

PERKEMBANGAN PENELITIAN, FORMULASI, DAN PEMANFAATAN PESTISIDA NABATI

Research Progress, Formulation, and Utilization of Botanical Pesticide

Wiratno¹, Siswanto², dan I.M. Trisawa²

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sumatera Selatan
Jalan Kol. H. Barlian No. 83 km 6 Kotak Pos 1265 Palembang 30153
Telp. (0711) 410155, Faks. (0711) 411845

²Pusat Penelitian dan Pengembangan Perkebunan
Jalan Tentara Pelajar No. 1, Bogor 16111
Telp. (0251) 8336194, 8313083, Faks. (0251) 8336194
E-mail: bptp-sumsel@litbang.deptan.go.id; wiratno@litbang.kemtan.go.id

Diajukan: 25 Agustus 2012; Disetujui: 20 September 2013

ABSTRAK

Meningkatnya kesadaran masyarakat dunia akan produk pertanian yang bebas residu pestisida mendorong para ahli mempelajari kemungkinan substitusi penggunaan pestisida sintetis dengan pestisida nabati. Penggunaan pestisida sintetis selain meninggalkan residu yang berbahaya bagi kesehatan manusia maupun hewan, juga menyebabkan resistensi dan resurgensi hama, terbunuhnya musuh alami baik serangga parasit maupun predator, dan mengakibatkan pencemaran air, tanah, dan udara yang pada akhirnya dapat mengganggu keseimbangan ekosistem. Penggunaan rodentisida, moluskisida, akarisida, dan nematisida sintetis yang kurang bijaksana disinyalir mengakibatkan berbagai dampak yang merugikan bagi lingkungan. Oleh karena itu, sudah saatnya dicari bahan pengendali hama yang efektivitasnya setara dengan pestisida sintetis namun lebih aman bagi organisme hidup maupun lingkungan. Pemanfaatan pestisida nabati diyakini mampu menjawab permasalahan tersebut karena tersusun dari senyawa tanaman yang mudah terurai. Hasil penelitian mengindikasikan spesies-spesies tanaman yang tumbuh di Indonesia seperti cengkih, mimba, serai wangi, jeringo, tembakau, pyrethrum, kunyit, dan jarak pagar dapat dimanfaatkan untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. Untuk meningkatkan efektivitas pengendalian dan mempermudah penggunaan, bahan tanaman tersebut diformulasi menjadi pestisida yang siap pakai. Untuk memperoleh manfaat yang optimal, penggunaan pestisida nabati sebaiknya ditujukan untuk mencegah terjadinya serangan, bukan untuk tindakan pengendalian.

Kata kunci: Pestisida nabati, penelitian, formulasi, pemanfaatan

ABSTRACT

The increasing demand for agricultural products that are free of pesticide residues prompted experts to study the possibility of substitution of synthetic pesticide with botanical ones. The use of synthetic pesticides has been known to leave a residue that is harmful to the health of humans and domestic animals, lead resistance and resurgence of pests, kill natural enemies such as parasites and predators, and contaminate water, soil and air, which in turn disrupts ecosystems. In connection with this situation, it is time to look for another alternative control agent which has

equivalent control effectiveness of synthetic pesticides but relatively safer to living organisms and the environment. Utilization of botanical pesticides is believed to be able to answer these problems because the active ingredients of pesticides composed of plant secondary compounds that are readily biodegradable. Results of recent studies suggested that some plants grown in Indonesia such as clove, neem, citronella, sweet flag, tobacco, pyrethrum, turmeric, and jatropha are able to control a variety of pests and diseases of plants. To improve the effectiveness of control activity, the plant material needs to be formulated into ready-made pesticides. To get optimum benefit, the use of botanical pesticides should be addressed to prevent insect attacks instead for control measures.

Keywords: Botanical pesticide, research, formulation, utilization

PENDAHULUAN

Teknik budi daya tanaman modern dengan memanfaatkan bibit unggul, pupuk dan pestisida kimia sintetis, serta bahan-bahan kimia lainnya berhasil meningkatkan produksi pangan dunia. Pola budi daya tersebut juga telah diadopsi oleh petani di tanah air dan berkembang pesat ke berbagai wilayah di Indonesia dengan harapan mampu memenuhi swasembada pangan.

