

INOVASI HASIL PENELITIAN UNTUK MENDUKUNG KOMERSIALISASI PESTISIDA BIOLOGI DI INDONESIA

Research Innovation to Support the Commercialization of Biopesticides in Indonesia

SUPRIADI

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Indonesian Spice and Medicinal Crops Research Institute
Jalan Tentara Pelajar No 3 Bogor, 16111 – Indonesia
Telp. (0251) 8321879, Faks. (0251) 83107010
E-mail: supriadi_balittro@yahoo.co.id

Diterima: 27 Oktober 2014 ; Direvisi: 25 Maret 2015; Disetujui: 28 Maret 2015

ABSTRAK

Nilai ekonomi pestisida biologi di luar negeri cukup tinggi, yaitu mencapai US\$ 1,8 milyar, tetapi di Indonesia nilainya belum memadai. Makalah ini membahas kendala komersialisasi pestisida biologi dan dukungan inovasi penelitian untuk pengembangannya. Jumlah formulasi pestisida biologi di Indonesia masih terbatas; hanya 30 (0,6%) dari total 2475 formulasi pestisida yang terdaftar pada tahun 2012. Kementerian Pertanian telah menghasilkan 39 inovasi formulasi pestisida biologi yang siap dikembangkan oleh perusahaan pestisida untuk komersialisasi. Terbatasnya formula pestisida biologi yang diperdagangkan menunjukkan adanya kendala dalam komersialisasinya. Kendala utamanya adalah belum adanya standarisasi mutu bahan aktif dan masa simpan bahan aktif sangat pendek (*short life*). Upaya Pemerintah untuk mendorong komersialisasi pestisida biologi ditunjukkan dengan terbitnya Permentan No.39/Permentan/SR.330/7/2015. Dalam Permentan tersebut, pendaftaran pestisida biologi tidak mensyaratkan data hasil uji toksisitas akut oral dan akut dermal sebagaimana diberlakukan untuk pestisida sintetis. Di samping itu, instansi Pemerintah yang mempunyai tugas dan fungsi perlindungan tanaman dapat mengusulkan pendaftaran untuk pestisida biologi. Untuk meningkatkan mutu pestisida biologi yang masih beragam perlu dibuat standar bakunya sehingga keefektifannya bisa terjamin sehingga akan menarik investor untuk mengembangkannya. Oleh karena itu, peran penelitian berkaitan dengan peningkatan mutu formulasi pestisida biologi sangat diperlukan.

Kata kunci: Pestisida biologi, inovasi, dukungan penelitian

ABSTRACT

The economic value of biological pesticides outside Indonesia is quite high, reaching US \$ 1.8 billion, however, in Indonesia, the value is insignificant. The paper was aimed to discuss the commercialization of biological pesticides and research innovation to support its development. The biological pesticide formulation in Indonesia is limited; only 30 formulas (0.6%) are registered of the total 2475 registered pesticide formulations in 2012. The Ministry of Agriculture has produced 39 biological pesticide formulations that could be developed by pesticide companies for commercialization. The limited number of the registered biological pesticides shows serious constraints on their commercialization. One of the important constraint is lacking of standardization of the active ingredients and the formulations are short life. The Government, through The Ministry of Agriculture, imposes the Permentan no.39/Permentan/SR.330/7/2015 in effort to encourage the commercialization of biological pesticides. The registration of biological pesticide do not require acute oral and dermal toxic data as that applied to synthetic pesticides. In addition, any government agency that has the duty and function of plant protection can apply for registration of biological pesticide. To improve the quality of biological pesticides that will attract investors, the role of research programs related to improving the quality of the biological pesticide formulation is needed.

Keywords: Biological pesticides, innovation, research innovation

PENDAHULUAN

Pestisida biologi adalah agens hayati dari bahan alami mencakup herbisida, insektisida, fungisida dan produk lainnya, termasuk mikro dan makro-organisme, yang berperan untuk mengendalikan hama/patogen tanaman (Phillips, 2014). Pestisida biologi dikelompokkan menjadi lima, yaitu (1) **makroba**, seperti serangga parasitoid dan predator, serta nematoda parasit serangga; (2) **mikroorganisme**, seperti bakteri, virus, jamur atau protozoa, (3) **senyawa kimia isyarat** (*semiochemical*) seperti feromon yang berperan untuk memodifikasi perilaku kawin, menarik atau menolak serangga hama; (4) **bahan alami**, seperti produk hasil fermentasi atau ekstrak tanaman yang bersifat mengendalikan hama atau patogen. Di samping bahan-bahan tersebut, EPA juga memasukkan (5) **tanaman hasil rekayasa genetik** (*plant-incorporated-protectant*), yang dapat menghasilkan bahan (protein) yang beracun terhadap hama, seperti gen Bt dari bakteri *Bacillus thuringiensis*. Tanaman transgenik Bt tersebut akan memproduksi protein Bt dan jika bahan tersebut termakan serangga hama maka akan menyebabkan keracunan, bahkan kematian.

Komisi Agens Hayati, Kementerian Pertanian dengan mengadopsi definisi agens hayati dari FAO (1988; 1997), mengelompokkan agens hayati menjadi 3 golongan, yaitu (1) **mikroba**, seperti bakteri, cendawan, virus dan protozoa, (2) **musuh alami**, yang dapat berkembang biak sendiri, seperti parasitoid, predator, parasit, artropoda pemakan tanaman, dan (3) **tiap organisme** yang meliputi spesies, subspecies, varietas, semua jenis serangga, nematoda, protozoa, cendawan, bakteri, virus, mikoplasma, dan organisme lainnya dalam semua tahap perkembangannya yang dapat dipergunakan untuk keperluan pengendalian hama dan penyakit atau organisme pengganggu, proses produksi, dan pengolahan hasil pertanian dan berbagai keperluan lainnya (Komisi Agens Hayati, 2006; Supriadi dan Suharto, 2008).

