

Dampak Insektisida Deltametrin Konsentrasi Subletal pada Perilaku dan Biologi Parasitoid

Araz Meilin¹ dan R. Heru Praptana²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Jambi
Jl. Samarinda, Paal Lima, Kota Baru, Jambi
Email: araz_meilin@yahoo.com

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan
Jl. Merdeka 147 Bogor, Jawa Barat
Email: herujuly@yahoo.com

Naskah diterima 17 November 2014 dan disetujui diterbitkan 28 November 2014

ABSTRACT

Effect of Sublethal Dosage of Deltamethrin Insecticide on the Behaviour and Biology of Parasitoids. Parasitoids are natural enemies of insect pests that can be used for biological pest control. Effective performance of parasitoid on the insect pest can be disrupted by the use of insecticides. This paper discussed the effect of insecticides on parasitoids, as well as the effect of deltamethrin insecticide on the behavior and biology of parasitoids. The effect of insecticides on parasitoids generally was studied by using sublethal dosage. Review of literatures indicated that deltamethrin insecticide disturbed parasitoids which affected the nervous system, and ultimately changed the behavior and biology of parasitoids. Inappropriate use of insecticide in the field reduced the ability of parasitoids in controlling insect pests.

Keywords: Parasitoid, sublethal, deltamethrin, behaviour, biology, effect of insecticides.

ABSTRAK

Parasitoid merupakan musuh alami serangga hama yang dapat digunakan untuk pengendalian. Aktivitas/ kinerja parasitoid dalam memarasit serangga hama dapat terganggu oleh insektisida. Tulisan ini bertujuan memaparkan tentang studi dampak insektisida pada parasitoid, serta dampak insektisida deltametrin terhadap perilaku dan biologi parasitoid. Studi dampak insektisida terhadap parasitoid dapat dilakukan dengan menggunakan konsentrasi subletal. Gangguan insektisida deltametrin konsentrasi subletal baik pada parasitoid maupun tanaman dapat mempengaruhi sistem syaraf dan akhirnya dapat mengganggu perilaku dan biologi parasitoid. Aplikasi insektisida di lapang dapat menurunkan kemampuan parasitoid dalam mengendalikan serangga hama.

Kata kunci: Parasitoid, sublethal, deltametrin, perilaku, biologi, dampak insektisida.

PENDAHULUAN

Serangga parasitoid memiliki peranan penting di alam dan ekosistem pertanian karena dapat mengatur atau mempengaruhi kepadatan populasi inang parasitoid. Parasitoid digunakan dalam pengendalian beberapa hama pertanian terutama Lepidoptera dan Hemiptera (Garcia 2011). Parasitoid adalah serangga yang tumbuh dan berkembang pada arthropoda lain, biasanya serangga (Godfray 1994). Parasitoid telur merupakan musuh alami yang telah banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama tanaman dan perlu dipertimbangkan dalam pengendalian hayati hama karena keefektifannya mengendalikan populasi lebih dini (Godfray 1994).

Parasitoid telur merupakan salah satu musuh alami yang dapat mengendalikan hama pada pertanian padi. Keefektifan parasitoid sangat tergantung pada kemampuan mencari inang (*host finding*) dan menangani inangnya pada keadaan lingkungan tertentu, misalnya keadaan suhu, kelembaban, curah hujan, serta kualitas, jumlah dan kerapatan inang (Godfray 1994). Parasitoid dapat menerima inangnya (*host acceptance*) yang sangat berhubungan dengan perilaku oviposisi (parasitoid dapat mentransfer telur kedalam inang). Inang yang mampu memunculkan individu baru parasitoid dinyatakan sesuai untuk perkembangan larva parasitoid (*host suitability*) (Vinson 1976; Vinson 1998; Nordlund 1994). Kinerja

parasitoid yang potensial dapat dihambat oleh aplikasi insektisida yang tidak bijaksana yang tujuan utamanya untuk mengendalikan hama.

