	100,0 a
	0,1106	47,5 ab	86,8 a	93,8 a
	0,175	30,0 a	95,0 a	93,8 a
12	0	100,0 b	97,5 a	79,0 a
	0,015	82,5 ab	100,0 a	94,0 a
	0,024	77,5 ab	90,8 a	88,3 a
	0,038	67,5 ab	91,3 a	82,8 a
	0,06	77,5 ab	83,0 a	79,3 a
	0,0948	57,5 a	75,0 a	76,3 a
	0,015	50,0 a	62,3 a	75,0 a
24	0	95,0 c	89,5 b	70,0 a
	0,01	77,5 c	50,5 ab	55,8 a
	0,016	47,5 b	52,5 ab	47,5 a
	0,0252	37,5 b	41,75 a	66,8 a
	0,04	7,5 a		
	0,0632	5,0 a		
	0,1	2,5 a		

Angka dalam kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji statistik Tukey pada taraf nyata 5%. Beberapa data persentase keberhasilan menjadi pupa dan imago tidak ditampilkan karena data jumlah *P. xylostella* terlalu sedikit untuk diolah.

¹⁾dihitung berdasarkan jumlah larva instar III saat awal perlakuan;

²⁾dihitung berdasarkan jumlah larva yang berhasil menjadi instar IV;

³⁾dihitung berdasarkan jumlah larva instar IV yang berhasil menjadi pupa;

rendah (0,01%, 0,016%) memiliki pengaruh yang lebih lambat, tetapi tetap berpotensi merugikan (Gambar 2).

Bila dibandingkan dengan pengaruhnya terhadap larva *P. xylostella* (Tabel 1), LC_{50} terhadap *D. semiclausum* tidak berbeda atau sedikit lebih tinggi dibandingkan *P. xylostella* (Tabel 4 dan Tabel 1). Ekstrak biji srikaya sedikit lebih toksik terhadap *P. xylostella* dibandingkan terhadap *D. semiclausum*. Pengecualian terjadi pada pengamatan hari pertama yang menunjukkan LC_{50} terhadap imago *D. semiclausum* (0,027%) lebih rendah daripada LC_{50} terhadap larva *P. xylostella* (0,064%).

Namun demikian, gradien pada *D. semiclausum* lebih tinggi (kurva lebih tegak). Hal ini berarti peningkatan respons kematian *D. semiclausum* lebih besar dengan peningkatan konsentrasi yang sama.

Pengaruh residu ekstrak biji srikaya dalam tubuh inang terhadap tingkat parasitiasi oleh *D. semiclausum*

Perlakuan dengan konsentrasi subletal (LC_5 dan LC_{10}) terhadap inang tidak mempengaruhi persentase parasitiasi oleh *D. semiclausum* (Tabel 5).

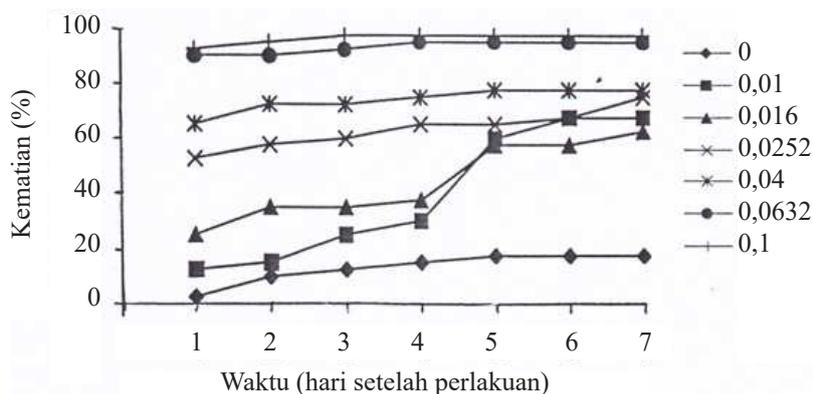
Tingkat parasitiasi selama 24 jam pada perlakuan lama kontaminasi 24 jam lebih tinggi daripada 12 jam dan 6 jam walaupun tidak ber-

beda nyata (Tabel 5). Rata-rata jumlah telur yang diletakkan oleh satu individu *D. semiclausum* pada perlakuan kontaminasi 24 jam sedikit lebih tinggi dibandingkan pada perlakuan 12 dan 6 jam, sedangkan antar taraf konsentrasi dalam masing-masing waktu kontaminasi tidak terdapat perbedaan nyata. Namun demikian, data ini mungkin menunjukkan nilai yang lebih kecil daripada nilai sebenarnya karena banyak larva inang mati yang telah membusuk saat dilakukan pembedahan sehingga tidak diketahui apakah inang tersebut terparasit atau tidak.