Pestisida biologi merupakan salah satu metode pengendalian hama dan penyakit yang sangat diharapkan untuk mengurangi penggunaan pestisida sintetik. Pestisida biologi

merupakan komponen penting pada sistem Pengendalian Hama Terpadu (PHT). Di Indonesia, penerapan program PHT secara nasional dimulai sejak tahun 1983 melalui Program Nasional PHT Bappenas, kemudian diperkuat dengan dikeluarkannya Instruksi Presiden (Inpres) No. 3/1986 yang melarang 57 formulasi insektisida sintetik. Walaupun pestisida biologi banyak diharapkan peranannya dalam program PHT, tetapi dalam pelaksanaannya di lapangan masih banyak terkendala karena cara kerjanya lambat sehingga kurang menarik bagi petani, kurang kompetitif karena membanjirnya pestisida sintetik yang harganya pun lebih murah, dan ketersediaan bahan bakunya terbatas (Kardinan, 2011).

Sementara itu, pestisida sintetik masih merupakan bagian penting dari upaya peningkatan atau mempertahankan produksi pertanian di dunia (Cooper dan Dobson, 2007). Kebutuhan pestisida dunia dalam 50 tahun terakhir (1960-2005) terus meningkat hampir empat kali lipat dari US\$ 850 juta menjadi US\$ 31,19 milyar (Zang *et al.*, 2011). Proporsi jenis pestisida terbanyak yang diperdagangkan pada tahun 2005 adalah herbisida (48%) diikuti oleh insektisida (25%), fungisida dan bakterisida (24%). Selama tahun 2006-2012, penjualan pestisida juga meningkat dari US\$ 30,2 milyar menjadi US\$ 47,2 milyar (Agrolook, 2012). Pada tahun 2017, nilai penjualan pestisida diperkirakan mencapai US\$ 68,5 milyar (Rojas, 2012; http://wcropchemicals.com/pesticide_regulatory_profile). Hal ini menunjukkan bahwa ketergantungan terhadap pestisida semakin tinggi. Untuk itu, maka pestisida perlu dikelola secara bijaksana supaya tidak menimbulkan dampak negatif yang semakin besar terhadap lingkungan, seperti yang selama ini banyak dilaporkan (Bellinger, 1996; Matsumura *et al.*, 2009; Isenring, 2010). Untungnya, upaya-upaya untuk mendapatkan alternatif pestisida yang lebih aman, seperti pestisida biologi, juga semakin gencar.

Makalah ini membahas kendala komersialisasi pestisida biologi dan dukungan inovasi penelitian untuk pengembangannya.

POTENSI PASAR PESTISIDA BIOLOGI DI LUAR NEGERI

Pada tahun 2012, nilai perdagangan pestisida biologi mencapai US\$ 1,8 milyar; tertinggi di Asia (US\$ 782) dan Negara Amerika Utara (NAFTA) seperti Amerika Serikat, Kanada dan Meksiko (US\$ 503 juta) (Phillips, 2014). Untuk kawasan Asia yang sudah maju, pangsa pasar pestisida biologi adalah China (US\$ 233 juta) dan Jepang (US\$ 203 juta), sedangkan untuk negara berkembang, India menempati posisi teratas dengan nilai penjualan mencapai US\$ 96 juta (Phillips, 2014). Secara lengkap, nilai perdagangan pestisida biologi di beberapa wilayah di dunia ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Jumlah dan sebaran pasar pestisida biologi di dunia tahun 2012*

Wilayah	Nilai penjualan (US\$ juta)	Total (%)
Asia	782	43,1
NAFTA**	503	27,8
Eropa	252	13,9
Amerika Latin	207	11,4
Timur Tengah dan Afrika	69	3,8
Total	1813	100

*Sumber: Phillips (2014)

**NAFTA : North American Free Trade Agreement (Amerika Serikat, Kanada dan Meksiko)

Berdasarkan jenis bahan aktifnya, pangsa pasar pestisida biologi didominasi oleh golongan pestisida nabati, yaitu senilai US\$ 1148 juta (63,3%), mikroba (bakteri, jamur, virus, protozoa) senilai US\$ 479 juta (26,4%), makroba (serangga predator dan parasitoid, serta nematoda) senilai US\$ 138 juta, dan bahan lainnya seperti feromon serangga senilai US\$ 48 juta (2,7%) (Phillips, 2014). Selanjutnya, Phillips (2014) menyatakan bahwa pada tahun 2012 ada beberapa produk utama pestisida biologi yang diperdagangkan, yaitu abemektin dengan nilai jual US\$ 360 juta, spinosad (US\$ 260 juta), emamektin (US\$ 180 juta), spinetoram (US\$ 165 juta), *Bacillus thuringiensis* (US\$ 160 juta) dan *B. subtilis* (US\$ 50 juta).