Deltametrin adalah insektisida piretroid sintetis dan salah satu yang paling banyak digunakan dalam perlindungan tanaman. Produk ini banyak digunakan untuk aplikasi pada berbagai tanaman dan di dalam ruangan terhadap hama seperti Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera dan Diptera. Deltametrin adalah insektisida spektrum luas bertindak sebagai racun kontak dan racun perut (Dietz *et al.* 2009; Bhanu *et al.* 2011). Aplikasi insektisida deltametrin dapat menurunkan populasi serangga (Bhanu *et al.* 2011). Deltametrin merupakan salah satu insektisida yang digunakan petani pada pertanaman padi. Insektisida ini merupakan insektisida racun saraf yang dapat mempengaruhi perilaku dan biologi beberapa parasitoid secara langsung melalui metode kontak atau oral dan secara tidak langsung melalui residu pada tanaman padi. Paparan insektisida pada parasitoid dapat mengakibatkan terjadinya efek letal dengan indikator kematian (mortalitas) dan subletal (tidak mati). Efek subletal pada parasitoid dapat mempengaruhi perilaku dan biologi parasitoid.

Tulisan ini bertujuan memaparkan tentang studi dampak insektisida pada parasitoid secara umum dengan batasan pada dampak insektisida deltametrin terhadap perilaku dan biologi parasitoid.

STUDI DAMPAK INSEKTISIDA PADA PARASITOID

Penggunaan insektisida di Indonesia sudah berada pada taraf yang sangat mengkhawatirkan. Fox (2014) dalam laporannya tentang ledakan serangan hama wereng di Jawa, menyatakan bahwa Indonesia sudah dibanjiri oleh produk pestisida, terutama dari Tiongkok. Dengan mengutip data FAO STAT (2013), dia mengungkapkan meningkatnya impor pestisida lebih dari 5.800%, dari sekitar US\$ 1,2 milyar pada tahun 1990 menjadi US\$ 70,5 milyar pada tahun 2012.

Heong *et al.* (2013) menunjukkan bahwa pemakaian pestisida deltamethrin pada 29 HST memperpendek rata-rata panjang rantai pangan dari 2,6 menjadi 2,0. Panjang rata-rata rantai pangan sebelum penyemprotan pestisida adalah 3 tautan (padi-hama-musuh alami) dan setelah penyemprotan tautan tinggal 2 (padi-hama).

Deltametrin adalah insektisida piretroid sintetis dan salah satu yang paling banyak digunakan dalam perlindungan tanaman. Produk ini banyak digunakan untuk aplikasi pada berbagai tanaman dan di dalam

ruangan terhadap hama seperti Lepidoptera, Hemiptera, Coleoptera dan Diptera. Deltametrin adalah insektisida spektrum luas bertindak sebagai racun kontak dan racun perut (Dietz *et al.* 2009; Bhanu *et al.* 2011).

Deltametrin mempengaruhi sistem perifer dan saraf pusat serangga melalui kerja saluran sodium, memperpanjang pembukaan saluran sodium, menstimulasi sel saraf untuk menghasilkan *repetitive discharge*, menyebabkan paralisis (disebut juga sebagai *knockdown* pada serangga) dan akhirnya serangga mati (Matsumura 1985; Davies *et al.* 2007 *cit* Garcia 2011; Bhanu *et al.* 2011).

Dampak negatif insektisida terhadap parasitoid dapat terjadi melalui inangnya, kontak langsung, menghisap nektar atau pollen bunga yang sudah terkontaminasi (Fernandes *et al.* 2010). Evaluasi dampak insektisida pada musuh alami dapat diukur secara langsung (kontak dan oral) atau tidak langsung (residu pada tanaman) baik melalui penelitian di laboratorium, rumah kaca atau lapang (Hassan 1985; Longley *et al.* 1997; Gentz *et al.* 2010).

Metode paparan pestisida dengan aplikasi topikal, oral, residu, atau studi lapangan telah banyak digunakan untuk melihat responnya terhadap musuh alami (Longley and Jepson 1996; Longley 1999; Desneux *et al.* 2005; Wang *et al.* 2008; Liu *et al.* 2010; Fernandes *et al.* 2010). Masing-masing pendekatan memberikan informasi terhadap dampak pestisida terhadap musuh alami. Aplikasi topikal dan oral menyediakan pengetahuan tentang efek langsung dan toksisitas akut terhadap serangga. Paparan dosis subletal dan letal insektisida pada musuh alami dapat memberikan informasi penting tentang kompatibilitas pengendalian kimiawi dan hayati (Desneux *et al.* 2007).