Pengaruh residu ekstrak biji srikaya terhadap perkembangan *D. semiclausum* pradewasa

Pengaruh terhadap bobot, panjang dan lebar kokon *D. semiclausum*. Bobot, panjang dan lebar kokon *D. semiclausum* tidak terpengaruh oleh keberadaan ekstrak biji srikaya. Rata-rata bobot kokon dalam inang yang mendapat perlakuan ekstrak biji srikaya berkisar antara 3,6–4,3 mg, tidak berbeda nyata dengan kontrol, yaitu 3,9–4,2 mg. Kokon yang dihasilkan tampak normal dan pupa yang berkembang di dalamnya tidak menunjukkan kelainan (Tabel 6).

Pengaruh terhadap lama perkembangan *D. semiclausum* menjadi imago. Kecuali pada perlakuan LC_{10} dengan lama kontaminasi 24 jam,



Gambar 2. Perkembangan kematian imago *Diadegma semiclausum* akibat pengaruh kontak residu ekstrak biji srikaya.

Tabel 4. Parameter toksisitas kontak ekstrak biji srikaya terhadap *Diadegma semiclausum*

Saat pengamatan (hari)	Gradien + sb	LC_{50} (selang kepercayaan 95%) (% w/v)	g (keheterogenan data)
1	2,900 ± 0,338	0,027 (0,023–0,031)	0,052
2	3,006 ± 0,393	0,026 (0,022–0,031)	0,066
3	3,042 ± 0,408	0,025 (0,020–0,029)	0,070
4	3,025 ± 0,418	0,023 (0,019–0,028)	0,073

tidak ada perbedaan nyata antar perlakuan dalam hal lama waktu yang diperlukan *D. semiclausum* jantan maupun betina untuk menjadi imago (Tabel 7). Imago jantan membutuhkan waktu 11,3–13,5 hari, sedangkan imago betina membutuhkan waktu 11,5–13,4 hari. Dengan demikian, keberadaan ekstrak biji srikaya dalam konsentrasi subletal tidak menghambat perkembangan *D. semiclausum*

menjadi imago. Walaupun demikian, imago jantan maupun betina parasitoid yang dihasilkan berukuran lebih kecil dan tampak lebih lemah dibandingkan dengan imago yang diperoleh dari lapang. Hal ini mungkin disebabkan teknik pemeliharaan di laboratorium yang berbeda dengan kondisi di lapang.

Tabel 5. Tingkat parasitisasi, superparasitisasi, dan perkiraan jumlah telur minimal *Diadegma semiclausum* selama 24 jam pada *Plutella xylostella* yang diberi perlakuan konsentrasi subletal ekstrak biji srikaya

Perlakuan	Parasitisasi (%)	Superparasitisasi (%)	Rata-rata jumlah telur yang diletakkan	
6 jam	Kontrol	68,2 a	5,8 a	8,0 ± 4,2
	LC ₅	63,5 a	0,8 a	5,9 ± 2,8
	LC ₁₀	64,4 a	4,3 a	6,1 ± 3,7
12 jam	Kontrol	76,1 a	1,7 a	7,3 ± 4,3
	LC ₅	96,7 a	3,6 a	4,7 ± 3,1
	LC ₁₀	94,8 a	1,8 a	6,2 ± 3,9
24 jam	Kontrol	59,9 a	9,6 a	11,5 ± 4,3
	LC ₅	49,1 a	13,5 a	12,6 ± 2,7
	LC ₁₀	63,9 a	9,1 a	12,5 ± 4,8

Angka dalam kolom yang sama dan diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji statistik Tukey pada taraf nyata 5%.