Sejalan dengan meningkatnya kebutuhan sandang, pangan, dan papan, petani semakin dituntut memaksimalkan potensi lahannya dengan meningkatkan penggunaan *input* usaha tani. Salah satu *input* penting adalah pestisida kimia sintetis untuk menekan serangan organisme pengganggu tanaman (OPT). Penggunaan pestisida sintetis di Indonesia berkembang sangat pesat. Pada tahun 2002 tercatat ada 813 nama dagang pestisida yang terdaftar untuk dipasarkan, namun pada tahun 2013 meningkat tajam menjadi 2.810 nama dagang (Direktorat Pupuk dan Pestisida 2002; 2013).

Intensifikasi penggunaan pestisida kimia sintetis pada kenyataannya mengakibatkan berbagai dampak yang tidak diinginkan, antara lain terjadinya kerusakan ekosistem lahan pertanian akibat terganggunya populasi

flora dan fauna (Regnault-Roger 2005). Penggunaan pestisida sintesis dilaporkan meninggalkan residu dalam tanah hingga bertahun-tahun setelah pemakaian, sehingga mengurangi daya dukung lahan akibat menurunnya populasi mikroorganisme pengurai bahan organik yang hidup di dalam tanah. Kondisi ini diperparah dengan meningkatnya resistensi hama tanaman akibat penggunaan insektisida yang berlebihan. Dengan demikian, petani terpaksa menambah dosis insektisida yang diaplikasikan sehingga meningkatkan paparan residu insektisida pada tubuh petani maupun konsumen. Kasus keracunan insektisida di Indonesia pada tahun 2001–2005 cukup tinggi. Dari 4.867 kasus keracunan, 3.789 orang dilaporkan meninggal dunia.

Untuk mengatasi permasalahan tersebut, perlu dilakukan pembenahan terhadap cara budi daya tanaman agar lebih berwawasan lingkungan dengan memerhatikan dan memanfaatkan sumber daya hayati yang melimpah di alam. Dengan demikian secara perlahan akan tercipta keseimbangan ekologi yang berkesinambungan. Selanjutnya, petani maupun pengusaha diharapkan mampu mengembangkan pestisida yang ramah lingkungan, antara lain dengan memanfaatkan senyawa sekunder tanaman sebagai bahan aktif pestisida. Pestisida dengan bahan aktif yang bersumber dari tanaman dikenal sebagai pestisida nabati (Regnault-Roger 2005).

Tulisan ini bertujuan mengulas beberapa aspek penting pestisida nabati, terutama yang terkait dengan jenis, perkembangan penelitian, kelebihan dan kekurangan, potensi, ekstraksi, formulasi hingga cara pemanfaatannya sehingga manfaat pengendalian optimal. Pemanfaatan pestisida nabati yang makin meluas di Indonesia diharapkan dapat menekan kasus keracunan pada petani, konsumen, dan organisme bukan sasaran serta menghasilkan produk pertanian yang bebas residu pestisida.

JENIS PESTISIDA NABATI

Jenis pestisida nabati berkaitan erat dengan perannya dalam mengendalikan OPT. Beberapa jenis pestisida nabati yang mulai dikenal luas adalah insektisida, nematisida, fungisida (Wiratno et al. 2008), bakterisida (Sumastuti dan Pramono 2002), moluskisida (Wiratno et al. 2011), dan leismanisida nabati (Chan-Bacab dan Pena-Rodriguez 2001). Saat ini Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro) sedang mengembangkan herbisida nabati untuk mengendalikan gulma yang banyak mengganggu tanaman budi daya.

Kemampuan bahan aktif tanaman dalam mengendalikan OPT bervariasi, dari yang berspektrum sempit hingga berspektrum luas. Sebagai contoh senyawa piretrin yang diekstrak dari tanaman pyrethrum, diketahui bersifat racun yang sangat kuat bagi serangga (Vayias et al. 2006) sehingga banyak diformulasi sebagai insektisida nabati. Senyawa eugenol yang diekstrak dari daun,

bunga maupun tangkai bunga tanaman cengkih dilaporkan bersifat racun terhadap serangga (Thorsell et al. 2006), nematoda (Wiratno et al. 2009), keong emas (Wiratno et al. 2011), dan jamur patogen tanaman (Tombe et al. 1993), sehingga dapat diformulasi menjadi insektisida, nematisida, fungisida maupun moluskisida nabati. Dengan demikian, berdasarkan spektrum tersebut, bahan aktif tanaman dapat diformulasi dan dimanfaatkan menjadi berbagai jenis pestisida nabati sesuai OPT sasaran.