Sebagian besar studi dampak insektisida (termasuk untuk piretroid) terhadap parasitoid dan musuh alami lainnya menggunakan toksisitas akut dengan indikator kematian (mortalitas). Hal ini dapat mengabaikan efek subletal yang mempengaruhi perilaku dan fisiologi musuh alami (fekunditas, fertilitas, lama hidup, perkembangan, laju pemunculan, atau dengan memodifikasi ciri-ciri perilaku yang akan mempengaruhi interaksi antara parasitoid dan inang) (Desneux *et al.* 2007.). Oleh karena itu, dampak pestisida pada serangga bukan sasaran harusnya mencakup efek letal dan subletal (Desneux *et al.* 2007; Stark and Banks 2003). Efek letal tidak dapat mendeterminasi secara keseluruhan (komplit) efek insektisida pada makhluk hidup (Wathall & Stark 1996 *dalam* Dastjerdi *et al.* 2009), sehingga efek subletal sangat penting sebagai acuan/landasan untuk analisis resiko insektisida (Stapel *et al.* 2000; Stark & Banks 2003).

Efek subletal didefinisikan sebagai efek fisiologi dan perilaku pada individu parasitoid yang masih bertahan hidup setelah perlakuan pestisida (Desneux *et al.* 2007). Subletal efek ini dapat juga digunakan untuk mempelajari parameter populasi (laju reproduksi, laju pertumbuhan intrinsik, waktu generasi dan “doubling time”) dan parameter biologi (keperidian, fertilitas dan lama hidup) parasitoid (Dastjerdi *et al.* 2009; Sarmadi *et al.* 2010). Efek dosis subletal dapat menjadi lebih penting untuk dipelajari pada parasitoid daripada efek dosis tinggi. Efek dosis subletal juga dapat digunakan untuk mengevaluasi laju pemunculan imago parasitoid (Saber *et al.* 2005), perilaku oviposisi dan pencairan inang parasitoid (Desneux *et al.* 2003).

Dalam mempelajari dampak insektisida terhadap parasitoid, standar toksisitas diklasifikasikan berdasarkan IOBC/WPRS (International Organization for Biological Control/West Palaearctic Regional Section). Sterk *et al.* (1999) mengklasifikasikan toksisitas insektisida terhadap parasitoid ke dalam empat kategori yaitu: 1 = *harmless*/tidak terlalu toksik (< 30%), 2 = *slightly harmful*/kurang toksik (30-70%), 3 = *moderately harmful*/toksik (80-99%), 4 = *harmful*/sangat toksik (> 99%). Bacci *et al.* (2007) mengklasifikasikan menjadi 3 kategori yakni: *highly insecticidal* (sangat toksik) apabila mortalitas >75%, *insecticidal* (toksik) apabila mortalitas antara 50-75%, dan *slightly insecticidal* (kurang toksik) apabila mortalitas antara 25-50%.

DAMPAK INSEKTISIDA DELTAMETRIN TERHADAP PERILAKU PARASITOID

Insektisida berdampak terhadap perilaku serangga, termasuk parasitoid, dalam hal motilitas, orientasi, *feeding*, oviposisi, *learning*, komunikasi dan pencarian inang (Fernandes *et al.* 2010; Garcia 2011). Pengaruh insektisida deltametrin konsentrasi subletal terhadap biologi parasitoid disajikan pada Tabel 1.

Efektivitas parasitoid dalam pengendalian hayati sebagian besar tergantung pada perilaku parasitoid untuk

