

OPTIMASI PEMANFAATAN BERAGAM JENIS PESTISIDA UNTUK MENGENDALIKAN HAMA DAN PENYAKIT TANAMAN

Optimal Use of Various Kinds of Pesticides to Control Plant Pests and Diseases

Supriadi

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111
Telp. (0251) 8321879, Faks. (0251) 8327010
E-mail: balitro@litbang.deptan.go.id, supriadi_balitro@yahoo.co.id

Diajukan: 19 November 2012; Disetujui: 5 Januari 2013

ABSTRAK

Berdasarkan sumber bahan aktifnya, pestisida dikelompokkan ke dalam pestisida hayati, nabati, dan sintetis. Peran pestisida sintetis masih sangat dominan dalam mendukung peningkatan produksi pertanian di dunia. Namun, karena banyak efek negatifnya, maka penggunaan pestisida sintetis makin diminimalkan antara lain dengan meningkatkan peran pestisida hayati dan nabati. Tulisan ini memaparkan kompatibilitas berbagai pestisida dan keefektifannya dalam mengendalikan hama dan penyakit tanaman (OPT) terutama pestisida hayati dan nabati yang semakin marak dikembangkan dan diperdagangkan. Banyak di antaranya dapat digunakan secara bersamaan atau bergiliran karena bersifat kompatibel satu sama lain, bahkan dengan pestisida sintetis. Beberapa hasil penelitian menunjukkan bahwa *Bacillus thuringiensis* dapat digunakan bersamaan dengan parasitoid *Diadegma semiclausum*, *Cotesia plutellae*, dan *Diadromus collaris* untuk mengendalikan *Plutella xylostella* pada tanaman kubis-kubisan. *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* kompatibel dengan mimba dan spinosad, sedangkan *Trichoderma* kompatibel dengan beberapa jenis pestisida sintetis, seperti mankozeb, kaptan, deltametrin, monokrotophos, dan imidakloprid. Di samping itu, asap cair (*vinegar*) bersifat sinergis dengan karbofuran sehingga menghemat penggunaan karbofuran sampai 50% dalam pengendalian wereng batang coklat. Namun, data kompatibilitas beragam jenis pestisida masih terbatas dan belum terdokumentasi dengan baik, serta mekanismenya masih perlu dikaji. Untuk meyakinkan petani bahwa mencampur pestisida berlainan jenis yang sinergis menguntungkan, perlu dibuat demplot dengan melibatkan petani sebagai kooperator. Produsen pestisida seyogianya menginformasikan kompatibilitas produknya dengan pestisida lain. Pemerintah perlu meningkatkan penyuluhan tentang pestisida dan mengawasi secara ketat peredaran dan penggunaannya.

Kata kunci: Pestisida hayati, pestisida nabati, pestisida sintetis, kompatibilitas, pengendalian hama, pengendalian penyakit

ABSTRACT

Base on their active compounds, pesticides are categorized into the biological, botanical and synthetic. The role of pesticides is significant in supporting agricultural production worldwide. However, their side effects are also recognized and need to be

minimized, for example by optimizing the use of biological pesticides. The study intended to overview research results on the compatibility of pesticides in their efficacy on controlling plant pests and diseases. Biological pesticides are increasingly developed and marketed, and those which are compatible have been used together or in rotation with synthetic pesticides. Few studies showed that *Bacillus thuringiensis* are used in combination with parasitoids *Diadegma semiclausum*, *Cotesia plutellae*, and *Diadromus collaris* to control *Plutella xylostella* on Brassica plants. Microinsecticides *Beauveria bassiana* and *Metarhizium anisopliae* can be used with neem and spinosad insecticides, whereas *Trichoderma* are compatible with several pesticides such as mancozeb, captan, deltametrin, monocrotophos, and imidakloprid. Besides, vinegar which has not insecticidal action, is synergistic with carbofuran to control brown plant hopper, as the result carbofuran need reduced by 50%. However, data on the compatibility of pesticides are limited, not been well documented, and their mechanisms are lacking. To convince farmers that application of compatible pesticides is beneficial, it is recommended to set up demonstration plots involving them as cooperators. Pesticide producers should inform clearly about the compatibility of their products with other pesticides. The government is urged to improve farmers's knowledge on pesticide and strictly control pesticide distributions and usages.

Keywords: Biological pesticides, botanical pesticides, synthetic pesticides, compatibility, pest control, disease control

PENDAHULUAN

Peran pestisida untuk meningkatkan kualitas dan produksi komoditas pertanian di berbagai negara masih dominan. Cooper dan Dobson (2007) menyatakan bahwa penggunaan pestisida yang bijaksana banyak menguntungkan manusia, seperti meningkatnya produksi tanaman dan ternak karena menurunnya gangguan hama dan penyakit pada tanaman (OPT), terjaminnya kesinambungan pasokan makanan dan pakan karena hasil panen meningkat, serta meningkatnya kesehatan, kualitas dan harapan hidup manusia akibat tersedianya bahan makanan bermutu dan perbaikan lingkungan. Namun, harus diakui bahwa dampak negatif penggunaan pestisida

yang tidak bijaksana terhadap kesehatan dan lingkungan sudah banyak dipublikasi sehingga berbagai upaya untuk meminimalkan dampak negatifnya perlu dilakukan.

Penggunaan pestisida dengan bahan aktif yang sangat toksik dan sulit terdegradasi juga menimbulkan berbagai dampak negatif pada lingkungan, seperti hilangnya keragaman hayati, menurunnya populasi organisme berguna seperti musuh alami, dan pencemaran lingkungan (Isenring 2010). Munculnya OPT yang resisten terhadap pestisida sintesis sudah lama diketahui. Menurut Bellinger (1996), ada lebih dari 500 spesies serangga dan tungau, 270 spesies gulma, 150 patogen tanaman, dan beberapa spesies tikus yang tahan terhadap pestisida. Di antaranya, terdapat lebih dari 1.000 kombinasi serangga/insektisida yang tahan (*multiple resistance*) dan 17 spesies serangga yang tahan terhadap hampir sebagian besar kelompok insektisida. Dalam ulasannya, Matsu-mura *et al.* (2009) menyatakan bahwa resistensi wereng batang coklat terhadap insektisida imidakloprid dan tiametoksam umum terjadi di Asia Timur dan Indochina, kecuali Filipina, sedangkan wereng batang coklat yang tahan terhadap insektisida fipronil ditemukan di Asia dan Asia Tenggara.

Penggunaan pestisida oleh petani sudah sangat intensif, bahkan melebihi batas aman. Petani sayuran sudah biasa menggunakan dua atau lebih jenis pestisida yang tidak diketahui kompatibilitasnya. Hasil penelitian Basuki (2009) menunjukkan bahwa petani bawang merah di Brebes dan Cirebon sudah biasa mencampurkan 2–3 jenis insektisida untuk mengendalikan ulat bawang (*Spodoptera exigua*). Sebagian petani mencampurkan insektisida yang bersifat sinergis, walaupun tanpa mereka sadari. Namun, banyak juga yang menggunakan campuran insektisida yang berlawanan cara kerjanya (antagonis). Praktik seperti ini amat berbahaya karena jumlah insektisida yang digunakan menjadi berlipat ganda. Terlebih lagi bila selain dosisnya berlebihan, hama sasarannya tetap tidak terkendali, sehingga perlakuan pestisida akan merusak lingkungan dan menimbulkan resistensi hama.