PERKEMBANGAN PENELITIAN PESTISIDA NABATI

Potensi senyawa sekunder tanaman sebagai pestisida nabati telah banyak dikaji. Sebagai insektisida nabati, bahan aktif tanaman diuji efektivitasnya terhadap toksisitas, daya tolak, daya tarik, daya hambat makan, dan daya hambat reproduksi serangga hama. Sebagai fungisida nabati, bahan aktif tanaman diuji kemampuannya menghambat pertumbuhan jamur patogen baik pada skala laboratorium, rumah kaca maupun skala lapangan. Sebagai moluskisida dan nematisida nabati, pengujian masih terbatas pada skala laboratorium dan rumah kaca.

Beberapa tanaman yang tumbuh dan dibudidayakan di Indonesia telah dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati seperti piretrum (*Chrysanthemum cinerariaefolium*), jeringo (*Acorus calamus*), tembakau (*Nicotiana tabacum*), cengkih (*Syzygium aromaticum*), serai wangi (*Andropogon nargus*), kunyit (*Curcuma longa*), mahkota dewa (*Phaleria macrocarpa*), dan jarak pagar (*Jatropha curcas*). Salah satu ekstrak tanaman yang bersifat insektisidal adalah ekstrak bunga piretrum. Ekstrak ini mengandung senyawa piretrin dan efektif mengendalikan hama gudang seperti *Sitophilus granarius* (Biebel et al. 2003), *Rhyzopherta dominica* (Athanasios dan Kavallieratos 2005), dan *Tribolium confusum* (Vayias et al. 2006). Ekstrak jeringo mengandung senyawa asarone yang efektif mengendalikan hama tanaman tembakau dan kacang-kacangan (*Lasioderma serricornis*) (Kim et al. 2003a), kutu beras (*Sitophilus oryzae*), dan hama gudang (*Callosobruchus chinensis*) (Kim et al. 2003b). Ekstrak tembakau mengandung senyawa nikotin yang efektif mengendalikan hama kopi yang disimpan di gudang, *C. maculatus*, dan hama yang menyerang tunas tanaman seperti *Clavigralla tomentoscollis* dan *Riptortus dentipes* (Opolot et al. 2006). Minyak serai wangi mengandung senyawa sitronellal dan geraniol yang efektif menolak nyamuk, sehingga lebih dikenal sebagai *insect repellent* (Oyedele et al. 2002).

Ekstrak cengkih mengandung senyawa eugenol yang bersifat akarisisidal. Senyawa ini mampu menekan serangan tungau parasit *Dermanyssus gallinae* pada ternak (Kim et al. 2004) dan parasit *Iodes ricinus* pada sapi, kambing, dan manusia (Thorsell et al. 2006). Ekstrak cengkih juga

bersifat nematisidal dan fungisidal karena mampu mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne incognita*) (Wiratno *et al.* 2009) dan jamur patogen tanaman (Tombe *et al.* 1993), sehingga dapat menekan serangan penyakit tanaman yang disebabkan *Phytophthora palmivora* (Tombe *et al.* 1993). Selain itu, ekstrak cengkih dan ekstrak biji mahkota dewa, kunyit, dan jarak pagar serta ekstrak serai wangi bersifat moluskisidal dan efektif mengendalikan keong mas (Wiratno *et al.* 2011).

Ekstrak daun encok mengandung senyawa plumbagin yang bersifat bakterisidal dan efektif mengendalikan bakteri gram positif seperti *Staphylococcus*, *Streptococcus*, dan *Pneumococcus* spp., dan bakteri gram negatif seperti *Salmonella* dan *Neisseria*. Plumbagin mampu mencegah *Escheria coli* dan *Staphylococcus aureus* menjadi resisten terhadap antibiotik (Sumastuti dan Pramono 2002). Plumbagin juga bersifat leishmanisidal yang mampu menghambat perkembangan *Tripamosoma protozoa*, *Leishmania donovani*, dan *L. amazonensis* dengan nilai IC50 masing-masing 0,42 dan 1,1 µg/ml. Plumbagin dan 8,8'-biplumbagin menghambat perkembangan fase promastigote *L. braziliensis*, *L. amazonensis*, dan *L. donovani* dengan nilai IC90 sebesar 0,005 µg/ml, sedangkan fraksi 3,3'-biplumbagin memiliki nilai IC90 terhadap *Leishmania* sp. sebesar 50 µg/ml (Chan-Bacab dan Pena-Rodriguez 2001).