menemukan, mengenali dan memarasit inangnya. Keberhasilan parasitasi dimediasi oleh berbagai bahan kimia dan fisik pada lokasi habitat inang, lokasi inang, penerimaan inang, kesesuaian inang dan pengaturan inang (Vinson 1976; Vinson 1998; Nordlund 1994). Setelah inang terdeteksi oleh parasitoid, maka parasitoid akan mengevaluasi kesesuaian kondisi fisiologis inang untuk pertumbuhan dan perkembangan keturunannya. Penerimaan atau penolakan terhadap inang dilakukan selama antena kontak dengan inang dan/atau penyisipan ovipositor (Godfray 1994). Semua perilaku yang terlibat dalam proses diatas melibatkan fungsi sistem saraf serangga. Oleh karena itu, insektisida yang bekerja pada sistem saraf, misalnya piretroid, dapat berpengaruh terhadap proses penemuan/penerimaan inang (Delpuech *et al.* 1999; Salerno *et al.* 2002), mengganggu mobilitas parasitoid termasuk mengubah pola mobilitas, menghasilkan gerakan tidak terkoordinasi, gemetar dan bahkan efek “knockdown”, mengganggu orientasi yang dapat mengakibatkan parasitoid tetap diam atau menolak inangnya (Desneux *et al.* 2007). Orientasi dan perilaku oviposisi parasitoid yang terganggu oleh piretroid tergantung pada dosis, pengalaman parasitoid dan jenis perilaku (Garcia 2011).

Deltametrin konsentrasi subletal pada parasitoid dan pada tanaman padi menurunkan kemampuan parasitoid *A. nilaparvatae* untuk tertarik terhadap bau (senyawa volatil) tanaman inang yang mengandung *Nilaparvata lugens*, dalam hal ini terjadi perubahan orientasi parasitoid dalam menemukan inangnya (Meilin 2012).

Pengaruh konsentrasi subletal deltametrin yang diperlakukan terhadap parasitoid mempengaruhi respon perilaku pencarian inang parasitoid *Trissolcus basalis* (Hymenoptera: Scelionidae) terhadap *Nezara viridula* L. (Heteroptera: Pentatomidae) dengan menjadi kurang aktif dan hanya sebentar pada inangnya (Salerno *et al.* 2002). Hal ini sama dengan pendapat Garcia (2011) bahwa konsentrasi subletal deltametrin mempengaruhi dalam pencarian inang dan dapat menurunkan efikasi.

Tabel 1. Pengaruh deltametrin konsentrasi subletal terhadap perilaku parasitoid.

Parasitoid	Inang	Perilaku parasitoid	Referensi
<i>Trichogramma brassicae</i>	Lepidoptera	Berpengaruh negatif pada komunikasi seksual	Delpuech <i>et al.</i> 1999; Delpuech <i>et al.</i> 2001
<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>A. matricariae</i>	Tidak mempengaruhi oviposisi parasitoid	Desneux <i>et al.</i> 2004
<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Aphidius ervi</i>	Tidak mempengaruhi orientasi parasitoid	Desneux <i>et al.</i> 2006a
<i>Telenomus busseolae</i>	<i>Sesamia nonagrioides</i>	Tidak mempengaruhi deteksi feromon seks	Bayram <i>et al.</i> 2010
<i>A. nilaparvatae</i>	<i>Nilaparvata lugens</i>	Perubahan orientasi; parasitoid menemukan inangnya	Meilin 2012
<i>Trissolcus basalis</i>	<i>Nezara viridula</i> L.	Pencarian inang kurang aktif	Salerno <i>et al.</i> 2012

T. basalis dalam mengendalikan *N. viridula*. Konsentrasi subletal deltametrin pada parasitoid betina *Telenomus busseolae* tidak mempengaruhi perilaku parasitoid dalam mendeteksi feromon-seks inangnya (*Sesamia nonagrioides*) (Bayram *et al.* 2010), sebaliknya konsentrasi subletal deltametrin pada parasitoid jantan dan betina *Trichogramma brassicae* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) berpengaruh terhadap komunikasi seksual parasitoid (Delpuech *et al.* 1999; Delpuech *et al.* 2001). Dampak insektisida piretroid terhadap komunikasi seksual dan penemuan inang parasitoid mungkin disebabkan oleh perubahan dalam kapasitas stimulus kimia yang terlibat dalam proses komunikasi (Desneux *et al.* 2007).

Pengaruh paparan residu deltametrin yang diperlakukan terhadap tanaman yang mengandung inang tidak menunjukkan pengaruh terhadap perilaku orientasi parasitoid *Diaeretiella rapae* (Desneux *et al.* 2006a), *Aphidius ervi* (Desneux *et al.* 2006b), perilaku oviposisi *D. rapae* dan *A. matricariae* (Hymenoptera: Braconidae) (Desneux *et al.* 2004).

