

INOVASI TEKNOLOGI PENGEMBANGAN DAN PEMANFAATAN MUSUH ALAMI HAMA PENYAKIT UNTUK MENEKAN KESENJANGAN HASIL TANAMAN ANEKA KACANG DAN UBI

Teguh Santoso

*Staf pengajar Departemen Proteksi Tanaman,
Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor*

ABSTRAK

Untuk berbagai alasan yang menguntungkan, musuh alami telah lama dan banyak digunakan untuk mengendalikan hama dan penyakit tumbuhan. Musuh alami ini meliputi parasitoid, predator dan patogen untuk mengendalikan hama, serta kompetitor atau antagonis untuk mengendalikan penyakit. Teknologi penggunaan musuh alami telah mengalami perkembangan pesat selama akhir abad XX dan tampaknya kemudian mengalami stagnasi sekarang ini. Untuk pengendalian hama, metode pengendalian hayati klasik yang dalam beberapa segi memiliki kelebihan, menjadi dipertanyakan resikonya apabila digunakan untuk hama eksotik, hama yang justru semakin sering dijumpai seiring dengan globalisasi perdagangan. Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) mulai banyak diteliti bukan hanya untuk mengendalikan penyakit, tetapi juga untuk mengendalikan hama. Campuran beberapa strain PGPR dapat dilakukan untuk meningkatkan efikasi. Bakteri kitinolitik, meskipun masih dalam tahap awal, mulai banyak diteliti untuk pengendalian hama. Aplikasi bioteknologi banyak digunakan dalam pengembangan musuh alami kelompok biopestisida, untuk menutup kekurangan yang ditunjukkan oleh biopestisida tersebut.

Pengendalian hayati penyakit masih banyak memanfaatkan fenomena antibiosis, parasitisme, induksi resistensi dan kompetisi. Baik terhadap hama dan patogen tumbuhan, cendawan dan bakteri endofit banyak dimanfaatkan; selain untuk menekan kehidupan hama dan patogen, mikroorganisme endofit dimaksudkan juga untuk memperbaiki perkembangan tanaman. Aspek lanjutan yang harus diperhatikan untuk mendapatkan keefektifan adalah formulasi, metode aplikasi, nutrisi dari lingkungan dan pengelolaan antagonis.

Pada umumnya riset tentang pengembangan teknologi pengendalian banyak memanfaatkan dan memanipulasi mikroorganisme yang ada di lingkungan. Oleh karena itu, baik di luar negeri maupun di Indonesia, riset eksplorasi organisme berguna banyak dilakukan. Apabila akan dilakukan introduksi mikroorganisme untuk pengendalian khususnya hama eksotik, FAO's Code of Conduct harus diacu.

Dalam konteks aplikasi, pengembangan musuh alami sebagai komponen teknologi pengendalian hama dan penyakit sebaiknya jangan didasarkan pada analisis biaya dan keuntungan semata, sebagaimana yang terjadi pada pestisida kimia, tetapi lebih kepada pengaruhnya yang positif terhadap lingkungan. Kegagalan pengembangan musuh alami sebagai biopestisida oleh perusahaan besar menunjukkan bahwa reorientasi harus dilakukan. Pengembangan skala "cottage industry" atau oleh UMKM lebih disarankan.

Kata kunci: predator, parasitoid, patogen, antagonis, eksplorasi

ABSTRACT

Natural enemies of plant pests and diseases that consist of parasitoid, predator, pest pathogen, antagonist and competitor, have been widely used for some advantageous reasons. The technology in the utilization of natural enemies has evolved considerable progress during the last decade of 20th century then seems stagnant afterward. The classic biological control, despite the successful history in the past, has been questioned its impact when applied against exotic pest. Conventionally used against diseases, Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) could be applied to reduced pests population, either applied singly or mixed. The use of chitinolytic bacteria to control insect pest received more attention. Biomolecular technology has been applied to foster the role of biopesticides. The biocontrol of plant pathogens relies on the antibiosis, parasitism, induce resistance and competition phenomena. Endophytic fungi and bacteria used against both pests and diseases, beside their role to ameliorate the plant vigor. In this case, to increase the effectiveness, research must be devoted on formulation, application method, nutrition from the environment and management of antagonistic agent. Research on biological control technology are generally based on the availability and followed by the manipulation of beneficial microorganism present in the environment. Hence, exploration of novel candidates of biocontrol agent must be always carried out. The introduction of foreign biocontrol agent is sometimes indispensable, in this case FAO's Code of Conduct should be referred. Taking into account the positive effect to the environment, the development of natural enemies as one component of plant protection technology should not be based merely on the cost-benefit analysis, as chemical pesticides. The failure of large scaling of biopesticide by companies showed that cottage industry system would be more suitable to develop and produce natural enemies.