Tabel 6. Bobot, panjang, dan lebar kokon *Diadegma semiclausum* yang dipelihara dalam inang *Plutella xylostella* yang diberi perlakuan konsentrasi subletal ekstrak biji srikaya

Perlakuan	Bobot ¹⁾ (mg)	Panjang ¹⁾ (mm)	Lebar ¹⁾ (mm)	
24 jam	Kontrol	4,0 a	4,73 a	1,59 a
	LC ₅	4,2 a	4,76 a	1,61 a
	LC ₁₀	4,3 a	4,67 a	1,57 a
12 jam	Kontrol	3,9 a	4,44 a	1,52 a
	LC ₅	3,8 a	4,41 a	1,52 a
	LC ₁₀	3,6 a	4,39 a	1,50 a
6 jam	Kontrol	4,2 a	4,51 a	1,44 a
	LC ₅	4,2 a	4,47 a	1,43 a
	LC ₁₀	4,0 a	4,41 a	1,42 a

¹⁾ tidak ada perbedaan respons yang nyata antar perlakuan menurut uji Tukey pada taraf nyata 5%.

Tabel 7. Waktu yang diperlukan *Diadegma semiclausum* untuk menjadi imago dalam inang yang diberi perlakuan konsentrasi subletal ekstrak biji srikaya

Perlakuan	Lama perkembangan menjadi imago (hari), (n)				
	Jantan		Betina		
6 jam	Kontrol	11,3 ± 0,6	(3)	12,0 ± -	(3)
	LC ₅	12,0 ± -	(1)	11,5 ± 0,7	(2)
	LC ₁₀	12,7 ± 0,6	(3)	-	(0)
12 jam	Kontrol	13,5 ± 0,7	(15)	13,2 ± 0,8	(10)
	LC ₅	12,7 ± 0,5	(7)	13,0 ± 1,0	(3)
	LC ₁₀	13,3 ± 0,8	(17)	13,4 ± 0,7	(17)
24 jam	Kontrol	13,3 ± 1,6	(3)	12,0 ± -	(3)
	LC ₅	13,5 ± 0,6	(4)	11,5 ± 0,6	(2)
	LC ₁₀	13,0 ± 0,6	(6)	13,0 ± -	(1)

PEMBAHASAN

Ekstrak biji srikaya pada konsentrasi 0,04%, 0,0632%, dan 0,1% dengan kontaminasi selama 24 jam serta konsentrasi 0,08%, 0,1264%, dan 0,2% dengan kontaminasi selama 6 jam efektif menyebabkan kematian larva *P. xylostella* lebih dari 80% pada 2 hari setelah perlakuan. Sementara itu, dengan waktu kontaminasi 24 jam, konsentrasi 0,0632% dan 0,1% ekstrak biji srikaya menyebabkan kematian lebih dari 80% imago *D. semiclausum* karena pengaruh kontak. Pengaruh kontak ekstrak biji srikaya terhadap imago *D. semiclausum* telah terlihat sejak hari pertama dan mempunyai kemiringan kurva regresi probit yang lebih tajam. Hal ini menunjukkan kematian imago *D. semiclausum* akibat kontak dengan ekstrak biji srikaya lebih responsif terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak. Kepekaan parasitoid terhadap insektisida juga dilaporkan oleh Idris & Grafius (1993a), yaitu *D. insulare* lebih peka terhadap permetrin dan azinfosmetil dibandingkan dengan inangnya. Permetrin dan azinfosmetil dapat menyebabkan kematian *D. insulare* hingga 100%, sementara inangnya tidak terpengaruh sama sekali (Idris & Grafius 1993a). Kepekaan respons tersebut diduga karena imago *D. semiclausum* lebih aktif bergerak selama perlakuan sehingga kontak dengan permukaan yang mengandung ekstrak biji srikaya lebih sering. Secara umum, Waage (1992) mengemukakan bahwa salah satu penyebab kerentanan musuh alami termasuk parasitoid terhadap insektisida adalah aktivitasnya yang lebih tinggi dibandingkan dengan serangga inang.