Ironisnya, data pangsa pasar pestisida biologi di Indonesia masih sangat kecil atau belum terdokumentasi. Pada Buku "Pestisida Pertanian dan Kehutanan Tahun 2012" yang diterbitkan oleh Direktorat Pupuk dan Pestisida (Ditjen PSP, 2012) tercatat jumlah formula pestisida biologi hanya mencapai 31 buah (0,6%) dari total 2475 formulasi pestisida yang beredar pada tahun 2012 di Indonesia. Formulasi tersebut mencakup 22 jenis insektisida biologi, 7 fungisida biologi, 1 atraktan nabati, dan 1 rodentisida biologi. Jenis bahan aktif yang paling banyak adalah *Bacillus thuringiensis* (17 nama formulasi), *B. coagulans* (1 formulasi); campuran *B. subtilis* + *Trichoderma viridae*, *T. harzianum*, *Pseudomonas fluorescens* (1 formulasi), *Metharizium anisopliae* (3 formulasi), azadirakhtin, rotenone dan spinosad

Tabel 2. Jenis dan jumlah bahan aktif pestisida yang terdaftar di Indonesia pada tahun 2012*

Jenis pestisida	Golongan bahan aktif	Jenis bahan aktif	Formulasi
1. Herbisida	29	70	933
2. Insektisida	24	91	832
3. Fungisida	26	68	432
4. Akarisida	7	8	16
5. Rodentisida	4	7	38
6. Bakterisida	3	5	7
7. Insektisida biologi	3	7	22
8. Fungisida biologi	2	5	7
9. Rodentisida biologi	1	1	1
10. Lainnya (15 golongan)	34	53	187
Total	133	315	2475

*Sumber: Ditjen PSP (2012)

(insektisida biologi berasal dari bakteri *Saccharopolyspora spinosa*) masing-masing satu formulasi; 7 fungisida biologi dengan bahan *Trichoderma koningii* (2 formulasi), *Gliocladium virens* (1 formulasi) Glio WP), azadirakhtin (2 formulasi), eugenol (1 formulasi), piperin (2 formulasi); capsaicin (atraktan nabati berasal dari cabai; 1 formula), dan satu rodentisida biologi dengan bahan aktif bakteri *Sarcocystis singaporensis* (1 formulasi) (Tabel 2). Jenis dan jumlah pestisida biologi yang terdaftar pada tahun 2014 hampir sama dengan tahun 2012, padahal jumlah keseluruhan formulasi pestisida terdaftar pada tahun 2014 meningkat menjadi 3005 dari 2475 pada tahun 2012 (Ditjen PSP, 2014). Hal ini menunjukkan kurangnya upaya komersialisasi pestisida biologi.

PERKEMBANGAN PENELITIAN PESTISIDA BIOLOGI

Perkembangan penelitian pestisida biologi di Indonesia sudah cukup banyak dan menunjukkan hasil yang efektif untuk mengendalikan beberapa jenis organisme pengganggu tanaman (OPT). Misalnya, pestisida biologi mengandung *Gliocladium* sp. efektif untuk mengendalikan *Plasmiodiophora brassicae* pada kubis, S/NPV untuk mengendalikan *Spodoptera litura* pada kedelai, parasitoid *Trichogrammatidae* spp. efektif terhadap hama utama pada kedelai dan kapas, serta ditemukannya konsorsium agens hayati untuk mengendalikan *Fusarium oxysporum* f. sp. *vanilla* pada vanili (Tabel 3).

Satu indikasi menarik dalam buku “400 Teknologi Inovatif Pertanian” menunjukkan bahwa pada lima tahun terakhir peneliti Badan Litbang Pertanian telah menghasilkan 39 formulasi pestisida biologi (Tabel 4); terbanyak (7 formulasi) dihasilkan oleh Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, 2013). Pada Tabel 4 masih terlihat beberapa agens hayati, seperti *Gliocladium* sp. yang dikembangkan oleh beberapa institusi penelitian. Hal itu tidak menjadi masalah, karena target komoditasnya juga berbeda.

Hasil inovasi tersebut menunjukkan indikasi positif bentuk komitmen Kementerian Pertanian RI untuk mendukung pengembangan pestisida biologi sebagai alternatif dari pestisida sintetik. Diharapkan, inovasi tersebut dapat segera digunakan oleh masyarakat. Upaya ini masih jauh dari memuaskan karena hanya beberapa produk pestisida biologi tersebut yang sudah dilisensikan untuk diperdagangkan secara komersial. Sebagian besar lainnya masih menunggu investor untuk pengembangannya dalam skala ekonomi. Belum ada satu pun dari produk tersebut yang sudah terdaftar di institusi yang berwenang, yaitu Kementerian Pertanian Republik Indonesia.

Keberlanjutan pengembangan hasil inovasi tersebut perlu dukungan investor untuk memproduksi secara komersial dan menguji keefektifannya pada skala ekonomi. Walaupun jumlahnya masih terbatas, tetapi sudah menunjukkan arah pengembangan pestisida

Tabel 3. Beberapa contoh agens hayati yang sudah dikembangkan untuk mengendalikan OPT pada beberapa komoditas tanaman pertanian di Indonesia

Jenis agens biologi/Formulasi agens hayati	OPT target/Komoditas	Referensi
<i>Gliocladium</i> sp. (Gliocompost, Gliostar)	<i>Plasmiodiophora brassicae</i> /Kubis	Djatnika (2012)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> strain MR96 (BIO-PF)		
<i>Spodoptera litura</i> nuclear polyhedrosis virus; S/NPV	<i>Spodoptera litura</i> /Kedelai	Arifin (2012)
<i>Verticillium</i> sp.	<i>Hemileia vastatrix</i> /Kopi	Mahfud (2012)
Metil eugenol sebagai atraktan	<i>Bactocera dorsalis</i> / Tanaman buah-buahan	Kardinan (2011)
Parasitoid <i>Trichogrammatidae bactrae-bactrae</i>	<i>Etiella</i> sp./Kedelai	Marwoto (2010)
Parasitoid <i>Trichogrammatidae armigera</i> dan <i>T. bactrae</i>	<i>Helicoverpa armigera</i> /Kapas	Nurindah (2013)
<i>Fusarium</i> non patogenik; BioFOB	<i>Fusarium oxysporum</i> f.sp. vanilla/Vanili	Tombe (2010)
Konsorsium agens pengendali biologi (<i>Pseudomonas fluorescens</i> , <i>Trichoderma lactae</i> , <i>T. viridae</i> , <i>Bacillus firmus</i> , <i>B. panteotkentiscus</i> dan <i>Fusarium</i> non patogenik /Bio Triba)		
Eugenol/Mitol		