Tanaman lain yang berpotensi sebagai bahan baku pestisida nabati dan telah banyak dikenal dan dibudidayakan oleh masyarakat/petani di Indonesia di antaranya adalah mimba (*Azadirachta indica*) (Nathan *et al.* 2006), sirih (*P. betle*) (Wardhana *et al.* 2007), akar tuba (*Derris elliptica*) (Hien *et al.* 2003), jambu mete (*Anacardium occidentale*) (Oparaeke dan Bunmi 2006), akar wangi (*Andropogon zizanioides*) (Zhu *et al.* 2001), dan sirsak (*Annona muricata*) (Luna *et al.* 2005).

POSISI PESTISIDA NABATI BAGI INDONESIA

Indonesia merupakan negara yang memiliki keanekaragaman hayati tertinggi kedua di dunia setelah Brasil (Hitipeuw 2011). Sebanyak 10% dari seluruh tanaman berbunga yang dikenal di dunia dapat ditemukan di Indonesia. Oleh karena itu, Indonesia memiliki potensi menjadi salah satu negara produsen pestisida nabati terbesar di dunia.

Beberapa jenis tanaman penghasil bahan baku pestisida nabati mempunyai wilayah sebaran yang luas. Tanaman mimba banyak ditemukan di Jawa Timur, Jawa Tengah, Jawa Barat, Bali, dan Nusa Tenggara Barat. Akar tuba banyak ditemukan tumbuh liar dan tersebar hampir di seluruh wilayah Indonesia, sedangkan piretrum banyak ditanam di daerah pegunungan pada ketinggian 600–3.000 m dpl.

Pemanfaatan pestisida nabati di Indonesia memiliki prospek yang menjanjikan, karena selain bahan bakunya melimpah di alam, proses pembuatannya tidak membutuhkan teknologi tinggi, cukup dengan kemampuan dan pengetahuan yang ada. Di lain pihak, karena bahan aktifnya berasal dari alam, pestisida nabati mudah terurai (*bio-degradable*) sehingga relatif aman bagi kehidupan. Sebagai contoh, insektisida nabati dari ekstrak bunga piretrum yang diaplikasikan untuk mengendalikan hama pada tanaman lada, sudah terdegradasi dalam waktu 24 jam (Wiratno *et al.* 2008). Insektisida nabati juga memiliki pengaruh cepat dalam menghambat nafsu makan serangga sehingga dapat menekan kerusakan tanaman. Keunggulan lainnya, pestisida nabati memiliki spektrum pengendalian yang luas dan dapat mengendalikan hama yang telah resisten terhadap insektisida sintetis. Karena tingkat toksisitasnya terhadap mamalia relatif rendah, pestisida nabati aman bagi kehidupan.

Di samping kelebihan yang ditawarkan, pestisida nabati memiliki beberapa kekurangan, yaitu bahan aktifnya mudah terurai sehingga pestisida ini tidak tahan disimpan dalam jangka waktu lama. Selain itu, daya kerja pestisida nabati relatif lambat sehingga aplikasinya harus lebih sering dibanding pestisida sintetis. Umumnya pestisida nabati mempunyai tingkat toksisitas rendah sehingga tidak langsung mematikan hama sasaran. Produksinya juga belum dapat dilakukan secara massal karena keterbatasan bahan baku. Namun, keterbatasan bahan baku ini dapat diatasi mengingat melimpahnya spesies tanaman yang tumbuh liar di sekitar kebun. Hal yang dibutuhkan petani adalah pengetahuan tentang spesies tanaman yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif pestisida nabati. Oleh karena itu, agar pemanfaatan pestisida nabati di tingkat petani semakin cepat, sosialisasi cara ekstraksi bahan aktif, formulasi, dan aplikasi pestisida di lapangan menjadi salah satu faktor kunci yang perlu diperhatikan oleh pemangku kebijakan.