DAMPAK INSEKTISIDA DELTAMETRIN TERHADAP BIOLOGI PARASITOID

Beberapa karakter biologi yang dimiliki parasitoid dan banyak dipengaruhi oleh insektisida adalah keperidian, lama hidup, lama perkembangan, dan laju pemunculan. Pengaruh insektisida deltametrin konsentrasi subletal terhadap biologi parasitoid disajikan pada Tabel 2.

Aplikasi deltametrin konsentrasi subletal pada imago parasitoid *Anagrus nilaparvatae* menyebabkan efek negatif terhadap parasitoid tersebut seperti penurunan lama hidup, lama perkembangan keturunan menjadi meningkat, secara nyata menurunkan keperidian aktual dan potensial, tetapi tidak berpengaruh terhadap laju pemunculan. Aplikasi insektisida deltametrin pada pertanaman padi akan menurunkan potensi parasitoid *A. nilaparvatae* sebagai agen pengendali hayati *Nilaparvata lugens* (Meilin 2012).

Studi lain dengan konsentrasi subletal insektisida deltametrin yang diperlakukan terhadap imago parasitoid dapat berpengaruh antara lain: a) mengurangi lama hidup parasitoid *T. busseolae* betina (Bayram *et al.* 2010), *Habrobracon hebetor* (Sarmadi *et al.* 2010), dan parasitoid kutu daun *D. rapae* dan *A. ervi* yang muncul (Desneux *et al.* 2006ab); b) menurunkan laju pemunculan imago parasitoid *Trissolcus grandis* Thompson (Hymenoptera: Scelionidae) dari telur inangnya sampai 34,4 % (Saber *et al.* 2005), dan pada imago *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae) hingga 30% (Vieira *et al.* 2001); dan c) menurunkan fekunditas parasitoid *H. hebetor* (Sarmadi *et al.* 2010), *D. rapae* dan *A. ervi* (Desneux *et al.* 2006ab).

Deltametrin memberikan efek moderat-toksik terhadap pupa *Trichogramma pretiosum* Riley yang berkembang dalam telur *Sitotroga cerealella* Olivier. Deltametrin secara nyata menurunkan persentase pemunculan dan persentase telur yang diparasit oleh *T. pretiosum* yang berkembang dalam telur *Ephestia*

Tabel 2. Pengaruh insektisida deltametrin konsentrasi subletal terhadap biologi parasitoid.

Parasitoid	Inang	Biologi Parasitoid	Referensi
<i>Trichogramma cordubensis</i>	Lepidoptera	Penurunan laju pemunculan imago, tidak mempengaruhi perkembangan pradewasa, tidak memepengaruhi seks rasio keturunan	Vieira <i>et al.</i> 2001
<i>Trissolcus grandis</i>	<i>Eurygaster integriceps</i>	Penurunan laju pemunculan imago, tidak mempengaruhi perkembangan pradewasa dan lama hidup	Saber <i>et al.</i> 2005
<i>Trichogramma pretiosum</i>	<i>Sitotroga cerealell</i> , <i>Ephestia kuehniella</i>	Penurunan laju pemunculan imago, persentase penurunan telur terparasit	Bastos <i>et al.</i> 2006
<i>Diaeretiella rapae</i>	<i>Aphidius ervi</i>	Penurunan lama hidup, penurunan fekunditas	Desneux <i>et al.</i> 2006a Desneux <i>et al.</i> 2006b
<i>Telenomus busseolae</i>	<i>Sesamia nonagrioides</i>	Penurunan lama hidup, tidak mempengaruhi laju pemunculan dan fekunditas, serta tidak memepengaruhi seks rasio keturunan	Bayram <i>et al.</i> 2010
<i>Habrobracon hebetor</i>	<i>Anagasta kuehniella</i>	Penurunan lama hidup, penurunan fekunditas, tidak memepengaruhi seks rasio keturunan	Sarmadi <i>et al.</i> 2010
<i>A. nilaparvatae</i>	<i>Nilaparvata lugens</i>	Penurunan lama hidup dan keperidian, lama perkembangan meningkat. Tidak berpengaruh pada laju pemunculan imago	Meilin 2012

kuehniella (Zeller) dan *S. cerealella*, tetapi persentase laju pemunculan lebih tinggi pada *S. cerealella* dibanding dengan *E. kuehniella*. Deltametrin sangat menurunkan kemampuan parasitoid dalam memarasit telur inangnya (Bastos *et al.* 2006).