Untuk meminimalkan dampak negatif penggunaan pestisida sintesis, Pemerintah melalui Peraturan Menteri Pertanian No. 24/Permentan/SR.140/4/2011 tanggal 8 April 2011 melarang penggunaan 42 jenis bahan aktif pestisida sintesis, termasuk dieldrin, endosulfan, dan klordan (Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian 2012). Pengendalian OPT harus dilakukan secara terpadu (PHT) berdasarkan konsep pengendalian secara ekologis dan teknologis dengan memanfaatkan berbagai komponen pengendalian yang kompatibel dalam satu kesatuan koordinasi sistem pengendalian yang berwawasan lingkungan dan berkelanjutan (Laba 2010). Salah satu upaya untuk meminimalkan penggunaan pestisida sintesis adalah mengoptimalkan penggunaan pestisida alternatif yang lebih ramah lingkungan, seperti pestisida nabati dan hayati, serta meningkatkan penggunaan beberapa jenis pestisida tersebut yang kompatibel secara bersamaan.

Tujuan penulisan adalah mengkaji kompatibilitas beberapa jenis pestisida hayati, nabati, maupun sintesis, dan keefektifannya untuk mengendalikan OPT. Namun, tulisan ini tidak membahas kompatibilitas antarpestisida sintesis karena sasaran utamanya adalah menekan penggunaan pestisida sintesis. Diharapkan, informasi mengenai kompatibilitas pestisida dapat meningkatkan pemanfaatan pestisida yang lebih ramah lingkungan dan meminimalkan penggunaan pestisida sintesis dalam pengendalian OPT.

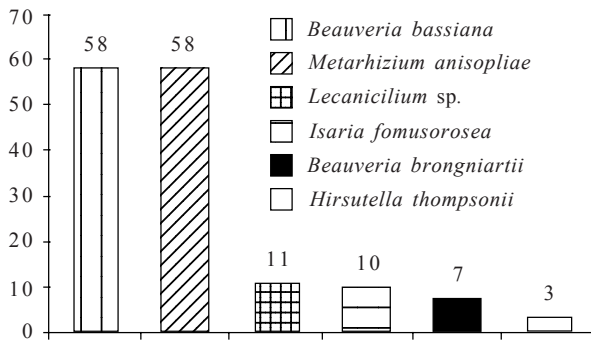
DEFINISI

Berdasarkan kandungan bahan aktifnya, pestisida dikelompokkan menjadi pestisida hayati, nabati, dan sintesis. Istilah pestisida hayati yang digunakan dalam tulisan ini mengikuti definisi yang dipakai oleh Pal dan Gardener (2006), yaitu organisme hidup, seperti serangga predator, nematoda entomopatogen, mikroorganisme antagonis, dan hasil fermentasi bahan alami untuk mengendalikan OPT. Disebut pestisida nabati apabila bahan aktifnya berasal dari tumbuhan, sedangkan bila bahan aktifnya dari senyawa kimia sintesis disebut pestisida sintesis.

Interaksi antara jenis-jenis pestisida, baik hayati, nabati maupun sintesis, mengikuti pendapat Cloyd (2011) yang digunakan pada pestisida sintesis, yaitu sinergis apabila penggunaan dua atau lebih pestisida yang berbeda dapat meningkatkan keefektifan pengendalian OPT. Dengan kata lain, penggunaan dua jenis atau lebih pestisida yang bersinergi disebut kompatibel satu dengan lainnya. Sebaliknya, apabila penggunaannya menurunkan keefektifannya, maka pestisida dikategorikan bersifat antagonis atau tidak kompatibel.

KEMAJUAN PENELITIAN PESTISIDA HAYATI DAN NABATI

De Faria dan Wright (2007) menyebutkan ada 17 spesies jamur yang dapat digunakan sebagai mikoinsektisida (insektisida dari golongan jamur) yang sudah diformulasikan menjadi 171 produk biopestisida komersial. Sebagian besar dari formula mikoinsektisida tersebut dibuat dan digunakan untuk mengendalikan serangga hama di Amerika Selatan. *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae* merupakan dua di antara 17 spesies jamur yang paling banyak diformulasikan. Terdapat 58 formula mikoinsektisida yang sudah dikomersialkan (Gambar 1). Produk-produk mikoinsektisida tersebut digunakan untuk mengendalikan berbagai jenis hama, termasuk 48 famili serangga hama dari ordo Hemiptera, Coleoptera, Lepidoptera, Thysanoptera, dan Orthoptera.



Gambar 1. Enam spesies jamur yang terbanyak diformulasikan dan dikomersialkan sebagai mikoinsektisida di berbagai negara (de Faria dan Wright 2007).

Untuk senyawa aktif pestisida nabati, empat jenis yang banyak digunakan untuk mengendalikan serangga hama yaitu piretrum (*Tanacetum cinerariifolium*, Asteraceae), rotenon (*Derris sp.*, *Lonchocarpus sp.*, dan *Tephrosia sp.*), azadirakta (*Azadirachta indica*, Meliaceae), dan minyak atsiri dari tanaman rosemary (*Rosmarinus officinale*), eukaliptus (*Eucalyptus globus*), cengkih (*Syzygium aromaticum*), timi (*Thymus vulgaris*), menta (*Mentha species*), dan tembakau (*Nicotiana spp.*, Solanaceae) (Isman 2006). Menurut Koul *et al.* (2008), potensi minyak atsiri sebagai pestisida nabati semakin penting karena sifat kerjanya yang luas (*broad spectrum*) dan efektif terhadap serangga hama maupun jamur patogen tanaman.

Keefektifan pestisida nabati berkaitan dengan kandungan senyawa kimianya yang bersifat racun (*toxic*), menolak (*repellent*) atau mencegah makan (*deterrent*) (Isman 2006; Khater 2012). Khusus untuk minyak atsiri, sebagian besar senyawa kimia yang dikandung di dalamnya berpengaruh terhadap sistem syaraf oktopaminergis pada serangga dan relatif aman terhadap manusia dan ikan sehingga memenuhi kriteria sebagai pestisida berisiko rendah (Koul *et al.* 2008).