Tabel 4. Formulasi pestisida biologi yang dihasilkan oleh Kementerian Pertanian*

Golongan	Bahan aktif	Institusi Inventor
Insektisida	1. <i>Lecanicillium lecanii</i>	1. Balai Penelitian Kacang-kacangan dan Umbi-umbian
Fungisida	2. Virus SLNPV dari <i>Spodoptera litura</i>	
Akarisida/Insektisida/	3. <i>Trichoderma</i> spp.	
Fungisida/	4. Mimba	
Bakterisida/Nematisida		
Fugisida	5. <i>Pseudomonas fluorescens</i>	
Fugisida	6. Minyak cengkeh	
Insektisida	7. Ekstrak rimpang jahe	
Bakterisida/Fungisida	8. <i>Pseudomonas fluorescens</i>	2. Balai Penelitian Tanaman Hias
Fungisida	9. <i>Gliocladium</i> spp.	
Bakterisida/Fungisida	10. <i>P. fluorescens</i> + <i>Bacillus</i> sp.	
Bakterisida/Fungisida	11. <i>Pseudomonas fluorescens</i>	
Fungisida	12. <i>Gliocladium</i> sp.	
Fungisida	13. <i>Trichoderma harzianum</i>	
Feromon	14. Feromon Exi	3. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi dan Sumberdaya Genetik Pertanian
	15. Feromon Ostri	
	16. Feromon Z-11 dan Z-9	
	17. Fero grayak	
Insektisida	18. Virus HaNPV dari <i>Helicoverpa armigera</i>	4. Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Akarisida/Insektisida	19. Kalium polisulfida	
Insektisida	20. Ekstrak biji mimba	
Insektisida	21. <i>Serratia</i> spp.	5. Balai Penelitian Tanaman Palma
	22. <i>Metarizium anisopliae</i> (a)	
	23. <i>Metarhizium anisopliae</i> (b)	
Nematisida	24. <i>Achromobacter xyloxidans</i>	6. Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Fungisida	25. <i>Gliocladium</i> sp.	7. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika
Penolak hama	26. Serai wangi + parafin cair	
Penolak hama	27. Minyak serai wangi	
Entomootogen	28. <i>Hirsutella citriformis</i>	8. Balai Penelitian Tanaman Jeruk dan Buah Subtropika
Fungisida	29. <i>Gliocladium</i> sp.	
Fungisida	30. <i>Trichoderma</i> sp.	
Insektisida	31. <i>Beauveria bassiana</i>	9. Balai Penelitian Tanaman Padi
Insektisida	32. <i>Metarhizium anisopliae</i>	
Bakterisida/Fungisida/	33. Minyak cengkeh dan kayumanis	10. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat
Insektisida	34. Minyak cengkeh dan seraiwangi	
Insektisida	35. Virus Ha NPV	11. Balai Penelitian Tanaman Serealia
Fugisida	36. <i>Trichoderma viridae</i>	
Fungisida	37. Campuran beragam bahan organik dan anorganik	12. Balai Penelitian Tanaman Buah Tropika
Insektisida	38. Ekstrak kirinyu (<i>Chromolaena odorata</i>)	13. Balai Penelitian Lahan Rawa
Fungisida	39. <i>Trichoderma</i> sp.	14. BPTP Jawa Timur

*Sumber: Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian (2013)

biologi yang baik. Sebagai perbandingan, pestisida biologi yang terdaftar pada *Environmental Protection Agency* (EPA) Amerika Serikat pada tahun 2014 mencapai 430 bahan aktif dan jumlah formulasi yang terdaftar mencapai 1320 formulasi (EPA, 2014). Pestisida biologi tersebut mencakup bahan-bahan alami berasal dari hewan, tanaman, mikroba (bakteri, virus, jamur, nematoda), dan bahan mineral, feromon, serta tanaman rekayasa (*Plant-Incorporated-Protectants*; PIPs) yang dapat

memproduksi protein Bt untuk mengendalikan hama.

Di Thailand dan India, upaya untuk menyebarkan produk pestisida biologi *baculovirus* dilakukan melalui beberapa jalur, yaitu (1) diperbanyak oleh petani untuk keperluan sendiri, (2) melalui kelompok petani untuk kebutuhan kelompoknya (3) oleh pemerintah untuk diberikan kepada petani sehingga sasarannya lebih luas, serta (4) perusahaan swasta (Grzywacz; <http://www.biocontrolafrica.com/downloads/NRI%20Baculovirus%20worldwide>).

pdf). Cara yang mirip telah dilakukan oleh Pemerintah Indonesia melalui program PHT dengan berdirinya laboratorium lapang perbanyak agens hayati di tingkat kabupaten untuk mengembangkan agens hayati sesuai dengan target OPT di masing-masing daerah (Baehaki *et al.*, 2013).

KENDALA PENGEMBANGAN PESTISIDA BIOLOGI

Salah satu pestisida biologi yang banyak dikembangkan adalah yang berbahan baku minyak atsiri. Menurut Koul *et al.* (2008), keuntungan minyak atsiri adalah (a) spektrum aktivitasnya luas terhadap patogen dan serangga, bersifat anti jamur, anti bakteri, anti feedan, repellent, oviposition deterrent, pengatur tumbuh (*growth regulator*), (b) umumnya tidak berbahaya terhadap mamalia, burung dan ikan, (c) mudah menguap (*volatile*) untuk bahan berupa minyak atsiri sehingga tidak persisten dan lebih ramah

terhadap serangga musuh alami. Namun, kelemahan pestisida berbahan minyak atsiri sama dengan kelemahan biopestisida secara umum, yaitu (a) efektifitasnya berlangsung lebih singkat dibanding pestisida sintesis, (b) memerlukan jumlah yang lebih banyak dan sering dalam aplikasinya, (c) bahan baku sering terbatas dan mutunya tidak standar, (d) mutu kandungan kimia aktif sering beragam bergantung pada tempat tumbuh, genetik, iklim, musim panen, dan cara penyulingan.