Kontaminasi yang lebih lama (24 jam) menyebabkan kematian larva *P. xylostella* yang sama besarnya bila dibandingkan dengan perlakuan dengan konsentrasi dua kali lebih tinggi, tetapi waktu kontaminasinya lebih singkat (6 jam). Konsentrasi 0,04% dengan kontaminasi selama 24 jam ternyata efektif mematikan larva *P. xylostella* tanpa berakibat kematian *D. semiclausum* yang lebih besar. Dalam kaitannya dengan peluang penerapan di lapangan, ekstrak biji srikaya tampaknya lebih baik digunakan dalam konsentrasi rendah. Pertimbangannya, ekstrak pada konsentrasi rendah telah efektif mematikan *P. xylostella* dengan sedikit mengurangi risiko

kematian parasitoid *D. semiclausum*. Kematian musuh alami akibat insektisida secara teoretis diketahui menyebabkan resurgensi hama yang berarti kerugian dalam pengendalian (van den Bosch et al. 1985; Dutcher 2007).

Penelitian di lapangan perlu dilakukan untuk mengetahui keefektifan ekstrak biji srikaya terhadap hama *P. xylostella* dan dampaknya terhadap *D. semiclausum* mengingat banyak faktor di lapangan yang mempengaruhi hasil pengendalian. Karena ekstrak biji srikaya mudah terurai (Priyono & Triwidodo 1994), penggunaan di lapangan dalam konsentrasi rendah mungkin tidak efektif. Selain itu, pengaruh ekstrak biji srikaya terhadap parasitoid mungkin tidak sebesar yang diduga karena di lapangan terdapat tumbuhan suku Brassicaceae sebagai tempat berlindung bagi *D. semiclausum* pada saat aplikasi insektisida.

Pemaparan *P. xylostella* pada ekstrak biji srikaya dengan konsentrasi di bawah LC_{50} (0,02% dengan kontaminasi 6 jam, 0,0175% dengan kontaminasi 9 jam kontaminasi, 0,015% dengan kontaminasi 12 jam kontaminasi serta 0,1% dengan kontaminasi 24 jam kontaminasi) ternyata tidak berpengaruh nyata terhadap banyaknya individu yang berhasil ganti kulit, membentuk pupa, dan imago. Demikian pula, konsentrasi tersebut tidak memperpanjang waktu perkembangan *P. xylostella* pradewasa secara nyata. Pada sisi lain, perlakuan ekstrak biji srikaya pada LC_5 dan LC_{10} terhadap inang *P. xylostella* tidak mempengaruhi persentase parasitisasi dan perkembangan *D. semiclausum* pradewasa bila dibandingkan dengan kontrol. Mungkin karena *P. xylostella* mampu mengeliminasi senyawa aktif ekstrak dalam tubuhnya atau karena *D. semiclausum* memiliki toleransi terhadap senyawa aktif ekstrak dalam tubuh inang, perlakuan dengan konsentrasi subletal tidak berpengaruh merugikan terhadap parasitoid. Diduga *D. semiclausum* memperoleh nutrisi dalam jumlah cukup dan berkualitas walaupun inangnya mengandung ekstrak biji srikaya dalam konsentrasi subletal. Walaupun ekstrak biji srikaya dapat menurunkan kualitas inang dan hal tersebut mungkin dikenali oleh *D. semiclausum*, belum berarti akan terjadi penurunan tingkat parasitisasi. Kualitas inang hanya salah satu faktor yang mempengaruhi keputusan parasitoid ketika bertemu inang, apakah akan memarasit inang yang

ditemui tanpa melakukan seleksi kualitas apabila terdapat resiko kematian parasitoid saat memarasit (Strand 1988), atau inang melakukan perlawanan (Godfray 1994), atau peluang menemukan inang relatif kecil (Strand 1990). Berkaitan dengan aspek fisiologis serangga inang, penurunan kualitas inang justru mungkin menguntungkan parasitoid karena mekanisme pertahanan diri inang melemah (Godfray 1994).

Berdasarkan hal-hal yang telah diuraikan diatas dapat dikemukakan bahwa terdapat peluang memadukan pengendalian *P. xylostella* secara kimiawi menggunakan ekstrak biji srikaya dan pengendalian hayati yang memanfaatkan parasitoid *D. semiclausum*. Untuk mengukur besarnya peluang kesesuaian cara-cara pengendalian tersebut diperlukan penelitian lebih lanjut di lapangan.