Isman (2006) menyatakan bahwa prospek penggunaan pestisida nabati sangat terbuka, terutama pada pertanian organik di negara-negara maju atau pada pertanian secara umum di negara-negara berkembang seiring dengan harga pestisida sintetis yang makin mahal. Menurut Asogwa *et al.* (2010), penggunaan mimba sebagai pestisida nabati semakin marak di negara-negara berkembang karena mempunyai banyak kelebihan, di antaranya ramah lingkungan, mudah terdegradasi, tidak beracun, dapat dikombinasikan dengan jenis pestisida lainnya, tidak mudah menimbulkan resistensi pada hama sasaran, mudah larut dalam air, memperbaiki pertumbuhan tanaman, dan harganya murah. Namun, pengembangan pestisida nabati masih menghadapi kendala karena daya kerjanya lambat, bahan baku untuk skala komersial masih terbatas, dan proses pendaftaran serta perizinannya

belum dipahami oleh pengusaha kecil (Kardinan 2011). Selanjutnya, Rajashekar *et al.* (2012) menyatakan beberapa masalah berkaitan dengan belum maraknya penggunaan pestisida nabati, yaitu 1) keefektifannya kurang meyakinkan, terutama apabila dibuat pada skala rumah tangga, 2) sulitnya standarisasi mutu produk akibat besarnya keragaman genetik tanaman dan tempat tumbuhnya, serta pemanenan masih tradisional, 3) kesulitan dalam pendaftaran dan paten, 4) nilai usaha tani belum pasti karena pengaruh musim, sumber bahan baku, dan tingkat keefektifannya, 5) stabilitas bahan aktif rendah, seperti mudah terdegradasi oleh sinar ultraviolet, 6) tidak kompetitif terhadap pestisida sintetis (harga dan spektrum kerja), dan 7) terbatasnya data keamanan terhadap mamalia dan lingkungan. Untuk mengatasi kelemahan-kelemahan tersebut maka upaya yang dapat dilakukan adalah menggunakan beberapa jenis pestisida (hayati, nabati, dan sintetis) secara bersamaan.

PENGUNAAN BEBERAPA JENIS PESTISIDA SECARA BERSAMAAN

Istilah pestisida campuran dalam uraian ini berarti kombinasi dua atau lebih pestisida dalam suatu larutan semprot (Cloyd 2011). Aplikasi campuran pestisida ditujukan untuk meningkatkan keefektifannya, sekaligus mengurangi biaya dan upah aplikasi pestisida. Namun, pencampuran pestisida secara sembarangan dapat menurunkan keefektifan (antagonis) atau meningkatkan keracunan (fitotoksik) pada tanaman. Pencampuran pestisida tidak hanya antara dua atau lebih pestisida yang berlainan bahan aktif, tetapi juga antara pestisida yang berlainan jenis (nabati, hayati, dan sintetis).

Dalam ulasannya, Cloyd (2011) menyatakan bahwa keuntungan utama penggunaan pestisida yang berlainan cara kerjanya adalah meningkatkan keefektifan, mengurangi jumlah pestisida, dan menekan potensi timbulnya OPT resisten. Sebaliknya, risiko penggunaan pestisida campuran adalah dapat menimbulkan keracunan pada tanaman (fitotoksik) dan menurunkan keefektifan karena jenis pestisida yang digunakan bersifat antagonis. Pencampuran pestisida yang berlainan cara kerjanya dapat dilakukan dengan mencampurkan produk/formula pestisida dalam tangki semprot (*tank mixed*) lalu diaplikasikan pada satu waktu, secara bergantian (rotasi) pada satu musim tanam, atau dibuat formula yang mengandung berlainan bahan aktif (*formula mixed*).

Aplikasi Pestisida secara Bersamaan pada Satu Waktu

Praktik pencampuran pestisida berlainan produk (merek) sudah biasa dilakukan petani, walaupun tanpa pengetahuan apakah boleh dicampurkan (sinergistik) atau tidak

(antagonistik). Apabila tidak ada informasi sama sekali, ada dua langkah praktis yang dapat dilakukan petani. Pertama, mencampurkan masing-masing produk dalam jumlah sedikit (satu takaran kecil) dalam suatu wadah, kemudian diaduk dan diamati penampilannya secara visual. Apabila tercampur, tidak membentuk gumpalan, dan tidak terpisah (homogen) maka pestisida yang dicampurkan dapat digunakan bersamaan. Sebaliknya, apabila tidak tercampur dan membentuk gumpalan atau endapan berarti pestisida tersebut tidak boleh digunakan bersamaan dalam satu tangki semprot. Kedua, jumlah campuran pestisida tidak boleh melebihi dosis anjuran. Misalnya, apabila akan mencampurkan dua jenis produk pestisida, yang satu dosis anjurannya 6 ml/liter dan yang kedua 8 ml/liter. Jika rasio campurannya 1:1, maka jumlah pestisida pertama adalah 3 ml/liter dan jumlah yang kedua 4 ml/liter. Dengan cara ini maka jumlah pestisida dapat dihemat masing-masing 50%. Pada kenyataannya, petani mencampurkan pestisida dengan dosis yang berlebihan. Petunjuk praktis ini mudah diterapkan untuk pestisida sintesis atau nabati, namun sulit untuk pestisida hayati yang bahan aktifnya spora.

Sinergisme atau antagonisme pestisida yang berlainan cara kerjanya hanya dapat dibuktikan dengan mengaplikasikan langsung pada OPT target. Informasi tentang keefektifan pestisida berlainan jenis sudah dipublikasi, walaupun masih sangat terbatas.

Aplikasi Pestisida secara Bergantian pada Satu Musim Tanam

Konsep penggunaan pestisida yang berlainan cara kerjanya secara rotasi dapat mengurangi timbulnya OPT resisten (Cloyd 2010). Peluang pemanfaatan pestisida yang berlainan cara kerjanya pada tanaman sayuran sangat prospektif karena penerapan PHT pada tanaman sayuran masih rendah (Srinivasan 2012). Oleh karena itu, penggunaan beberapa jenis pestisida yang kompatibel satu dengan lainnya merupakan pilihan yang bijaksana dan perlu terus dipromosikan kepada petani.

Selanjutnya, Srinivasan (2012) menyatakan bahwa penggunaan pestisida hayati *Bacillus thuringiensis* bersama dengan parasitoid *Diadegma semiclausum*, *Cotesia plutellae*, dan *Diadromus collaris* dapat meningkatkan keefektifan pengendalian *Plutella xylostella* pada tanaman kubis-kubisan dan terung, mengurangi penggunaan insektisida sintesis, sekaligus meningkatkan peran musuh alami.

Aplikasi Formula Campuran Pestisida Berlainan Bahan Aktif

Pengalaman di lapang tentang keefektifan (sinergisme) penggunaan beberapa jenis pestisida dapat menjadi

masukannya bagi formulator pestisida. Beberapa jenis bahan aktif pestisida yang berlainan cara kerjanya dan bersifat sinergistik dapat digabung menjadi formula tunggal. Penggabungan tersebut (rasio dan jumlah bahan aktif, jenis bahan pembawa, jenis pengemulsi) hanya dapat dilakukan oleh tenaga profesional. Di samping lebih efektif, formula campuran tidak boleh lebih beracun bagi tanaman, manusia, dan lingkungan.