Masa aktif (*shelf life*)

Minimnya minat investor untuk mengembangkan pestisida biologi secara komersial mungkin berkaitan dengan masa simpannya yang pendek. Misalnya, masa simpan biopestisida dalam bentuk mikroba hidup yang tidak diformulasikan hanya berlangsung 1-3 bulan; pestisida nabati yang tidak diformulasikan, seperti ekstrak air, hanya bertahan 3 bulan, dan dalam bentuk minyak bisa

Tabel 5. Beberapa contoh masa aktif pestisida biologi dan sintetik

Jenis bahan aktif	Masa aktif (<i>Shelf life</i>)	Sumber
Pestisida dalam bentuk mikroorganisme hidup		
<i>Pseudomonas fluorescens</i> tanpa diformulasikan	2 bulan pada suhu 4°C dan 1 bulan pada suhu 20°C	Callaghan <i>et al.</i> (2006)
<i>Pseudomonas fluorescens</i> dalam formula gliserol 0,01%	3 bulan	Haggag and El Soud (2012)
<i>B. bassiana</i> dalam formula	3 bulan	Šimková (2009)
<i>Glyocladium virens</i> tanpa diformulasikan	1,5 bulan pada suhu 4°C	Madbouly <i>et al.</i> (2014)
Pestisida dalam bentuk bahan asal tanaman		
Minyak mimba dalam formulasi terenkapsulasi	6 bulan	Pant <i>et al.</i> (2012)
Ekstrak air Adathoda	3 bulan	Sharma <i>et al.</i> (2010)
Ekstrak air Pudhina	3 bulan	
Ekstrak air Andrographis	3 bulan	
Ekstrak air Sesamum	3 bulan	
Minyak bawang putih	6 bulan	
Ekstrak biji mimba	1 bulan	
Pestisida sintesis		
Atrazine 80 W	5 tahun	Deer and Beard (2003).
Atrazine 4L	2 tahun	
Benlate WP	2 tahun	
Kaptan WP	3 tahun	
Karbaril WP	5 tahun	
Diazinon	5-7 tahun	
Dicamba	1 tahun	
Dinocap	5 tahun	
Disulfon	2 tahun	
Fenbutatin-oksida WP	3 tahun	
Fenbutation-oksida 4L	2 tahun	
glifosat	>2 tahun	

sampai bertahan selama 6 bulan. Hal itu jauh berbeda dengan pestisida sintetis yang masa aktifnya bisa bertahan selama 2-5 tahun atau lebih (Tabel 5). Hal itu perlu menjadi perhatian khusus untuk mengembangkan formula pestisida biologi yang masa simpannya lebih dari 2 tahun supaya layak dikomersialkan.

Perijinan merupakan salah satu faktor utama lambatnya perkembangan industri pestisida biologi. Menurut Isman (2000), satu dari tiga kendala utama pengembangan pestisida biologi, khususnya yang berasal dari tanaman, yaitu sulitnya perijinan. Beruntung, perijinan pestisida

biologi di Indonesia sudah diatur dalam Permentan No.39/Permentan/SR.330/7/2015 (Permentan, 2015). Dalam Permentan tersebut, Pemerintah mendorong komersialisasi pestisida biologi dengan lebih mempermudah perijinannya, yaitu tidak mensyaratkan adanya data hasil uji toksisitas akut oral dan dermal, sebagaimana diberlakukan untuk pestisida sintetis. Di samping itu, instansi Pemerintah yang mempunyai tugas dan fungsi perlindungan tanaman dapat melakukan pendaftaran untuk pestisida biologi. Namun demikian, mutu bahan aktif dan keefektifan pestisida biologi harus

Tabel 6. Pedoman pengujian produk biopestisida menurut FAO (1988)

No	Data yang diperlukan untuk pendaftaran pestisida biologi secara komersial
1	Identitas produk <ol style="list-style-type: none"> Informasi tentang agens hayati: Karakteristik fisik dan kimia Nama ilmiah dan jenis strain Nama umum Asal usul agens hayati (sumber, sejarah, strain alami atau hasil modifikasi genetik) Proses pembuatan produk Metode untuk memastikan identitas agens hayati (seperti cara untuk mengidentifikasi karakter morfologi, fisiologi, serologi, genetik, dan lain-lain) Kandungan bahan lain (pembawa) di samping bahan aktif di dalam produk Metode analisis kandungan bahan lain
2	Karakteristik formulasi <ol style="list-style-type: none"> Karakteristik fisika dan kimia Jumlah bahan aktif Nama dan tipe formulasi Kandungan bahan lain di samping bahan aktif, seperti jenis senyawa tabir matahari, pelembab, dan lain-lain Stabilitas formulasi dan pengaruh suhu serta kondisi penyimpanan terhadap aktifitas biologi bahan aktif Metode analisis kandungan senyawa di dalam formulasi
3	Karakteristik biologi dari agens hayati: <ol style="list-style-type: none"> Asal usul agens hayati dan cara penyebaran Target OPT sasaran Dosis efektif dan mekanisme agens hayati Informasi tentang kedekatan sifat agens hayati dengan patogen tanaman atau patogen manusia/hewan Jenis tanaman target Cara dan frekuensi aplikasi
4	Data toksisitas agens hayati: <ol style="list-style-type: none"> Toksitas oral Toksitas dermal Toksitas pernafasan Iritasi mata Hipersensitifitas/alergi
5	Data toksisitas formulasi: <ol style="list-style-type: none"> Toksitas oral Toksitas dermal Toksitas pernafasan
6	Data tambahan toksisitas: <ol style="list-style-type: none"> Toksitas sub kronis (apabila ditemukan) Pengaruh terhadap reproduksi Pengaruh terhadap sifat kekebalan (untuk agens hayati jenis virus) Pengaruh terhadap mamalia primate
7	Data residu dan pengaruh terhadap lingkungan: <ul style="list-style-type: none"> Toksitas terhadap ikan Fitotoksitas terhadap tanaman bukan target Toksitas terhadap serangga bukan target Toksitas oral terhadap burung Toksitas inhalasi terhadap burung