KESIMPULAN

Ekstrak biji srikaya pada konsentrasi 0,0632–0,1% dengan lama kontaminasi 24 jam berpengaruh terhadap kematian larva *P. xylostella* dan imago parasitoid *D. semiclausum*. Imago parasitoid lebih peka terhadap peningkatan konsentrasi ekstrak biji srikaya dibandingkan dengan larva *P. xylostella*. Hambatan perkembangan *P. xylostella* oleh ekstrak biji srikaya pada konsentrasi yang digunakan dalam perlakuan umumnya tidak nyata. Demikian pula, hambatan perkembangan parasitoid *D. semiclausum* dalam inang yang terkontaminasi konsentrasi subletal (LC_5 dan LC_{10}) ekstrak biji srikaya tidak berbeda nyata. Keberadaan ekstrak biji srikaya dalam inang juga tidak berpengaruh nyata terhadap tingkat parasitisasi, panjang kokon, lebar kokon, dan bobot kokon *D. semiclausum*.

DAFTAR PUSTAKA

- Agboyi LK, Ketoh GK, Martin T, Glitho IA, Tamo M. 2016. Pesticide resistance in *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Plutellidae) populations from Togo and Benin. *International Journal of Tropical Insect Science* 36:204–210. doi: <https://doi.org/10.1017/S1742758416000138>.
- Ahmad B, Saljoqi AUR, Saeed M, Ullah F, Khan IA. 2015. Population dynamics of *Plutella xylostella* (L.) in cauliflower and its correlation with weather parameters at Peshawar, Pakistan. *Journal of Entomology and Zoology Studies* 3: 144–148
- Clausen CP. 1940. *Entomophagous Insects*. New York: Mc. Graw-Hill Book Co.
- Darmalis. 1994. *Tingkat Konsumsi Makanan pada Larva Plutella xylostella (Lepidoptera: Yponomeutidae) Terparasit oleh Diadegma semiclausum Hellen (Hymenoptera: Ichneumonidae)*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Dutcher JD. 2007. A review of resurgence and replacement causing pest outbreaks in IPM. In: Ciancio A, Mukerji K. G. (Eds.). *General Concepts in Integrated Pest and Disease Management. Integrated Management of Plants Pests and Diseases*. pp. 27–43. Springer: Dordrecht. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-6061-8_2.
- Finney DJ. 1971. *Probit Analysis*. 3rd Edition. Cambridge: Cambridge University Press.
- Godfray HCJ. 1994. *Parasitoids: Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton: Princeton Univ. Press.
- Idris AB, Grafius E. 1993a. Field studies on the effect of pesticides on the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae) and parasitism by *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae). *Journal of Economic Entomology* 86:1196–1202. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/86.4.1196>.
- Idris AB, Grafius E. 1993b. Pesticides affect immature stages of *Diadegma insulare* (Hymenoptera: Ichneumonidae) and its host, the diamondback moth (Lepidoptera: Plutellidae). *Journal of Economic Entomology* 86:1203–1213. doi: <https://doi.org/10.1093/jee/86.4.1203>.
- Iman M, Soekarna D, Situmorang J, Adiputra IMG, Manti I. 1986. Effect of insecticides on various field strains of diamondback moth and its parasitoid in Indonesia. In: Talekar NS, Griggs TD (Eds.). *Diamondback Moth Management. Proc. 1st Internatl. Workshop, Tainan (March 11–15 1985)*. pp. 313–323 Shanhu, Taiwan: VRDC.
- Isman MB, Seffrin R. 2014. Natural insecticides from the Annonaceae: A unique example for developing biopesticides. In: Singh D. (Ed.), *Advances in Plant Biopesticides*. pp. 21–33. New Delhi: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-81-322-2006-0_2.
- Kalshoven LGE. 1981. *The Pests of Crops in Indonesia*. Revised and translated by PA van der Laan. Jakarta: PT Ichtar Baru-van Hoeve,
- Lund RE. 1986. *MSUSTAT Statistical Analysis Package: User's Guide*. Montana: Research and Development Institute Inc., Montana State Univ.