EKSTRAKSI BAHAN AKTIF PESTISIDA NABATI

Ekstraksi bahan aktif pestisida nabati dapat dilakukan melalui pengepresan seperti menggunakan alat pengepres semiotomatis (Gambar 1). Penggunaan alat pengepres dapat diterapkan untuk bahan tanaman yang banyak mengandung minyak seperti biji jarak pagar, kemiri sunan, bunga matahari, biji bengkuang, dan kulit biji jambu mete. Bahan tanaman yang akan dipres bisa berupa biji, bunga, batang, atau akar. Hasil pengepresan berupa cairan/minyak yang selanjutnya ditampung di dalam wadah dan siap diformulasi menjadi pestisida nabati.

Ekstraksi bahan tanaman yang banyak mengandung minyak atsiri seperti daun serai wangi, nilam, sirih, dan cengkih, biji dan fulli buah pala, serta bunga cengkih sebaiknya dilakukan melalui proses penyulingan (Gambar 2). Hal yang perlu diperhatikan dalam penyulingan adalah



Gambar 1. Alat pengepres semiotomatis untuk mendapatkan bahan aktif pestisida nabati.

ketel yang digunakan sebaiknya terbuat dari bahan antikorosi seperti *stainless steel*, tembaga atau besi berlapis aluminium sehingga minyak yang dihasilkan akan jernih dan memiliki nilai jual tinggi.

Penyulingan dilakukan dengan memasukkan bahan baku, baik yang sudah dilayukan, kering maupun bahan basah ke dalam ketel penyuling yang telah berisi air. Ketel selanjutnya dipanaskan dan uap yang keluar dari ketel yang mengandung minyak atsiri dialirkan dalam pipa yang dihubungkan dengan kondensor. Uap selanjutnya terkondensasi dan menghasilkan minyak dan air yang secara otomatis akan terpisah karena memiliki berat jenis yang berbeda. Minyak ditampung dan disimpan dalam wadah serta siap diformulasi menjadi pestisida nabati.

Cara ekstraksi yang paling sederhana, murah, efisien, dan mudah dilaksanakan adalah dengan menggunakan pelarut air. Cara ini paling tepat dilaksanakan di tingkat petani karena tidak memerlukan alat dan pengetahuan yang spesifik dan mendalam. Proses ekstraksi diawali dengan merajang atau menghancurkan bahan tanaman kemudian merendamnya di dalam air bersuhu 60°C selama 24 jam. Hasil rendaman selanjutnya diperas, airnya disaring lalu disimpan dalam ember plastik dan siap diformulasi menjadi pestisida nabati. Penyaringan sebaiknya menggunakan kain atau bahan lain yang halus sehingga ampas tidak terbawa ke dalam formula karena akan menyumbat nozel saat penyemprotan.



Gambar 2. Penyulingan minyak atsiri tanaman untuk mendapatkan bahan aktif pestisida nabati.

FORMULASI PESTISIDA NABATI

Minyak nabati hasil ekstraksi melalui penyulingan maupun pengepresan diformulasi dengan mencampurkan minyak nabati dengan minyak bumi dan sabun cair dengan komposisi 3 : 6 : 1. Namun demikian, komposisi tersebut dapat disesuaikan dengan OPT sasaran dan berdasarkan pengalaman petani di lapangan. Makin kecil OPT sasaran, porsi minyak nabati dapat dikurangi. Hal penting lainnya yang perlu diperhatikan untuk mengoptimalkan efektivitas formula dalam mengendalikan OPT adalah komposisi sabun cair di dalam formula harus sedemikian rupa, sehingga formula dapat teremulsi sempurna di dalam air. Formula yang baik bila dicampur air akan berwarna putih susu dan seluruh minyak dapat teremulsi sempurna di dalam air. Konsentrasi efektif yang biasa digunakan adalah 10 cc/liter air atau disesuaikan dengan OPT sasaran dan pengalaman petani di lapangan.