memenuhi syarat dan sesuai dengan tujuan penggunaannya. EPA (2014) juga menyatakan bahwa peraturan perijinan pestisida biologi lebih sederhana dibandingkan dengan yang diberlakukan pada pestisida sintetik dengan tetap mengedepankan aspek keamanan terhadap manusia dan lingkungan.

Menurut Grzywacz (2004), model pendaftaran pestisida biologi di Thailand dan India dapat dijadikan acuan untuk meningkatkan penggunaan pestisida biologi di negara-negara berkembang. Pada dasarnya, hanya pestisida biologi yang memenuhi persyaratan mutu, efektifitas dan diperbanyak secara massal dapat diperdagangkan secara komersial; tidak terhadap biopestisida yang digunakan sendiri oleh petani, kelompok tani dan lembaga swadaya masyarakat. Di samping itu, Grzywacz (2004) menganjurkan aspek keamanan pestisida biologi dapat memanfaatkan secara maksimal data ilmiah yang sudah dipublikasi, sedangkan pengujian toksisitas hanya dilakukan secara selektif; tidak sepenuhnya mengikuti saran FAO (1988) (Tabel 6).

Sejalan dengan itu, Komisi Agens Hayati Kementerian Pertanian (2006) memberlakukan peraturan bahwa bagi setiap agens hayati dari luar negeri yang akan dimasukkan ke wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia untuk tujuan penelitian dan komersialisasi, akan dievaluasi melalui dua tahapan evaluasi, yaitu (1) pencermatan kelengkapan dokumen dan (2) evaluasi ilmiah berkaitan dengan kemurnian, keamanan dan keefektifan agens hayati. Pada tahap pertama, apabila kelengkapan dokumen sudah dipenuhi, maka usul pemasukan agens hayati diterima hanya untuk tujuan penelitian saja. Namun; apabila dokumen belum lengkap atau ada indikasi akan membahayakan agroekosistem maka dokumen perlu dilengkapi atau usul pemasukan ditolak. Dokumen yang dicermati pada tahap evaluasi pertama antara lain data tentang asal usul agens hayati (bukan termasuk produk rekayasa genetik), publikasi artikel ilmiah berkaitan dengan penggunaan di negara lain, data keamanan, dan data toksisitas agens hayati terhadap manusia/hewan/lingkungan. Apabila tahap pertama sudah lolos,

artinya agens hayati yang akan dimasukkan diyakini aman dan efektif, maka agens hayati akan direkomendasikan kepada Menteri Pertanian untuk diberi ijin pemasukannya (diimpor) untuk tujuan penelitian. Pada tahap penelitian ini, agens hayati akan dievaluasi kemurniannya, keamanannya dan keefektifannya oleh lembaga penguji independen. Metode pengujian harus mengikuti pedoman yang sudah ditetapkan pada Keputusan Ketua Komisi Agens Hayati no. 226/Kpts/OT.160/I/9/06 (Komisi Agens Hayati, 2006). Pengujian keamanan dilakukan secara selektif terhadap aspek yang berkaitan langsung dengan penggunaan agens hayati pada kondisi Indonesia. Misalnya, pengujian toksisitas terhadap ikan akan diwajibkan untuk agens hayati yang akan digunakan pada lingkungan perairan seperti untuk mengendalikan nyamuk, dan lain-lain

ARAH PENGEMBANGAN PESTISIDA BIOLOGI DI INDONESIA

Upaya dan pemikiran serta hasil penelitian tentang pestisida biologi sudah banyak dikemukakan dan dipublikasi (Isman, 2006; DeFaria dan Wright, 2007; Supriadi, 2013). Namun, perkembangannya di negara berkembang masih banyak terkendala, terutama karena terbatasnya jumlah pestisida biologi yang mendapat ijin untuk diperdagangkan secara komersial. Sebaliknya, di negara maju, seperti di Amerika Serikat, pasar pestisida biologi sudah berkembang pesat, dilihat dari besarnya nilai perdagangan maupun publikasi hasil penelitiannya. Pengembangan pestisida biologi di tanah air dapat difokuskan untuk memanfaatkan potensi lokal sumber-sumber pestisida (tanaman, predator, parasitoid, mikroorganisme, dan namatoda) untuk mengendalikan hama/patogen penting pada pertanian baik pra panen maupun pasca panen. Sedangkan jenis biopestisida, berupa tanaman transgenik untuk mengendalikan hama/pathogen, diatur dalam Peraturan Pemerintah Republik Indonesia Nomor 21 Tahun 2005 Tentang Keamanan Biologi Produk Rekayasa

Genetik, khususnya pasal 5 yang menyatakan bahwa produk rekayasa genetik (PRG) dapat berasal dari (a) hewan bahan, asal hewan, dan hasil olahannya; (b) ikan, bahan asal ikan, dan hasil olahannya; (c) tanaman, bahan asal tanaman, dan hasil olahannya; dan (d) jasad renik, bahan asal jasad renik, dan hasil olahannya.