KOMPATIBILITAS PESTISIDA NABATI

Pencampuran pestisida nabati yang berlainan jenis dapat dilakukan pada waktu proses formulasi (*formula-mixed*) atau saat aplikasi di lapangan (*tank-mixed*). Hasil penelitian menunjukkan adanya peningkatan keefektifan formula pestisida nabati yang mengandung beragam bahan aktif. Formula campuran ekstrak cabai jawa (*Piper retrofractum*) + srikaya (*Anona squamosa*) dan *Aglaiia odorata* + srikaya, misalnya, lebih efektif mengendalikan ulat kubis *Crociodolomia flavonana* dan *Plutella xylostella* dibandingkan dengan penyemprotan insektisida sintetik deltametrin. Selain efektif, aplikasi formula campuran tersebut juga tidak berpengaruh negatif terhadap serangga predator *D. semiclausum* (parasitoid *P. xylostella*) dan *Eriborus argenteopilosus* (parasitoid *C. flavonana*) (Dadang *et al.* 2011).

Oparaeke *et al.* (2005) juga menunjukkan bahwa aplikasi 10% ekstrak campuran tepung kulit biji mete (*cashewnut shell*) + bawang putih atau ekstrak tepung kulit biji mete + cabai afrika (*Xylopiya aethiopicum*) efektif mengendalikan thrip (*Megalurothrips sjostedti*), penggerek biji kacang tunggak (*Mauruca vitrata*), dan pengisap biji kacang tunggak (*Clavigralla* spp.). Dengan demikian, formula campuran pestisida nabati dapat menjadi pilihan petani untuk mengendalikan serangga hama pada tanaman kacang tunggak.

KOMPATIBILITAS PESTISIDA NABATI DAN HAYATI

Kompatibilitas insektisida nabati mimba dan insektisida hayati *B. bassiana* telah dikemukakan oleh beberapa peneliti. Penyemprotan tanaman terung dengan suspensi konidia *B. bassiana* (10^8 konidia/ml) dikombinasikan dengan mengguyur akar tanaman dengan larutan ekstrak mimba (1%) bersifat sinergis dan meningkatkan persentase mortalitas *Bemisia tabaci* (Islam *et al.* 2011; Islam dan Omar 2012). Hal ini mengindikasikan mimba bisa digunakan bersamaan dengan *B. bassiana*. Minyak dan ekstrak mimba serta ekstrak jarak juga bersifat kompatibel dengan jamur agens hayati lainnya, seperti *Trichoderma* (Bagwan 2010; Tapwal *et al.* 2012). Penggunaan campuran pestisida nabati dan agens hayati tidak hanya dalam bentuk hidup, tetapi juga senyawa metabolit turunannya

yang bersifat toksik. Misalnya, efek sinergisme senyawa toksik dari entomopatogen *Metarhizium anisopliae* (destruksin) dengan insektisida botani rotenon, azadirachtin, dan paenolum terhadap *Aphis gossypii*, dan kombinasi terbaik adalah destruksin + rotenon dengan rasio 9:1 atau 7:3 (Fei Yi *et al.* 2012) (Tabel 1).

KOMPATIBILITAS PESTISIDA HAYATI

Beauveria bassiana dan *M. anisopliae* adalah agens hayati yang banyak digunakan dalam pengendalian hama (de Faria dan Wright 2007). Kedua jenis mikoinsektisida tersebut dapat digunakan secara bersamaan karena bersifat kompatibel, tetapi penggunaan *B. bassiana* dengan *L. lecanii* atau *M. anisopliae* dengan *L. lecanii* tidak dianjurkan karena bersifat antagonis (Mahmoud 2009). Ludwig dan Oetting (2001) mengingatkan bahwa penggunaan *B. bassiana* harus memerhatikan jenis dan populasi serangga berguna lainnya karena hasil pengujian di laboratorium menunjukkan *B. bassiana* juga dapat menginfeksi langsung serangga predator atau parasit, seperti *Aphidius colemani*, *Encarsia formosa*, *Orius insidiosus*, dan *Phytoseiulus persimilis* dengan tingkat kematian tinggi (68–100%). Apabila *B. bassiana* diinokulasikan secara tidak langsung melalui pakan yang terkontaminasi maka tingkat kematian *A. colemani* dan *P. persimilis* masih cukup tinggi (5,6–96%) (Tabel 2). Hal ini menunjukkan *B. bassiana* mampu bertahan pada kondisi pakan atau tanaman target beberapa jam setelah aplikasi.

Kasus sinergisme antara agens hayati juga dilaporkan oleh Sankar *et al.* (2009), bahwa virulensi entomopatogen *Heterorhabdus indica* terhadap larva *Galleria melonella* meningkat apabila dikombinasikan dengan agens hayati lainnya, seperti *Pseudomonas fluorescens*. Sinergisme antara agens hayati isolat *Pseudomonas* sp. CDB 35 dan *Pseudomonas* sp. BWB 21 dengan *Rhizobium* sp. IC 59 dan IC 76 juga terbukti dengan meningkatnya 18–30% bobot kering tanaman

Tabel 1. Sinergisme senyawa toksik destruksin dari *Metarhizium anisopliae* dan pestisida nabati terhadap *Aphis gossypii*.

| Rasio destruksin dengan insektisida nabati (μ /ml) | Kematian (%) |
|---|----------------|
| Destruksin (0,06) + Rotenon (0,54) | 98,9 \pm 1,2 |
| Destruksin (0,18) + Matrin (0,42) | 98,9 \pm 0,7 |
| Destruksin (1,60) + Paeonolum (2,40) | 88,6 \pm 2,3 |
| Destruksin (36); + Azadirachtin (24) | 88,9 \pm 1,2 |
| Matrin (50) | 96,7 \pm 2,9 |
| Rotenon (3) | 91,6 \pm 1,1 |
| Destruksin (100) | 87,8 \pm 2,8 |
| Paeonolum (80) | 85,7 \pm 1,4 |
| Azadirachtin (200) | 85,3 \pm 3,0 |

Sumber: Fei Yi *et al.* (2012).

Tabel 2. Pengaruh *Beauveria bassiana* terhadap beberapa jenis serangga musuh alami.

| Serangga uji (musuh alami) | Persentase mortalitas serangga uji | | |
|--------------------------------|------------------------------------|---------------------|---------|
| | Efek langsung ¹ | Efek tidak langsung | Kontrol |
| <i>Aphidius colemani</i> | 94,0 | 96,0 | 0 |
| <i>Encarsia formosa</i> | 87,8 | 9,6 | 2 |
| <i>Orius insidiosus</i> | 68,0 | 5,6 | 0 |
| <i>Phytoseiulus persimilis</i> | 100,0 | 42,0 | 2 |

¹Efek langsung diuji dengan mencelupkan serangga uji dalam suspensi *B. bassiana* atau serangga diberi pakan segar yang sudah dikontaminasi dengan konidia *B. bassiana*. Efek tidak langsung diuji dengan cara mengekspose serangga uji pada pakan kering yang terkontaminasi *B. bassiana* (pakan yang dikering-anginkan 4 jam).