Konsentrasi subletal insektisida deltametrin yang diperlakukan terhadap parasitoid tidak mempengaruhi: a) laju pemunculan imago parasitoid *T. busseolae* (Bayram *et al.* 2010), laju perkembangan pada tahap pradewasa *T. cordubensis* (Vieira *et al.* 2001), dan *T. grandis* (Saber *et al.* 2005); b) fekunditas parasitoid *T. busseolae* (Bayram *et al.* 2010); c) lama hidup parasitoid *T. grandis* (Saber *et al.* 2005); dan d) seks rasio keturunan parasitoid *H. hebetor* (Sarmadi *et al.* 2010), parasitoid *T. cordubensis* yang muncul (Vieira *et al.* 2001), dan parasitoid *T. busseolae* (Bayram *et al.* 2010). Deltametrin (2,5% WP) adalah senyawa yang paling beracun untuk imago dan pupa parasitoid *T. cacoeciae* (Youssef *et al.* 2004).

KESIMPULAN

Parasitoid merupakan musuh alami serangga hama yang dapat digunakan untuk pengendalian. Aktivitas/kinerja parasitoid dalam memarasit serangga hama dapat terganggu oleh insektisida. Studi dampak insektisida terhadap parasitoid dapat dilakukan dengan menggunakan konsentrasi subletal. Gangguan insektisida deltametrin konsentrasi subletal baik pada parasitoid maupun tanaman dapat mempengaruhi sistem syaraf dan akhirnya dapat mengganggu perilaku dan biologi parasitoid. Aplikasi insektisida di lapang dapat menurunkan kemampuan parasitoid dalam mengendalikan serangga hama.

DAFTAR PUSTAKA

- Bacci, L., A. LB Crespo, T.L. Galvan, E. JG. Pereira, M.C. Picanco, G.A. Silva & M. Chediak. 2007. Toxicity of insecticides to the sweetpotato whitefly (Hemiptera: Aleyrodidae) and its natural enemies. *Pest. Manag. Sci.* 63: 699-706.
- Bastos, C.S., R.P de Almaidida & F.A. Suinaga. 2006. Selectivity of pesticides used on cotton (*Gossypium hirsutum*) to *Trichogramma pretiosum* reared on two laboratory-reared hosts. *Pest. Manag. Sci.* 62: 91-98.
- Bayram, A., G. Salerno, A. Onofri, E. Conti. 2010. Sublethal effects of two pyrethroids on biological parameters and behavioral responses to host cues in the egg parasitoid *Telenomus busseolae*. *Bio. Cont.* 53: 153-160.
- Bhanu, S., S. Archana, K. Ajay, Bhatt, J.L., Bajpai, S.P. P.S. Singh & B. Vandana. 2011. Impact of deltamethrin, us as an insecticide and its bacterial degradation – a preliminary study. *Int. J. Environ. Sci.* 1: 977-985.
- Dastjerdi, H.R., M. J. Hejazi, G.N. Ganbalani, M. Saber. 2009. Sublethal effects of some conventional and biorational insecticides on ectoparasitoid, *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae). *J. Entomol.* 6: 82-89.
- Delpuech, J.M.; Legallet, B.; Terrier, O. & Fouillet, P. 1999. Modifications of the sex pheromonal communication of *Trichogramma brassicae* by a sublethal dose of deltamethrin. *Chemosphere* 38: 729-739.
- Delpuech, J.M.; Legallet, B. & Fouillet, P. 2001. Partial compensation of the sublethal effect of deltamethrin on the sex pheromonal communication of *Trichogramma brassicae*. *Chemosphere* 42: 985-991.
- Desneux, N., Minh-Ha Pham-Delegue and L. Kaiser. 2003. Effects of sub-lethal and lethal doses of lambda-cyhalothrin on oviposition experience and host-searching behaviour of a parasitic wasp, *Aphidius ervi*. *Pest Manag. Sci.* 60: 381-389.
- Desneux, N., H. Rafalimanana & L. Kaiser. 2004. Dose-response relationship in lethal and behavioural effects of different insecticides on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 54: 619-627.
- Desneux, N., X. Fauvergue, F-X.D- Moncharmont, L. Kerhoas, Y Ballanger & L. Kaiser. 2005. *Diaeretiella rapae* Limits *Myzus persicae* Populations after Applications of Deltamethrin in Oilseed Rape. *J. Econ. Entomol.* 98: 9-17.
- Desneux, N., Ramirez-Romero, R. & Kaiser, L. 2006a. Multistep bioassay to predict recolonization potential of emerging parasitoids after a pesticide treatment. *Environ. Toxic. Chem.* 25: 2675-2682.
- Desneux, N., Denoyelle, R. & Kaiser, L. 2006b. A multi-step bioassay to assess the effect of the deltamethrin on the parasitic wasp *Aphidius ervi*. *Chemosphere* 65: 1697-1706.
- Desneux, N., A. Decourtye & J.M. Delpuech. 2007. The sublethal effects of pesticides on beneficial arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 52: 81-106.
- Dietz, S., M. de Roman, S. Lauck-Birkel, Ch. Maus, P. Neumann and R. Fischer. 2009. Ecotoxicological and environmental profile of the insecticide deltamethrin. *Bayer Crop Sci. J.* 62: 211-225.