Keywords: predator, parasitoid, pathogen, antagonist, exploration

I. PENDAHULUAN

Dewasa ini pengendalian hama dan penyakit tanaman budidaya harus semakin mempertimbangkan masalah lingkungan. Masalah ini bukan hanya meliputi kerusakan lingkungan pertanian akibat akumulasi bahan kimia yang potensial berbahaya, tetapi juga menyangkut masalah keamanan produk pertanian yang dikonsumsi. Tuntutan keamanan produk pertanian dari residu bahan kimia (terutama pestisida untuk pengendalian organisme pengganggu tanaman) yang dapat mengganggu kesehatan semakin tinggi untuk produk pertanian yang diekspor. Oleh karena itu cara non kimiawi untuk mengendalikan organisme pengganggu tanaman (OPT) terutama hama dan penyakit, semakin banyak dipraktikkan. Dalam agronomi, praktik pengendalian OPT tanpa menggunakan bahan kimia dapat dilakukan dengan beberapa cara, misalnya dengan menggunakan varietas tahan dan pengendalian hayati. Banyak contoh keberhasilan pengendalian hayati untuk menekan populasi OPT sampai pada batas yang tidak merugikan. Pengendalian hayati (biologi) adalah pengendalian dengan menggunakan organisme hidup dan/produksinya untuk mengendalikan hama dan patogen penyebab penyakit tanaman. Organisme hidup yang digunakan umum disebut sebagai agens hayati yang juga merupakan musuh alami hama dan patogen penyebab penyakit.

Musuh alami hama tanaman meliputi parasitoid, predator dan patogen. Kelompok patogen hama meliputi bakteri, virus, cendawan, protozoa, nematoda dan rickettsia (Poinar Jr dan Thomas 1984). Musuh alami patogen tanaman meliputi organisme antagonis atau kompetitor (pesaing). Musuh alami tersebut dapat disiapkan sedemikian rupa dalam suatu formulasi sehingga dapat diaplikasikan seperti pestisida kimia; dalam hal ini kita mengenal istilah biopestisida atau pestisida hayati. Namun demikian, biopestisida dapat mencakup bukan hanya musuh alami, tetapi juga pestisida botani dan feromon serangga (Hall dan Menn 1999) dan secara umum parasitoid serta predator tidak dikategorikan sebagai biopestisida.

Sifat Musuh Alami

Musuh alami dianugerahi sifat yang dapat dipandang sebagai kelebihan bila dibandingkan dengan pestisida kimia. Sifat-sifat tersebut di antaranya:

- Ramah lingkungan (tidak mengandung unsur kimia yang sulit terurai)
- Mempunyai kemampuan untuk memperbanyak diri di alam.
- Mempunyai kemampuan untuk memencar secara aktif atau dapat terpencar secara pasif oleh bantuan faktor luar seperti angin dan air.
- Mempunyai kemampuan untuk mempertahankan diri dari deraan faktor lingkungan, mungkin abiotik atau biotik.

Namun demikian, musuh alami juga mempunyai keterbatasan, di antaranya:

- Kurang stabil dan homogen
- Sulit untuk diperbanyak secara massal
- Sulit untuk diaplikasikan.

Meskipun dalam beberapa segi pengendalian dengan menggunakan musuh alami kurang menarik karena efek terhadap penurunan serangan hama dan penyakit lambat, namun dalam jangka panjang akan berpengaruh positif untuk menjaga posisi keseimbangan hama dengan musuh alami.