Penelitian pemanfaatan sumber bahan baku lokal untuk pestisida biologi sudah banyak dilaporkan di beberapa perguruan tinggi dan lembaga riset, serta masyarakat (petani), walaupun belum ada aturan baku yang dapat dijadikan sebagai pedoman resmi. Namun, untuk menjaga kualitas dan keamanan terhadap manusia dan lingkungan, pestisida biologi yang akan digunakan untuk keperluan sendiri (tidak untuk diperdagangkan secara komersial) tetap harus memenuhi persyaratan minimal, yaitu (a) kejelasan jenis bahan baku biopestisida, (b) proses pembuatan menggunakan cara-cara dan bahan tambahan (karier, perata, pengemulsi, perekat, dan lain-lain) yang diketahui aman, (c) ada aturan jelas cara penggunaannya (dosis, waktu aplikasi, cara aplikasi), (d) dikemas secara baik menggunakan bahan kemasan yang aman dan (e) ada petunjuk cara penyimpanannya untuk menghindari kontaminasi lingkungan. Sementara itu, pestisida biologi yang akan dijual secara komersial harus memenuhi persyaratan yang lebih ketat, antara lain (a) dibuat oleh suatu badan hukum yang berdomisili di Indonesia, (b) badan hukum tersebut harus mempunyai kapasitas untuk memproduksi pestisida biologi dalam jumlah komersial, (c) memiliki tenaga kompeten untuk memproduksi pestisida biologi, dan (d) mendapat ijin memproduksi dari pemerintah Indonesia. Oleh karena itu, peran penelitian masih sangat penting dalam menstandarisasi mutu bahan aktif, memperpanjang masa simpan, dan meningkatkan keefektifannya dari pengaruh aktif sinar matahari (ultra violet).

KESIMPULAN

Peran pestisida biologi dalam pengendalian OPT bisa ditingkatkan dengan meningkatkan

standardisasi mutu bahan aktif, memperpanjang masa aktif (*shelf life*), dan mempermudah perijinan untuk komersialisasinya. Nilai ekonomi pestisida biologi di luar negeri cukup tinggi mencapai US\$ 1,8 milyar, tetapi di Indonesia belum terdokumentasikan atau masih kecil karena hanya mencapai 30 buah formulasi (0,6%) dari total 2475 formulasi pestisida pada tahun 2012. Walaupun sudah banyak hasil penelitian tentang keefektifan pestisida biologi, tetapi komersialisasinya masih terbatas karena hanya ada beberapa perusahaan pestisida yang mengembangkannya. Pestisida biologi umumnya lebih pendek masa aktifnya dibandingkan dengan pestisida sintesis. Untuk lebih meningkatkan jumlah pestisida biologi komersial, Pemerintah Indonesia telah menerbitkan peraturan yang mempermudah perijinan pestisida biologi, yaitu tidak perlu ada data toksisitas akut oral dan derma, sebagaimana diberlakukan terhadap pestisida sintesis. Oleh karena itu, perlu penelitian yang lebih intensif untuk meningkatkan mutu agens hayati, terutama memperpanjang daya simpan sehingga akan lebih menarik investor untuk memproduksinya.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Dr. Dono Wahyuno di Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat atas saran dan masukannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrolook. 2012. The Global Agrochemical Market. Agrolook July_September: 5-9 <http://www.agrolook.com/pdfs/agrolook-july-sept-2012.pdf> (akses 24 September 2014)
- Arifin, M. 2012. Bioinsektisida S/NPV untuk mengendalikan ulat grayak mendukung swasembada kedelai. Pengembangan Inovasi Pertanian 5 (1): 19-31
- Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. 2013. 400 Teknologi Inovatif Pertanian. IAARD Press. 411 hlm
- Bellinger, R.G. 1996. Pest Resistance to Pesticides. Department of Entomology, Clemson University. ipm.ncsu.edu/safety/factsheets/resistan.pdf.