Sumber: Ludwig dan Oetting (2001).

buncis yang benihnya dilumuri kedua campuran agens hayati tersebut (Hameeda *et al.* 2010).

KOMPATIBILITAS PESTISIDA HAYATI DENGAN PESTISIDA NABATI

Ekstrak daun mindi (*Melia azedarach*) dan formula mimba komersial tidak berbahaya bagi serangga parasitoid *Cotesia plutellae* dan *Diadromus collaris* sehingga dapat diaplikasikan secara bersama-sama untuk mengendalikan *Plutella xylostella* (Charleston *et al.* 2001). Namun, Bonsignore dan Vacante (2012) tidak merekomendasikan penggunaan insektisida nabati, baik rotenon maupun mimba apabila populasi parasitoid *Orius laevigatus* masih tinggi karena dapat mengganggu populasi parasitoid tersebut. Dalam ulasannya, Yadav dan Neeraj (2012) menyatakan bahwa produk pestisida hayati yang mengandung *Beauveria* spp. tidak dianjurkan untuk diaplikasikan bersama dengan senyawa kimia lainnya, seperti bahan perekat, insektisida bersabun, minyak pengemulsi, fungisida, dan predator.

KOMPATIBILITAS AGENS HAYATI DENGAN PESTISIDA SINTETIS

Secara umum, agens hayati juga sensitif terhadap pestisida sintetis sehingga penggunaannya secara bersamaan dalam pengendalian hama dan penyakit perlu dihindari. Amutha *et al.* (2010) menunjukkan bahwa beberapa jenis insektisida bersifat toksik terhadap *B. bassiana*, walaupun toksisitasnya beragam. Misalnya, khlorpirifos kurang toksik dibandingkan spinosad dan mimba, sedangkan quinalfos, asetamprid, endosulfan, dan tiodikarb sedikit toksik, sementara imidakloprid dan triazofos toksisitasnya sedang. Insektisida yang paling toksik terhadap *B. bassiana* adalah profenofos,

indoksakarb, dan metildemeton. Hal serupa dikemukakan oleh Rachappa *et al.* (2007) bahwa pada pengujian di laboratorium, fungisida karbendazim, propikonazol, khlorotalonil, dan heksakonazol sangat toksik terhadap *M. anisopliae*, sedangkan kaptan dan belerang bersifat kompatibel. Beberapa jenis insektisida, seperti khlorpirifos, endosulfan, dikofol, diklorfos, dan malathion juga toksik terhadap *M. anisopliae*. Hasil penelitian Asi *et al.* (2010) juga menunjukkan pengaruh negatif beberapa jenis insektisida terhadap *M. anisopliae*. Khlorpirifos, metomil, tiodikarb, khlorfenapir, flufenoksuron, lufenuron, indeksakarb, emamektin benzoat, metoksifenosida, triflumuron, abamektin, dan profenofos dapat menekan pertumbuhan miselium (25–49%) dan perkecambahan konidia (27–50%) *M. anisopliae* dan *Paecilomyces fumosoroseus*. Hanya spinosad yang tidak berpengaruh negatif terhadap *M. anisopliae*.

Untuk agens hayati jenis jamur yang lain, *T. harzianum* dan *T. viride* bersifat kompatibel dengan beberapa fungisida sintetis (thiram, Cu oksiklorida, Cu hidroksida, mankozeb, dan kaptan) dan insektisida sintetis (endosulfan, fenpropatrin, propargit, deltametrin, monokrotofos, imidakloprid, dimetoat, forat, dan khlorpirifos) (Jebakumar *et al.* 2000; Bagwan 2010; Sarkar *et al.* 2010; Sing *et al.* 2012; Tapwal *et al.* 2012). Hal ini mengindikasikan potensi penggunaan *Trichoderma* dengan pestisida sintetis jenis tertentu secara bersamaan atau bergantian untuk mengoptimalkan pengendalian hama dan penyakit tanaman. Sebaliknya, penggunaan pestisida sintetis lainnya (tebukonazol, vitavax, propikonazol dan khlorotalonil, karbendazim, metil tiopanat, heksakonazol, triflumizol, dikofol, quinolfos, karbosulfan, profenofos, dan sipermetrin) tidak dianjurkan bersamaan dengan *Trichoderma* karena dapat membunuh atau mengurangi keefektifannya (Gowdar *et al.* 2006; Bagwan 2010; Sarkar *et al.* 2010; Sing *et al.* 2012). Selanjutnya, agens hayati kelompok *Rhizobium*, seperti *Bradyrhizobium* sp. bersifat sinergis dengan benlate atau bavistin, sedangkan *Rhizobium meliloti* bersinergis dengan kaptan dan topsin yang secara bersamaan meningkatkan keefektifannya terhadap *Fusarium solani* dan *Macrophomia phaseolicola* sekaligus meningkatkan pertumbuhan tanaman *chickpea*

(Siddiqui *et al.* 1988). Daftar kompatibilitas pestisida sintetis terhadap musuh alami dikemukakan oleh Sadof dan Rauff (1999) dan merupakan bahan penting sebagai pegangan untuk masyarakat awam.

Dalam pengendalian hama tungau (*Tetranychus urticae*), Cote *et al.* (2002) menyarankan apabila populasi predator tungau (*P. similis*) masih rendah, penggunaan beberapa jenis akarisisida sintetis secara bersamaan masih dimungkinkan, seperti abamektin, heksitlazoks, minyak mimba, piridaben, dan spinosad pada periode awal pertumbuhan tanaman (1–14 hari setelah tanam), dilanjutkan dengan infestasi serangga predator tungau (*P. similis*) karena akarisisida tersebut aman terhadapnya. Namun, insektisida lainnya, seperti klorfeapirin dan bifentrin tidak boleh digunakan karena toksik terhadap serangga predator tersebut. Cloyd (2011) mengingatkan bahwa beberapa jenis pestisida yang berspektrum luas biasanya juga berbahaya terhadap serangga musuh alami. Seperti insektisida spinosad dan abamektin, serta fungisida fenheksamid dan tiofanat-metil yang berbahaya terhadap serangga predator tungau (*Neoseiulus cucumeris*), baik digunakan secara bersamaan maupun tunggal.

KOMPATIBILITAS PESTISIDA NABATI DENGAN PESTISIDA SINTETIS

Mimba merupakan salah satu insektisida nabati yang paling banyak dikembangkan di berbagai negara karena efektif terhadap beragam OPT. Selain itu, mimba juga memiliki keunggulan dapat dikombinasikan secara sinergis dengan beberapa jenis insektisida sintetis. Sood dan Sharma (2004) menunjukkan bahwa aplikasi mimba plus deltametrin pada konsentrasi setengah dosis anjuran, yaitu deltametrin 18,75 g ba/ha + mimba 1,6 g ba/ha efektif mengendalikan *Bactrocera cucurbitae* pada tanaman melon (Tabel 3). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan jenis pestisida yang kompatibel dapat mengurangi penggunaan pestisida sintetis.