Formulasi bahan aktif tanaman hasil ekstraksi melalui proses pelarutan dilakukan dengan mencampurkan bahan aktif dengan minyak bumi, minyak jelantah, dan sabun cair dengan komposisi 6 : 3 : 1 : 1. Untuk mendapatkan hasil terbaik, formula dapat ditambah tetes tebu secukupnya (50–100 ml) lalu diaduk hingga merata. Untuk keperluan aplikasi, formula tersebut dilarutkan dalam air dengan konsentrasi 100 cc/liter air.

Peran penting minyak bumi dalam formulasi pestisida nabati adalah untuk meningkatkan daya racun pestisida karena minyak bumi juga bersifat insektisidal. Pada konsentrasi yang tepat, minyak bumi dapat meningkatkan efektivitas formula pestisida nabati, namun apabila digunakan terlalu banyak dapat mengakibatkan fitotoksitas. Dengan demikian, pemakaian minyak bumi di dalam formulasi pestisida nabati sebaiknya dibatasi secukupnya.

Minyak jelantah bermanfaat meningkatkan daya lekat pestisida nabati saat diaplikasikan ke pertanaman. Selain itu, minyak jelantah dapat melapisi kulit hama sasaran

sehingga mengganggu proses metabolisme. Dengan demikian, penggunaan minyak jelantah dalam formula dapat meningkatkan kinerja pestisida nabati. Minyak jelantah tidak mengakibatkan fitotoksisitas sehingga jumlah yang digunakan dalam formula dapat ditambah atau dikurangi sesuai pengalaman di lapang, namun tetap memerhatikan azas efisiensi.

Sabun cair bermanfaat mengemulsikan komponen minyak dalam formula sehingga saat pestisida dicampur air, seluruh bahan yang terkandung dalam formula dapat teremulsi dengan sempurna dan saat diaplikasikan dapat menyebar merata ke seluruh permukaan tanaman. Sabun cair juga dapat mencuci lapisan lilin yang menyelimuti kulit serangga, sehingga meningkatkan efektivitas formula karena bahan aktif pestisida nabati lebih mudah menembus tubuh OPT sasaran.

Tetes tebu mengandung berbagai unsur hara yang bermanfaat bagi tanaman untuk memperbaiki pertumbuhan setelah terserang hama dan penyakit. Oleh karena itu, meski tidak meningkatkan toksisitas insektisida nabati, penambahan tetes tebu ke dalam formula sangat berguna untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman yang merata akibat serangan OPT.

STRATEGI PEMANFAATAN PESTISIDA NABATI

Cara pengendalian OPT yang ramah lingkungan sudah mendesak diperlukan, sehingga strategi percepatan pemanfaatan pestisida nabati dalam jangka pendek maupun jangka panjang perlu mendapat perhatian serius dari semua pihak. Upaya jangka pendek dilakukan dengan memberikan pemahaman kepada petani mengenai: 1) keunggulan dan kekurangan pestisida nabati sehingga petani menyadari sepenuhnya bahwa penggunaan pestisida nabati tidak memberikan efek langsung, namun mengendalikan OPT secara perlahan, 2) jenis-jenis tanaman di sekitar kebun yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku pestisida nabati, 3) cara menyiapkan dan mengolah bahan tanaman sehingga siap diekstrak menjadi bahan aktif pestisida nabati, 4) cara memformulasi pestisida nabati yang murah dan mudah sehingga secara ekonomis terjangkau oleh petani, dan 5) cara memanfaatkan pestisida nabati yang benar sesuai dengan arahan para ahli demi tercapainya tingkat keberhasilan pengendalian OPT yang optimal.

Upaya jangka panjang memerlukan dukungan serius dari pemangku kebijakan untuk menekan pestisida kimia sintetis yang beredar di pasaran. Secara bertahap perizinan pendaftaran pestisida baru perlu dibatasi dan semua pestisida yang beredar di pasaran dievaluasi ulang terkait dengan resistensinya terhadap hama sasaran. Insektisida yang menunjukkan tingkat resistensi tinggi sebaiknya izin edarnya dipertimbangkan kembali untuk mengurangi kerusakan lingkungan akibat efek domino

dari penggunaan pestisida sintetis yang diaplikasikan pada konsentrasi yang lebih tinggi.