- Fernandes, F.L., L. Bacci & M.S. Fernandes. 2010. Impact and selectivity of insecticides to predators and parasitoids. *Entomol. Brasil.* 3: 01-10.
- Fox, J. J. 2014. The threat to rice production in Java in 2014 by planthopper pest outbreaks. Australian National University, Canberra, Australia. 4 p.
- Garcia, P. 2011. Sublethal effects of pyrethroids on insect parasitoid: what we need to further know. In *Pesticides-Formulations-Effects-Fate*. Eds Stoytcheva, M. InTech. India. p 477-494.
- Gentz, M.C., G. Murdoch & G.F. King. 2010. Tandem Use of Selective Insecticides and Natural Enemies for Effective, Reduced-risk Pest Management. *Biol. Cont.* 52: 208-215.
- Godfray, H.C.J. 1994. *Parasitoids. Behavioral and Evolutionary Ecology*. Princeton University Press. Princeton. New Jersey. United Kingdom. 473 p.
- Hassan, S.A. 1985. Standard Methods to Test the Side-effects of Pesticides on Natural Enemies of Insects and Mites Developed by the IOBC/WPRS Working Group 'Pesticide and Beneficial Organism'. *Bulletin OEPP/EPPO Bulletin* 15: 214-255.
- Heong, K. L., L. Wong, and J. H. De los Reyes. 2013. Addressing Planthopper Threats to Asian Rice Farming and Food Security: Fixing Insecticide Misuse. ADB Sustainable Development Working Paper. 12 p.
- Liu, F., S.W. Bao, Y. Song, H.Y. Lu, & J. X. Xu. 2010. Effects of Imidacloprid on the Orientation Behaviour and Parasitizing Capacity of *Anagrus nilaparvatae*, an Egg Parasitoid of *Nilaparvata lugens*. *BioControl* 55: 473-483.
- Longley, M. & P.C. Jepson. 1996. The Influence of Insecticide Residues on Primary Parasitoid and Hyperparasitoid Foraging Behaviour in the Laboratory. *Entomol. Exp. Applic.* 81: 259-269.
- Longley, M., P.C. Jepson, J. Izquierdo & N. Sotherton. 1997. Temporal dan Spatial Change in Aphid and Parasitoid Population Following Application of Deltamethrin in Winter Wheat. *Entomol. Exp. Applic.* 83: 41-52.
- Longley, M. 1999. A Review of Pesticide Effects Upon Immature Aphid Parasitoids within Mummified Hosts. *Int. J. Pest Manag.* 45: 139-145.
- Matsumura, F. 1985. *Toxicology of Insecticide*. Plenum Press, New York. 598 p.
- Meilin, A. 2012. Dampak Aplikasi Insektisida Pada Parasitoid Telur Wereng Batang Cokelat Dan Deltametrin Konsentrasi Subletal Terhadap *Anagrus Nilaparvatae* (Hymenoptera: Mymaridae). Disertasi. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 149 p.
- Nordlund, D.A. 1994. Habitat location by *Trichogramma*, In: *Biological Control with egg parasitoids*, Wajnberg E. & Hassan S. (Ed.), CAB International. UK. p155-163.
- Saber, M., M.J. Hejazi, K. Kamali, & S. Moharramipour. 2005. Lethal and sublethal effects of fenitrothion and deltamethrin residues on the egg parasitoid *Trissolcus grandis* (Hymenoptera: Scelionidae). *J. Econ. Entomol.* 98: 35-40.