Hasil penelitian Kim *et al.* (2008) juga menunjukkan hal yang sama. Campuran insektisida karbofuran plus

Tabel 3. Persistensi toksisitas insektisida sintetis deltametrin dan beberapa produk insektisida nabati mimba terhadap *Bactrocera cucurbitae*.

| Jenis pestisida dan dosis bahan aktif (g/ha) | Mortalitas (%) | Toksisitas (%) |
|--|----------------|----------------|
| Deltametrin (37,5) | 48,89 | 447,21 |
| Achook (mimba) (3,375) | 6,67 | 164,45 |
| Neemeevan (mimba) (6,75) | 4,45 | 48,90 |
| Deltametrin (18,75) + Achook (1,688) | 37,78 | 311,12 |
| Deltametrin (18,75) + Neemeevan (3,375) | 28,89 | 272,23 |
| Kontrol (air) | 0 | 0 |

Sumber: Sood dan Sharma (2004).

asap cair (*vinegar*) dengan rasio 1:1 efektif mengendalikan wereng batang coklat. Dengan demikian, penggunaan karbofuran dapat dihemat sampai 50%. Efek sinergisme dari asap cair diduga melalui penghambatan aktivitas enzim asetilkolin esterase sehingga terjadi penimbunan senyawa asetil kolin pada sistem syaraf yang berakibat paralisis/kelumpuhan pada serangga. Di samping itu, senyawa asap cair juga diduga meningkatkan penyerapan karbofuran oleh tubuh serangga akibat permeabilitas kutikula serangga semakin besar.

PROSPEK PENGEMBANGAN

Informasi tentang kompatibilitas pestisida hayati, nabati, dan sintesis perlu disosialisasikan untuk mengurangi penggunaan pestisida sintesis dalam pengendalian hama dan penyakit tanaman. Dalam pelaksanaannya, jenis pestisida yang kompatibel dengan lainnya dapat diaplikasikan baik secara bergantian/berselang-seling maupun bersamaan (*tank mixed*). Namun, data tentang kompatibilitas pestisida masih sangat sedikit sehingga perlu langkah-langkah strategis untuk mencapai hasil yang optimal. Oleh karena itu, arah penelitian ke depan dalam mengoptimalkan pengendalian hama dan penyakit serta meminimalkan penggunaan pestisida sintesis adalah:

- 1) Pendataan yang menyeluruh tentang jenis-jenis pestisida yang kompatibel maupun tidak kompatibel. Data kompatibilitas suatu jenis pestisida masih tersebar dan belum dikompilasi dengan baik karena data kompatibilitas pestisida masih berasal dari luar negeri dan belum didokumentasi secara sistematis.
- 2) Mengoptimalkan penggunaan pestisida hayati, nabati, dan sintesis yang kompatibel secara bersamaan atau bergiliran. Misalnya, pestisida hayati *T. harzianum* dan *T. viride* yang bersifat kompatibel dengan fungisida sintesis tiram, Cu oksiklorida, Cu hidroksida, mankozeb, dan kaptan, serta dengan beberapa jenis insektisida sintesis, seperti fenpropatrin, propargit, deltametrin, monokrotofos, imidakloprid, dimetoat, forat, dan klorpirifos (Jebakumar *et al.* 2000; Bagwan 2010; Sarkar *et al.* 2010; Tapwal *et al.* 2012; Sing *et al.* 2012), sedangkan *B. bassiana* dapat digunakan bersamaan dengan profenofos, indoksakarb, dan metildemeton (Amutha *et al.* 2010).
- 3) Membuat demplot pengujian pestisida campuran untuk meyakinkan petani bahwa mengurangi jumlah pestisida menguntungkan, tidak hanya karena volume pestisida yang digunakan lebih sedikit, tetapi juga menghemat tenaga untuk menyemprot, mengurangi paparan pestisida pada petugas penyemprot dan timbulnya OPT resisten, dan aman bagi lingkungan (Huan *et al.* 2005).
- 4) Mendesain kegiatan penelitian untuk mempelajari mekanisme sinergisme atau antagonisme dari beragam jenis bahan aktif pestisida (nabati, hayati, dan sintesis).

Penerapan strategi pengurangan pestisida memerlukan peran aktif dari semua pihak. Penyuluhan pestisida

perlu lebih digalakkan dan produsen pestisida harus menginformasikan kompatibilitas produknya dengan bahan aktif lainnya. Petani juga perlu lebih memerhatikan mutu produknya dari residu pestisida dan keamanan keragaman musuh alami dan organisme berguna lainnya. Bagi peneliti, kompatibilitas pestisida merupakan aspek penting yang harus diteliti mengingat kompleksnya mekanisme kerja pestisida dan beragamnya organisme sasaran, baik OPT, tanaman, maupun musuh alami. Hasil-hasil penelitian kompatibilitas pestisida masih sangat jarang, padahal kegunaannya makin mendesak. Diakui bahwa pengembangan isolat-isolat baru agens hayati, jenis-jenis baru ekstrak tanaman pestisida nabati, atau senyawa-senyawa baru pestisida sintesis tidak secepat

Tabel 4. Bahan aktif pestisida yang dilarang di Indonesia (Peraturan Menteri Pertanian Nomor 24/Permentan/Sr.140/4/2011 Tanggal 8 April 2011).

| No. | Jenis bahan aktif |
|-----|--|
| 1. | 2,4,5-T |
| 2. | 2,4,6-T |
| 3. | Natrium 4-brom-2,5-diklorofenol |
| 4. | Aldikarb |
| 5. | Aldrin |
| 6. | 1,2-Dibromo-3-kloropropan (DBCP) |
| 7. | Cyhexatin |
| 8. | Dikloro difenil trikloroetan (DDT) |
| 9. | Dieldrin |
| 10. | 2,3-Diklorofenol |
| 11. | 2,4-Diklorofenol |
| 12. | 2,5-Diklorofenol |
| 13. | Dinoseb |
| 14. | Ethyl p-nitrophenyl benzenethiophosponate (EPN) |
| 15. | Endrin |
| 16. | Endosulfan |
| 17. | Etilen dibromida (EDB) |
| 18. | Formaldehida |
| 19. | Fosfor kuning (Yellow Phosphorus) |
| 20. | Heptaklor |
| 21. | Kaptafol |
| 22. | Klordan |
| 23. | Klordekon |
| 24. | Klor dimefon |
| 25. | Leptofos |
| 26. | Heksakloro Siklo Heksan (HCH) (termasuk lindan) |
| 27. | Metoksiklor |
| 28. | Mevinfos |
| 29. | Monosodium metam arsenat (MSMA) |
| 30. | Natrium klorat |
| 31. | Natrium tribromofenol |
| 32. | Metil paration |
| 33. | Halogen fenol (termasuk Penta Kloro Fenol (PCP) dan garamnya |
| 34. | Pestisida berbahan aktif salmonella |
| 35. | Penta kloro benzene |
| 36. | Senyawa arsen |
| 37. | Senyawa merkuri |
| 38. | Strikhnin |
| 39. | Telodrin |
| 40. | Toxaphene |
| 41. | Mireks |
| 42. | Asam sulfur |

perubahan global, perkembangan resurgensi atau resistensi OPT, perubahan iklim yang memungkinkan OPT berkembang pesat, dan tuntutan kebutuhan dan kualitas pangan dan pakan. Oleh karena itu, berbagai upaya pemanfaatan potensi pengendalian OPT dengan bahan-bahan yang sudah ada perlu lebih dioptimalkan.