Hal yang tidak kalah pentingnya adalah membantu penyuluh pertanian dalam mendampingi petani memproduksi dan memanfaatkan pestisida nabati. Peran penyuluh dalam memperkenalkan dan menyebarluaskan pemanfaatan pestisida nabati kepada petani menjadi sangat penting mengingat penyuluh adalah ujung tombak percepatan adopsi teknologi oleh petani. Melalui pendampingan terhadap penyuluh, diharapkan budi daya pertanian ramah lingkungan dapat segera menyebar luas ke petani.

KESIMPULAN

Kelebihan pestisida nabati dibandingkan dengan pestisida sintetis menyebabkan minat terhadap pencarian dan pemanfaatan sumber senyawa pestisida dari tumbuhan semakin besar. Hal ini dimungkinkan selain karena tumbuhan merupakan gudang bahan kimia yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan aktif pestisida nabati, studi biokimia juga telah semakin berkembang serta didukung oleh sarana dan prasarana yang semakin canggih. Oleh karena itu, pemanfaatan tumbuhan sebagai pestisida tidak hanya sekedar meracik secara sederhana tetapi berkembang ke arah teknologi yang lebih maju. Saat ini teknik atau cara pengujian juga telah disesuaikan dengan daya kerja bahan aktif pestisida nabati dan OPT sasaran. Penelitian dan pengujian pestisida nabati yang dilakukan terhadap isolasi dan formulasi bahan aktif, uji toksisitas terhadap OPT sasaran, dan uji persintensi formula dimaksudkan untuk meningkatkan keefektifannya terhadap OPT sasaran, ekonomis, mempunyai nilai tambah, dan ketersediaan teknologi. Hasil penelitian dan pengujian tersebut, menghasilkan beberapa produk formulasi pestisida nabati yang dilisensi. Produk ini akan memudahkan petani dalam memilih, mendapatkan dan menggunakan pestisida nabati sesuai dengan OPT sasaran. Untuk memperoleh hasil pengendalian yang optimal maka penggunaan pestisida nabati sebaiknya ditujukan untuk mencegah terjadinya serangan OPT bukan untuk tindakan pengendalian.

DAFTAR PUSTAKA

- Athanassiou, C.G. and N.G. Kavallieratos. 2005. Insecticidal effect and adherence of PyriSec(R) in different grain commodities. *Crop Prot.* 24(8): 703–710.
- Biebel, R., E. Rametzhofner, H. Klapal, D. Polheim, and H. Viernstein. 2003. Action of pyrethrum-based formulations against grain weevils. *Int'l. J. Pharmaceutics* 256(1–2): 175–181.
- Chan-Bacab, M.J. and L.M. Pena-Rodriguez. 2001. Plant natural products with leishmanicidal activity. *Nat. Products Rep.* 18: 674–688.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2002. Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Direktorat Pupuk dan Pestisida, Direktorat Jenderal