- Callaghan, M.O., J. Swaminathan, J. Lottmann, D.A. Wright, and T.A. Jackson. 2006. Seed coating with biocontrol strain *Pseudomonas fluorescens* F113. *New Zealand Plant Protection* 59:80-85
- Cooper, J. and H. Dobson. 2007. The benefits of pesticides to mankind and the environment. *Crop Protection* 26: 1337-1348.
- De Faria, M.R. and S.P. Wright. 2007. Mycoinsecticides and mycoacaricides: A comprehensive list with worldwide coverage and international classification of formulation types. *Biological Control* 43:237-256.
- Deer, H. and R. Beard. 2003. Pesticide storage facility design and management plan. *Pesticides No 4*. Publication of Utah State University Extension. https://extension.usu.edu/files/publications/factsheet/Pesticides_No_4.pdf
- Ditjen PSP. 2012. Pestisida Pertanian dan Kehutanan Tahun 2012. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 980 hlm.
- Ditjen PSP. 2014. Pestisida Pertanian dan Kehutanan Tahun 2014. Direktorat Jenderal Prasarana dan Sarana Pertanian, Kementerian Pertanian Republik Indonesia. 822 hlm.
- Djatnika, I. 2012. Teknologi pengendalian penyakit tular tanah pada tanaman hortikultura dengan memanfaatkan sumber daya alam. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 5 (4): 266-280
- EPA. 2014. What are Biopesticides ? Environmental Protection Agency, USA. <http://www.epa.gov/pesticides/biopesticides/whatarebiopesticides.htm> [akses 20 Oktober 2014]
- FAO. 1988. Guidelines for the Registration of Biological Pest Control Agents. Food and Agriculture Organization of the United Nations
- FAO. 1997. Code of Conduct for the Import and Release of Exotic Biological Control Agent. Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Grzywacz, D. 2004. Development and registration of biopesticide in India and Thailand. *Dalam* Wabuke, MN, PN Ngaruiya, FK Kimmins, and PJ Silverside. 2004. Registration for Biological Control Agenst in Kenya. Proc. The Pest Cntrol Products Board/Kenya Agricultural Research Institute/Dept. International Develop-ment Crop Protection Program Work-shop, Nakaru, Kenya 14-16 November 2003. KARI/PCB Nairobi, Kenya & Natural Resources International, UK: 101-110.
- Grzywacz, D. The Baculovirus biopesticides and their development worldwide. Natural Resources Institute, University of Greenwich, UK. <http://www.biocontrolafrica.com/downloads/NRI.pdf>
- Haggag, W.M. and M. A. El Soud. 2012. Production and Optimization of *Pseudomonas fluorescens* Biomass and Metabolites for Biocontrol of Strawberry Grey Mould. *American Journal of Plant Sciences* 3: 836-845. <http://dx.doi.org/10.4236/ajps.2012.37101>.
- Isenring, R. 2010. Pesticides and the loss of biodiversity. How intensive pesticide use affects wildlife populational and species diversity. Pesticide Action Network, Europe. 26 pp. Development House 56-64 Leonard Street, London EC2A 4LT. www.pan-europe.info
- 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.
- Isman, M.B. 2000. Plant essential oils for pests and diseases management. *Crop Protection* 19: 603-608.
- Kardinan, A. 2011, Penggunaan pestisida nabati sebagai kearifan lokal dalam pengendalian hama tanaman menuju sistem pertanian organik. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 4 (4): 262-278
- Komisi Agens Hayati. 2006. Pedoman Pengajuan Pemasukan Agens Hayati ke Wilayah Negara Kesatuan Republik Indonesia. Keputusan Ketua Komisi Agens Hayati Kementerian Pertanian Nomor 226/Kpts/OT.160/L/9/06.
- Koul, O., S. Walia and G. S. Dhaliwal. 2008. Essential oils as green pesticides: potential and constraints. *Biopestic. Int.* 4(1): 63-84.
- Madbouly, A.K., A. Boari, M. M. Vurro, H. M. Gebreel, and M.A. Abouzeid. 2014. Biocontrol of *Rhizoctonia solani* causing stem canker disease of potato using rhizosphere mold fungi. *International Journal of Agronomy and Agricultural Research.* 4(6):34-45 <http://www.innsplib.net>
- Mahfud, M.C. 2012. Teknologi dan strategi pengendalian penyakit karat daun kopi untuk meningkatkan produksi kopi nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 5 (1): 44-47.
- Marwoto. 2010. Prospek parasitoid *Trichogramma-matiodea bactrae-bactrae* Nagaraja (Hymenoptera) sebagai agens hayati pengendali hama penggerek polong kedelai *Etiella* spp.

- Pengembangan Inovasi Pertanian 3 (4): 274-288
- 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. In Heong KL, Hardy B (editors), pp 233-244, *Planthoppers: new threats to the sustainability of intensive rice production systems in Asia*. Los Baños (Philippines). International Rice Research Institute.
- Miles, C., C. Blethen, R. Gaugler, R. Shapiro-Ilan, and T. Murray. 2012. Using Entomopathogenic Nematodes for Crop Insect Pest Control. A Pacific Northwest Extension Publication PNW544. Washington State University. [<http://cru.cahe.wsu.edu/CEPublications/PNW544/PNW544.pdf>]
- Nurindah. 2013. Pemanfaatan parasitoid dan predator dalam pengendalian hama kapas secara terpadu. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 6 (4): 179-186
- Pant, M., S. Dubey, S.K. Raja, and P.K. Patanjali. 2012. Encapsulation of neem and karanja oil mixture for synergistic as well as larvicidal activity for mosquito control. *Journal of Scientific and Industrial Research* 71: 348-352.
- Permentan. 2015. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 39/Permentan/SR.330/7/2015 Tentang Pendaftaran Pestisida. 118 hlm.
- Phillips, M. 2014. The Biological Pesticide Market. *Agrolook* 14 (1): 1-4.
- Rojas, L. 2012. International pesticide market and regulatory profile. http://wcropchemicals.com/pesticide_regulatory_profile (akses tanggal 9 September 2014).
- Sharma, S.N., Z. Jha, M.S. Tiwari, D. Baghel, and D.K. Sharma. 2010. Standardization and Quality Evaluation of Herbal Pesticide. *African Journal of Basic and Applied Sciences* 2 (5-6): 184-187.
- Šimková, J. 2009. Influence of different storage conditions on vitality and virulence of *Beauveria bassiana* spores. *Journal of Agrobiology* 26 (2): 75-81.
- Supriadi dan Suharto. 2008. Bioetika penggunaan agens hayati untuk pengendalian hama dan penyakit tanaman. *Dalam* M. Machmud, Bambang Setiadi dan Sutrisno. *Tinjauan Bioetika Menuju Pertanian Berkelanjutan yang Selaras dengan Alam*. Prosiding Seminar Nasional Bioetika Pertanian, 29 Mei 2008, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian bekerjasama dengan Kedepujian Bidang Dinamika Masyarakat Kementerian Negara Riset dan Teknologi; dan Komisi Bioetika Nasional. Hlm 94-100.
- Supriadi. 2013. Optimasi pemanfaatan beragam jenis pestisida untuk mengendalikan hama dan penyakit tanaman. *Jurnal Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 32 (1): 1-9.
- Tombe, M. 2010. Teknologi ramah lingkungan dalam pengendalian penyakit busuk batang vanili. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 3(2): 138-153.
- Zang, W.J., F.B. Jiang and J.F. Qu. 2011. Global pesticide consumption and pollutant: with China as a focus. *Proceedings of the International Academy of Ecology and Environmental Sciences* 1(2): 125-144.