- Salerno, G., S. Collazo and E. Conti. 2002. Sub-lethal effects of deltamethrin on walking behaviour and response to host kairomone of the egg parasitoid *Trissolcus basalis*. *Pest. Manag. Sci.* 58: 663-668.
- Sarmadi, S., G.N-Ganbalani, H. R-Dastjerdi, M. Hassanpour & R.F-Pourabad. 2010. The effects of imidacloprid, indoxacarb and deltamethrin on some biological and demographic parameters of *Habrobracon hebetor* Say (Hymenoptera: Braconidae) in adult stage treatment. *Mun. Ent. Zool.* 5: 646-651.
- Stapel, J.O., A.M. Cortesero and W.J. Lewis. 2000. Disruptive sublethal effects of insecticides on biological control: altered foraging ability and life span of a parasitoid after feeding on extrafloral nectar of cotton treated with systemic insecticides. *Bio. Cont.* 17: 243-249.
- Stark, J. D., & J.E. Banks. 2003. Population-level effects of pesticides and other toxicants on arthropods. *Annu. Rev. Entomol.* 48: 505-519.
- Sterk, G., S.A. Hassan, M. Baillod, F. Bakker, F. Bigler, S. Blumel, H. Bogenschutz, E. Boller, B. Bromand, J. Brun, J.N.M. Calis, J. Coremans-Pelseneer, C. Duso, A. Garrido, A. Grove, U. Heimbach, H. Hokkanen, J. Jacas, G. Lewis, L. Moreth, L. Polgar, L. Roversti, L. Samsøe-Petersen, B. Sauphanor, L. Schaub, A. Staubli, J.J. Tuset, A. Vainio, M. Van de Veire, G. Viggiani, E. Vinuela, and H. Vogt. 1999. Result of the seventh joint pesticide testing programme carried out by the IOBC/WPRS-Working Group 'Pesticides and Beneficial Organism'. *BioControl* 44: 99-117.
- Vieira, A., L. Oliveira & P. Garcia. 2001. Effects of conventional pesticides on the preimaginal development stages and on adults of *Trichogramma cordubensis* (Hymenoptera: Trichogrammatidae). *Bio. Sci. Tech.* 11: 527-534.
- Vinson, S.B. 1976. Host selection by insect parasitoids. *Annu. Rev. Entomol.* 21: 109-133.

- Vinson, S.B. 1998. The general host selection behavior of parasitoid Hymenoptera and a comparison of initial strategies utilized by larvaphagous and oophagous species. *Bio. Cont.* 11: 79-96.
- Wang, H.Y., Y. Yang, J.Y. Su, J.L. Shen, C.F. Gao & Y.C. Zhu. 2008. Assesment of the Impact of Insecticides on *Anagrus nilaparvatae* (Pang et Wang) (Hymenoptera: Mymaridae), an Egg Parasitoid of the Rice Planthopper, *Nilaparvata lugens* (Hemiptera: Delphacidae). *Crop Prot.* 27: 514-522.
- Youssef, A.I.; Nasr, F.N.; Stefanos, S.S.; Elkhair, S.S.A.; Shehata, W.A.; Agamy, E.; Herz, A. & Hassan, S.A. 2004. The side-effects of plant protection products used in olive cultivation on the hymenopterous egg parasitoid *Trichogramma cacoeciae* Marchal. *J. Appl. Entomol.* 128: 593-599.