Khusus musuh alami yang berasal dari mikroorganisme ada beberapa faktor yang mendominasi kekurangan, terutama pada kontrol kualitas produk. Kontrol kualitas ini meliputi proses produksi, pemeliharaan, penyimpanan, kemurnian isolat, virulensi, total kontaminasi dan viabilitas. Viabilitas agens hayati harus mencapai minimum 85%. Dalam proses produksi, suhu, kelembaban relatif dan pH harus dalam keadaan optimum (Jenkins dan Grzywacz 2000)

II. METODE DAN TEKNIK APLIKASI MUSUH ALAMI

Dalam literatur pengendalian hayati hama, dikenal istilah pengendalian hayati klasik: dalam hal ini, musuh alami di introduksi dari luar (negeri) untuk mengendalikan hama/patogen yang bersifat eksotik atau natif (Eilenberg *et al.* 2001). Pengendalian hayati modern lebih memanfaatkan perkembangan ilmu mutakhir untuk memperbaiki kinerja dan mengatasi kelemahan musuh alami yang digunakan.

Di Indonesia, contoh yang terkenal adalah introduksi predator *Curinus coeruleus* (Coleoptera: Coccinellidae) dari Hawaii untuk mengendalikan kutu loncat

lamtoro *Heteropsylla cubana* (Hemiptera: Psyllidae) yang berasal dari Amerika Selatan, pada akhir dekade 1980-90.

Di Amerika Serikat terjadi peledakan populasi hama kutudaun *Aphis glycine* Matsumura (Hemiptera: Aphididae) pada tanaman kedelai pada tahun 2000. Hama ini bersifat eksotik di Amerika utara karena berasal dari benua Asia. Introduksi dan diikuti pelepasan parasitoid *Binodoxys communis* (Gahan) (Hymenoptera: Braconidae) dilakukan pada tahun 2007 untuk mengendalikan hama kutudaun (Wyckhuys et al 2008).

Tungau merah *Tetranychus evansi* (Acari: Tetranychidae) belum lama terintroduksi ke Afrika dan Eropa. *Neozygites floridana* (Zygomycetes: Entomophthorales) adalah kandidat yg menjajikan untuk pengendalian hama tersebut yang banyak menyerang tanaman Solanaceae. Belum ada informasi apakah tungau yang sama juga dijumpai di Indonesia (Duarte et al. 2009).

Kita menjumpai kasus yang mirip sekarang ini, yaitu meledaknya populasi kutu *Paracoccus marginatus* Williams dan Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) mulai tahun 2008 di Indonesia (Muniappan et al. 2008) dan menyebabkan kerugian cukup tinggi pada tanaman pepaya (Ivakkdalam et al. 2010). Namun demikian kita tidak melakukan usaha pengendalian hayati klasik dengan mendatangkan musuh alami asal hama, Amerika Tengah. Beberapa penelitian mencoba menguak potensi musuh alami yang ada, misalnya dengan predator *C. coeruleus* (Pramayudi et al. 2010) dan patogen Entomophthorales (Sartiami et al. 2009; Shylena 2010) . Hama kutu putih ini sangat potensial menurunkan hasil tanaman ubikayu, ubijalar dan kacang-kacangan, sehingga harus diwaspadai keberadaannya.

Metode pengendalian hayati klasik masih terus diterapkan hingga sekarang. Dalam perdagangan global arus lalu lintas komoditas pertanian sangat beresiko mendatangkan hama dan patogen baru yang belum dikenal, yang musuhnya juga belum tersedia. Dalam pelaksanaannya, musuh alami dapat ditingkatkan kinerjanya melalui praktik budidaya yang baik (*Good Agricultural Practices/GAP*). Di samping itu, di lapangan, musuh alami sangat dipengaruhi oleh faktor lingkungan yang mungkin bisa dikontrol atau tidak. Serangga imago parasitoid sangat tergantung akan ketersediaan nektar dan ketertarikan terhadap bunga, sehingga ini sebaiknya disediakan (Bianchi dan Wackers 2008). Jackson dan Dunlap (2010) menyatakan bahwa pengembangan formulasi mikoinsektisida harus memperhatikan sisi ekologi dan lingkungan untuk memaksimalkan efikasi. Lebih dari 150 produk bioinsektisida asal cendawan telah dipasarkan dengan porsi lebih 75% berbahan aktif *M. anisopliae*, *B. bassiana*, *Isaria fumosorosea* dan *B. brongniartii*.