Pemerintah diharapkan mengawasi secara ketat produksi pestisida dan melakukan penyuluhan kepada petani. Langkah positif pelarangan penggunaan 42 jenis bahan aktif pestisida sintetis oleh pemerintah (Tabel 4) merupakan tahap awal yang harus dibarengi dengan pengawasan peredaran dan pemakaian pestisida di lapangan. Fakta yang sangat ironis bahwa petani tetap menyemprot tanaman sayurannya pada saat menjelang panen merupakan gambaran betapa lemahnya pemahaman petani akan dampak negatif pestisida sintetis bagi manusia dan lingkungan.

KESIMPULAN

Bukti-bukti ilmiah hasil penelitian kompatibilitas beragam jenis pestisida (hayati, nabati, dan sintetis) menunjukkan potensi yang cukup baik untuk mengoptimalkan penggunaannya sekaligus meminimalkan penggunaan pestisida sintetis. Informasi kompatibilitas jenis pestisida perlu dikelola dan digunakan secara optimal. Mekanisme sinergisme atau antagonisme perlu lebih dipahami. Perusahaan pestisida diharapkan dapat menginformasikan sifat sinergisme produk yang dibuatnya bila ada. Pemerintah perlu meningkatkan pengawasan dan penyuluhan penggunaan pestisida kepada pengguna.

DAFTAR PUSTAKA

- Amutha, M., J.G. Banu, T. Surulivelu, and N. Gopalakrishnan. 2010. Effect of commonly used insecticides on the growth of white Muscardine fungus, *Beauveria bassiana* under laboratory conditions. *J. Biopest.* 3(1 Special Issue): 143–146.
- Asi, M.R., M.H. Bashir, M. Afzal, M. Ashfaq, and S.T. Sahi. 2010. Compatibility of entomopathogenic fungi, *Metharizium anisopliae* and *Paecilomyces fumosoroseus* with selective insecticides. *Pak. J. Bot.* 42(6): 4207–4214.
- Asogwa, E.U., T.C.N. Ndubuaku, J.A. Ugwu, and O.O. Awe. 2010. Prospects of botanical pesticides from neem, *Azadirachta indica* for routine protection of cocoa farms against the brown cocoa mirid – *Sahlbergella singularis* in Nigeria. *J. Medicinal Plants Res.* 4(1): 1–6. DOI: 10.5897/JMPR09.049.
- Bagwan, N.B. 2010. Evaluation of *Trichoderma* compatibility with fungicides, pesticides, organic cakes and botanicals for integrated management of soil borne diseases of soybean [*Glycine max* (L.) Merrill]. *Int. J. Plant Prot.* 3(2): 206–209.
- Basuki, R.S. 2009. Pengetahuan petani dan keefektifan penggunaan insektisida oleh petani dalam pengendalian ulat *Spodoptera exigua* Hubn pada tanaman bawang merah di Brebes dan Cirebon. *Jurnal Hortikultura* 19(4): 459–474.
- Bellinger, R.G. 1996. Pest Resistance to Pesticides. Department of Entomology, Clemson University. ipm.ncsu.edu/safety/factsheets/resistan.pdf.
- Bonsignore, C.P. and V. Vacante. 2012. Influences of botanical pesticides and biological agents on *Orius laevigatus*-*Frankliniella occidentalis* dynamics under green house conditions. *J. Plant Protect. Res.* 52(1): 15–23.
- Charleston, D.S., M. Dicke, L.E.M. Vet, and R. Kfir. 2001. Integration of biological control and botanical pesticides-evaluation in a tritrophic context. pp. 207–216. Proceedings of the 4th International Workshop, Melbourne, Australia, November 2001.
- Cloyd, R.A. 2010. Pesticide mixtures and rotations: Are these viable resistance mitigating strategies? *Pest Technol.* 4(1): 14–18.
- Cloyd, R.A. 2011. Pesticide mixtures. In M. Stoytcheva (Ed.) *Pesticides-Formulations, Effects, Fate: 69–80. In Tech Europe.* University Campus STeP RiSlavka Krautzeka 83/A 51000 Rijeka, Croatia. [Http://www.intechopen.com/books/pesticides-formulations-effects-fate/pesticide-mixtures](http://www.intechopen.com/books/pesticides-formulations-effects-fate/pesticide-mixtures) [1 November 2012].
- Cooper, J. and H. Dobson. 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Prot.* 26: 1337–1348.
- Cote, K.W., E.E. Lewis, and P.B. Schulz. 2002. Compatibility of acaricide residues with *Phytoseiulus persimilis* and their effects on *Tetranychus urticae*. *Hort Sci.* 37(2): 906–909.
- Dadang, E.D. Fitriyani, and D. Pitono. 2011. Field efficacy of two botanical insecticide formulations against cabbage insect pests *Crocidolomia flavonana* (Lepidoptera: Pyralidae) and *Plutella xylostella* (Lepidoptera: Yponomeutidae). *J. ISSAS* 17(2): 38–47.
- De Faria, M.R. and S.P. Wright. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biol. Control* 43: 237–256.
- Ditjen Prasarana dan Sarana Pertanian. 2012. Bahan aktif yang dilarang untuk semua bidang penggunaan pestisida. Pedoman Teknis Kajian Pestisida Terdaftar dan Beredar TA 2012. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Jakarta. 23 hlm.
- Fei Yi, Chunhua Zou, Qiongbo Hu, and Meiyong Hu. 2012. The joint action of destruxins and botanical insecticides (rotenone, azadirachtin and paeonolom) against the cotton aphid, *Aphis gossypii* Glover. *Molecules* 17: 7533–7542. doi: 10.3390/molecules17067533.
- Gowdar, S.B., H.N.R. Babu, V.B. Nargund, and M. Krishnappa. 2006. Compatibility of fungicides with *Trichoderma harzianum*. *Agric. Sci. Digest* 26(4): 279–281.
- Hameeda, B., G. Harini, O.P. Rupela, J.V.D.K.K. Rao, and G. Reddy. 2010. Biological control of chickpea collar rot by co-inoculation of antagonistic bacteria and compatible rhizobia. *Indian J. Microbiol.* 50(4): 419–424. DOI 10.1007/s12088-011-0083-8.
- Huan, N.H., L.V. Thiet, H.V. Chien, and K.L. Heong. 2005. Farmers' participatory evaluation of reducing pesticides, fertilizers and seed rates in rice farming in the Mekong Delta, Vietnam. *Crop Protect.* 24: 457–464.
- Isenring, R. 2010. Pesticides and the loss of biodiversity. How intensive pesticide use affects wildlife population and species diversity. *Pesticide Action Network, Europe.* 26 pp. Development House 56–64 Leonard Street, London EC2A 4LT. www.pan-europe.info.
- Islam, M.T. and D.B. Omar. 2012. Combined effect of *Beauveria bassiana* with neem on virulence of insect in case of two application approaches. *J. Anim. Plant Sci.* 22(1): 77–82.
- Islam, M.T., D. Omar, M.A. Latif, and M.M. Morshed. 2011. The integrated use of entomopathogenic fungus, *Beauveria bassiana* with botanical insecticide, neem against *Bemisia tabaci* on eggplant. *Afr. J. Microb. Res.* 5(21): 3409–3413. DOI 10.5897/AJMR11.478.
- Isman, M.B. 2006. Botanical insecticides, deterrents, and repellents in modern agriculture and an increasingly regulated world. *Annu.*