- Mpumi N, Mtei K, Machunda R, Ndakidemi PA. 2016. The toxicity, persistence and mode of actions of selected botanical pesticides in Africa against insect pests in common beans, *P. vulgaris*: A review. *American Journal of Plant Sciences* 7:138–151. doi: <https://doi.org/10.4236/ajps.2016.71015>.
- Oberemok VV, Laikova KV, Gninenko YI, Zaitsev AS, Nyadar PM, Adeyemi TA. 2015. A short history of insecticides. *Journal of Plant Protection Research* 55:221–226. doi: <https://doi.org/10.1515/jppr-2015-0033>.
- Ohsawa K, Kato S, Manuwoto S. 1994. Bio-active substances from tropical plants. In: Sanches FF, Ohsawa K (eds.), *Natural Bio-active Substances in Tropical Plants*. pp. 65–72. Tokyo: NODAI Center for International Programs, Tokyo University of Agriculture.
- Orr D. 2009. Biological control and integrated pest management. In: Peshin R, Dhawan AK (Eds.). *Integrated Pest Management: Innovation-Development Processes*. pp. 207–239. Dordrecht: Springer. doi: https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8992-3_9.
- Prijono D, Triwidodo H. 1994. Pemanfaatan insektisida nabati di tingkat petani. Di dalam: *Prosiding Seminar Hasil Penelitian dalam Rangka Pemanfaatan Pestisida Nabati (Bogor, 1–2 Des. 1993)*. hlm. 76–83. Bogor: Balitro.
- Rehman A, Powell W. 2010. Review: Host selection behaviour of aphid parasitoids (Aphididae: Hymenoptera). *Journal of Plant Breeding and Crop Science* 2:299–311
- Rejesus BM. 1986. Botanical insecticides against the diamondback moth. In: Talekar NS, Griggs TD (Eds.), *Diamondback Moth Management. Proc. 1st Internatl. Workshop, Tainan, (Shanhua, 11–15 March 1985)*. pp. 241–255. Shanhua, Taiwan: AVRDC.
- Sarfraz M, Keddie AB, Dosdal LM. 2005. Review: Biological control of the diamondback moth, *Plutella xylostella*: A review. *Biocontrol Science and Technology* 15:763–789. doi: <https://doi.org/10.1080/09583150500136956>.
- Sastrosiswojo S, Sastrodihardjo S. 1986. Status of biological control of diamondback moth by introduction of parasitoid *Diadegma eucerocephala* in Indonesia. In: Talekar NS, Griggs TD (Eds.), *Diamondback Moth Management. Proc. 1st Internatl. Workshop (Tainan, 11–15 March 1985)*. pp. 185–194. Shanhua, Taiwan: AVRDC.
- Setiowati, B. 1995. *Pengaruh Ekstrak Biji Srikaya (Annona squamosa L.) Terhadap Kematian Larva Spodoptera litura (F.) (Lepidoptera: Noctuidae) pada Lima Jenis Pakan*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- Strand MR. 1988. Adaptive patterns of progeny and sex allocation by parasitic hymenoptera. In: Gupta V (Ed). *Advances in Parasitic Hymenoptera Research*. pp. 293–312. Amsterdam: E. J. Brill, Leiden.
- Strand MR. 1990. The physiological interactions of parasitoids with their hosts and their influence on reproductive strategies. In: Waage J, Greathead D (Eds.), *Insect Parasitoids*. pp. 97–136. London: Academic Press.
- Supriyanto. 1996. *Pengaruh Ekstrak Biji Tujuh Jenis Tanaman Terhadap Mortalitas dan Perkembangan Crocidolomia Binotalis Zeller (Lepidoptera: Pyralidae)*. Skripsi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- van Alphen JJM, Vet LEM. 1990. An evolutionary approach to host finding and selection. In: Waage J, Greathead D (Eds.), *Insect Parasitoids*. pp. 23–61. London: Academic Press.
- van den Bosch RPS, Messenger, Gutierrez AP. 1985. *An Introduction to Biological Control*. New York: Plenum Press.
- Waage J. 1992. Quantifying the impact of pesticides on natural enemies. In: Ooi PAC, Lim GS, Teng PS (Eds.), *Biological Control: Issues in The Tropics*. pp. 85–91. Taipei: AVRDC.