Teknik pelepasan musuh alami ke lapangan bergantung pada tujuan pengendalian. Pelepasan parasitoid dan patogen sering dilakukan secara inundasi, yaitu pelepasan dalam jumlah tinggi supaya cepat menekan populasi hama; biasanya dilakukan untuk tanaman semusim. Pelepasan predator sering dilakukan secara inokulasi, yaitu pelepasan dalam jumlah sedikit dengan harapan predator akan berkembang biak untuk menekan populasi hama; biasanya dilakukan untuk tanaman tahunan. Konservasi adalah teknik pengendalian hayati yang memodi-

fikasi lingkungan atau praktik budidaya untuk meningkatkan kinerja musuh alami supaya dapat menekan hama (Eilenberg *et al.* 2001)

Metode pengendalian hayati modern mendasarkan pada kekinian teknologi yang umumnya ditunjang oleh disiplin ilmu biomolekuler dan bioteknologi. Misalnya rekayasa genetika dengan memfusikan gen *Bacillus thuringensis* ke dalam beberapa tanaman pada dasarnya adalah memanfaatkan potensi bakteri itu sendiri untuk mengendalikan hama. Teknologi rekayasa genetika akhirnya berkembang melewati ranah pengendalian OPT, misalnya dimaksudkan untuk memperbaiki kualitas produk pertanian atas kandungan senyawa tertentu. Manipulasi senyawa dalam tanaman baik yang berupa a-proteic (misalnya antibiotik, alkaloid, terpena, cyanogenic glucosida) maupun yang proteic (chitinases, lectins, β -1,3 glucanases, inhibitor enzim) adalah contoh yang dapat dilakukan.

III. INOVASI TEKNOLOGI PEMANFAATAN MUSUH ALAMI

Eksplorasi. Pengendalian hayati klasik masih relevan untuk di pertahankan. Pengalaman menunjukkan bahwa hama penyakit baru selalu muncul dan tidak bisa diprediksikan. Faktor pendorong utama adalah lalulintas komoditas pertanian dan kontrol terhadap kontaminan yang berupa hama (dalam berbagai tingkat perkembangan) dan patogen yang kurang cermat dan ketat. Apabila musuh alami yang efektif dan baik belum tersedia, maka eksplorasi musuh alami harus dilakukan. Negara maju seperti Amerika Serikat bahkan mempunyai laboratorium pengendalian hayati di luar negeri (Overseas Biological Control Laboratories) di Eropa (di Montpellier, Prancis), Amerika Selatan (di Argentina), Australia (di Queensland) dan China (di Beijing). Eksplorasi musuh alami yang memenuhi syarat sebagai musuh alami yang baik memang seharusnya dilakukan bukan hanya di dalam negeri, meskipun tentu akan terasa sangat mahal. Untuk itu perlu dilakukan kolaborasi dengan institusi/lembaga di luar negeri yang berkompeten. Dihadapkan pada masalah dana penelitian, eksplorasi musuh alami di dalam negeri sendiri baik untuk dilaksanakan, mengingat Indonesia memiliki keragaman hayati yang sangat tinggi.

Eksplorasi terhadap musuh alami ini cukup banyak dilakukan oleh para peneliti di lembaga penelitian maupun perguruan tinggi. Eksplorasi bukan hanya dilakukan terhadap parasitoid, predator dan patogen hama, tetapi juga dilakukan terhadap organisme antagonis terhadap patogen tanaman. Sebagai teladan adalah penggunaan cendawan *Lecanicillium lecanii* (*Hypocreales: Cordycipitaceae*) untuk mengendalikan kepik pengisap polong kedelai (Prayogo 2005) dan bakteri kitinolitik untuk hama boktor tebu *Dorysthenes* sp. (Yuliandi 2010).

Tungau hama tetranychidae merupakan salah satu hama penting pada tanaman kacang-kacangan dan ubi-ubian, terutama komoditas ubikayu. Biddinger *et al.* (2009) menemukan Coccinellidae predator yang tidak bersifat generalis, tetapi lebih spesialis memangsa tungau Tetranychidae, yaitu genus *Stethorus* dan *Parastethorus*.

Rekayasa genetika. Rekayasa genetika dilakukan untuk mendapatkan teknologi pengendalian baru atau untuk memperbaiki kinerja musuh alami yang belum memuaskan. Di Indonesia cukup tersedia sumberdaya manusia atau

peneliti yang berkompeten dalam bidang rekayasa genetika, namun penelitian jenis ini membutuhkan biaya yang sangat mahal, sehingga penelitianpun menjadi terkendala. Di samping itu, masalah sosio-ekonomi yang mengikutinya menghambat pengembangan tanaman hasil rekayasa genetika (tanaman transgenik). Kasus kapas transgenik menjadi contoh tingkat akseptabilitas teknologi ini yang rendah oleh masyarakat.