- Rev. Entomol. 51: 45–66. doi: 10.1146/annurev.ento.51.110104.151146.
- Jebakumar, R.S., M. Anandaraj, and Y.R. Sarma. 2000. Compatibility of phorate and chlorpyrifos with *Trichoderma harzianum* (Rifai.) applied for integrated disease management in black pepper (*Piper nigrum* L.). *J. Spice Aromatic Crops* 9(2): 111–115.
- Kardinan, A. 2011. Penggunaan pestisida nabati sebagai kearifan lokal dalam pengendalian hama tanaman menuju sistem pertanian organik. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 4(4): 262–278.
- Khater, H.F. 2012. Prospects of botanical biopesticides in insect pest management. *Pharmacologia* 3(12): 641–656. DOI 10.5567/pharmacologia.2012.641.656. ©Science Reuters, UK.
- Kim, D.H., H.E. Seo, L. Sang-Chul, and L. Kyeong-Yeoll. 2008. Effects of wood vinegar mixed with insecticides on the mortalities of *Nilaparvata lugens* and *Laodelphax striatellus* (Homoptera: Delphacidae). *Anim. Cells Systems* 12: 47–52.
- Koul, O., S. Walia, and G.S. Dhaliwal. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic. Int.* 4(1): 63–84.
- Laba, I.W. 2010. Analisis empiris penggunaan insektisida menuju pertanian berkelanjutan. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 3(2): 120–137.
- Ludwig, S.W. and R.D. Oetting. 2001. Susceptibility of natural enemies to infection by *Beauveria bassiana* and impact of insecticides on *Ipheseius degenerans* (Acari: Phytoseiidae). *J. Agric. Urban Entomol.* 18(3): 168–178.
- Mahmoud, M.F. 2009. Pathogenicity of three commercial products of entomopathogenic fungi, *Beauveria bassiana*, *Metarhizium anisopliae* and *Lecanicillium lecanii* against adults of olive fly, *Bactrocera oleae* (Gmelin) (Diptera: Tephritidae) in the laboratory. *Plant Protect. Sci.* 45(3): 98–102.
- Matsumura, M.H. Takeuchi, M. Satoh, S. Sanada-Morimura, A. Otuka, T. Watanabe, and D.V. Thanh. 2009. Current status of insecticide resistance in rice planthoppers in Asia. pp. 233–244. In K.L. Heong and B. Hardy (Eds.). *Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*. International Rice Research Institute, Los Baños, Philippines.
- Oparaeke, A.M., M.C. Dike, and C.I. Amatobi. 2005. Evaluation of botanical mixtures for insect pests management on cowpea plants. *J. Agric. Rural Dev. Tropics Subtropics* 106(1): 41–48.
- Pal, K.K. and B.M.S. Gardener. 2006. Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor*. DOI: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
- Rajashekar, Y., N. Bakthavatsalam, and T. Shivanandap. 2012. Botanicals as Grain Protectants. *Psyche* 2012, Article ID 646740, 13 pages. doi:10.1155/2012/646740. Hindawi Publishing Corporation.
- Rachappa, V., S. Lingappa, and R.K. Patil. 2007. Effect of agrochemicals on growth and sporulation of *Metarhizium anisopliae* (Metschnikoff) Sorokin. *Karnataka J. Agric. Sci.* 20(2): 410–413.
- Sadof, C.S. and M.J. Rauff. 1999. Biological control of insect forests in forested ecosystems: A manual for foresters, Christmas tree growers, and landscapers. *Michigan State Ext. Bull.* E-2679: 122 p.
- Sankar, M.V. Sethuraman, M. Palaniyandi, and J.S. Prasad. 2009. Entomopathogenic nematode - *Heterorhabditis indica* and its compatibility with other biopesticides on the Greater wax moth - *Galleria mellonella* (L.). *Indian J. Sci. Technol.* 2(1): 57–62.
- Sarkar, S., P. Narayanan, A. Divakaran, A. Balamurugan, and R. Premkumar. 2010. The *in vitro* effect of certain fungicides, insecticides, and biopesticides on mycelial growth in the biocontrol fungus *Trichoderma harzianum*. *Turk. J. Biol.* 34 (2010) 399–403.
- Siddiqui, I.A., S. Ehteshamul-Haque, and A. Ghaffar. 1988. Effect of fungicides on the efficacy of *Rhizobium meliloti* and *Bradyrhizobium* sp. in the control of root infecting fungi on chickpea. *Pak. J. Bot.* 30(1): 69–74.
- Sing, V.P., S. Srivastava, S.K. Shrivastava, and H.B. Singh. 2012. Compatibility of different insecticides with *Trichoderma harzianum* under *in vitro* condition. *Plant Pathol. J.* 11(2): 73–76. DOI: 10.3923/ppj.2012.73.76.
- Sood, N. and D.C. Sharma. 2004. Bioefficacy and persistent toxicity of different insecticides and neem derivatives against cucumber fly, *Bactrocera cucurbitae* Coq. on summer squash. *Pesticide Res. J.* 16(2): 22–25.
- Srinivasan, R. 2012. Integrating biopesticides in pest management strategies for tropical vegetable production. *J. Biopest.* 5 (Supplementary): 36–45.
- Tapwal, A., R. Kumar, N. Gautam, and S. Pandey. 2012. Compatibility of *Trichoderma viride* for selected fungicides and botanicals. *Int. J. Plant Pathol.* 1–6. DOI: 10.3923/ijpp.
- Yadav, S. and Neeraj. 2012. *Beauveria bassiana* (Bals.-Criv.) Vulliamin—use as a magical biocontrol agent. *Int. J. Adv. Biol. Res. (IJABR)* 2(1): 159–162.