- Prasarana dan Sarana Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta. 375 hlm.
- Direktorat Pupuk dan Pestisida. 2013. Pestisida Pertanian dan Kehutanan. Direktorat Pupuk dan Pestisida, Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian, Jakarta. 1045 hlm.
- Hien, P.P., H. Gortnizka, and R. Kraemer. 2003. Rotenone - potential and prospect for sustainable agriculture. *Omonrice* 11: 83-92.
- Hitipeuw, J. 2011. Indonesia, The world's second mega biodiversity country. *Kompas*, Senin, 16 Mei 2011.
- Kim, S.I., C. Park, M.H. Ohh, H.C. Cho, and Y.J. Ahn. 2003a. Contact and fumigant activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Lasioderma serricorne*. *J. Stored Products Res.* 39(1): 11-19.
- Kim, S.I., J.Y. Roh, D.H. Kim, H.S. Lee, and Y.J. Ahn. 2003b. Insecticidal activities of aromatic plant extracts and essential oils against *Sitophilus oryzae* and *Callosobruchus chinensis*. *J. Stored Products Res.* 39(3): 293-303.
- Kim, S.I., J.H. Yi, J.H. Tak, and Y.J. Ahn. 2004. Acaricidal activity of plant essential oils against *Dermanyssus gallinae* (Acari: Dermanyssidae). *Vet. Parasitol.* 120(4): 297-304.
- De Luna, S.J., A.F. dos Santos, M.R.F. de Lima, M.C. de Omena, F.A.C. de Mendonca, L.W. Bieber, and A.E.G. Sant'Ana. 2005. A study of the larvicidal and molluscicidal activities of some medicinal plants from northeast Brazil. *J. Ethnopharmacol.* 97(2): 199-206.
- Nathan, S.S., K. Kalaivani, K. Sehoon, and K. Murugan. 2006. The toxicity and behavioural effects of neem limonoids on *Cnaphalocrocis medinalis* (Guenee), the rice leaf folder. *Chemosphere* 62(8): 1381-1387.
- Oparaeke, A. and O. Bunmi. 2006. Insecticidal potential of cashew (*Anacardium occidentale* L.) for control of the beetle, *Callosobruchus subinnotatus* (Pic.) (Bruchidae) on bambarra-groundnut (*Voandzeia subterranea* L.) Verde. *Arch. Phytopathol. Plant Prot.* 39(4): 247-251.
- Opolot, H.N., A. Agona, S. Kyamanywa, G.N. Mbata, and E. Adipala. 2006. Integrated field management of cowpea pests using selected synthetic and botanical pesticides. *Crop Prot.* 25(11): 1145-1152.
- Oyedele, A.O., A.A. Gbolade, M.B. Sosan, F.B. Adewoyin, O.L. Soyelu, and O.O. Orafidiya. 2002. Formulation of an effective mosquito-repellent topical product from lemongrass oil. *Phytomedicine* 9(3): 259-262.
- Regnault-Roger, C. 2005. New insecticides of plant origin for the third millenium? *In* B.J.R. Regnault-Roger, C. Philogene, and C. Vincent (Eds). *Biopesticides of Plant Origin*. Lavoisier Publishing Inc. pp. 17-35.
- Sumastuti, R. dan S. Pramono. 2002. Pengaruh ekstrak tanaman daun encok (*Plumbago zeylanica* L.) pada gambaran histopatologik lambung, hati, dan ginjal mencit *in vivo*. *Prosiding Seminar Nasional XIX Tumbuhan Obat Indonesia*, Bogor, 4-5 April 2001. hlm. 205-210.
- Thorsell, W., A. Mikiver, and H. Tunon. 2006. Repelling properties of some plant materials on the tick *Ixodes ricinus* L. *Phytomedicine* 13(1-2): 132-134.
- Tombe, M., A. Nurawan, dan Sukamto. 1993. Pemanfaatan daun cengkih untuk mengendalikan busuk batang vanili. *Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat*, Bogor. hlm. 28-35.
- Vayias, B.J., C.G. Athanassiou, and C.T. Buchelos. 2006. Evaluation of three diatomaceous earth and one natural pyrethrum formulations against pupae of *Tribolium confusum* DuVal (Coleoptera: Tenebrionidae) on wheat and flour. *Crop Prot.* 25(8): 766-772.
- Wardhana, A.H., S.P.W. Kumarasinghe, L. Arawwawala, and L.S. Arambewela. 2007. Larvicidal efficacy of essential oil of betel leaf (*Piper beetle*) on the larvae of the old world screwworm fly, *Chrysomya bezziana* *in vitro*. *Indian J. Dermatol.* 52: 43-47.
- Wiratno, D. Taniwiryono, I.M.C.M. Rietjens, and A.J. Murk. 2008. Bioactivity of plant extracts to *T. castaneum*. Effectiveness and safety of botanical pesticides applied in black pepper. *Wageningen University, Wageningen*. p. 126.
- Wiratno, D. Taniwiryono, Hv Berg, J.A.G. Riksen, I.M.C.M. Rietjens, R. Djiwanti, J.E. Kammenga, and A.J. Murk. 2009. Nematicidal activity of plant extracts against the root-knot nematode, *Meloidogyne incognita*. *The Open Natural Products J.* 2: 63-71.
- Wiratno, M. Rizal, dan I W. Laba. 2011. Potensi ekstrak tanaman obat dan aromatik sebagai pengendali keong mas. *Buletin Littro* 22(1): 54-64.
- Zhu, B.C.R., G. Henderson, F. HF. Chen, and RA Laine. 2001. Evaluation of vetiver oil and seven insect-active essential oils against the Formosan subterranean termite. *J. Chem. Ecol.* 27: 1617-1625.