Rekombinasi genetika bakteri *Pseudomonas fluorescens* dengan *Bacillus thuringiensis*, memungkinkan toksin *B. thuringiensis* terlindungi oleh tubuh vegetatif *P. fluorescens* yang kemudian dimatikan. Di lapangan toksin akan mudah terurai oleh deraan sinar UV, sehingga dengan teknologi ini toksin bisa lebih lama bertahan sebelum akhirnya dimakan hama. Di samping itu rekombinasi juga akan meningkatkan palatibilitas (Grace dan Ewart 1996). Tanaman kedelai diserang oleh beberapa spesies ulat Lepidoptera yang sangat mungkin untuk dikendalikan dengan insektisida berbahan aktif *B. thuringiensis*.

Tanaman transgenik α -amylase mengganggu pencernaan serangga melalui interaksi dengan enzim sejenis yang diproduksi serangga. Tanaman transgenik tahan nematoda dirakit dengan memanfaatkan enzim penghambat dan lectins yang ada di tanaman.

Virus entomopatogen, misalnya Nucleopolyhedrovirus (NPV) memerlukan waktu lama (kurang lebih seminggu) untuk membunuh inangnya; patogenisitas seperti ini dijumpai pada banyak virus patogen serangga yang disebabkan oleh keberadaan gen EGT di dalam virus. Hal ini tentu tidak menguntungkan dilihat dari sisi pengendalian hama, karena hama masih mampu merusak. Merusak gen EGT akan menyebabkan serangga cepat mati oleh infeksi NPV. Percepatan kematian serangga juga dapat dilakukan dengan mengekspresikan gen neurotoksin dari kalajengking *Androctonus australis*. Ekspresi gen neurotoksin juga dicobakan pada cendawan *Beauveria bassiana* dan *Metarhizium anisopliae*, karena cendawan ini juga tidak terlalu cepat mematikan hama (Tanada dan Kaya 1993).

Manupulasi genetik yang dilakukan terhadap cendawan entomopatogen memungkinkan cendawan menunjukkan sifat lebih baik sebagai biopestisida: meningkatkan virulensi, memperpendek waktu infeksi, mereduksi atau memperlebar spesifisitas inang, mereduksi jumlah inokulum dan persistensi, lebih toleran terhadap deraan lingkungan serta lebih tahan terhadap fungisida (St Leger dan Screen 2001).

IV. PENGENDALIAN HAYATI PATOGEN TANAMAN

Pengendalian hayati terhadap patogen sejauh ini biasanya dilakukan dengan menggunakan mikroorganisme cendawan dan bakteri. Mikroorganisme ini sering disebut sebagai agens antagonis. Pal dan Gardener (2006) meringkas mekanisme kerja organisme antagonis terhadap pathogen sasaran (Tabel 1):

Penelitian eksplorasi dan pemanfaatan organisme antagonis cukup banyak dilakukan di Indonesia. Produk cendawan antagonis juga sudah banyak diperdagangkan. Contoh agens hayati yang banyak digunakan pada Tabel 2.

Tabel 1. Tipe antagonisme interspesies dalam pengendalian hayati penyakit tanaman (Pal dan Gardener 2006)

Tipe	Mekanisme	Contoh
Antagonisme langsung	Hyperparasitisme/predasi	<i>Pasteuria penetrans</i>
		<i>Trichoderma virens</i> <i>Lysobacter enzymogenes</i> <i>Ampelomyces quisqualis</i>
Antagonisme campuran	Antibiotik	2,4-diacetylphloroglucinol Phenazines Lipopeptida siklik
	Enzim pengurai	Chitinases Glucanases Proteases
	Bahan buangan	Ammonia Karbon di oksida Hidrogen sianida
	Interferensi fisik/kimia	Menyumbat pori tanah
Antagonisme tidak langsung	Kompetisi	Konsumsi eksudat/leachates Penguasaan niche Pemanfaatan siderofore
	Induksi ketahanan inang	Kontak dg dinding sel cendawan
		Induksi melalui fitotohormon

Tabel 2. Contoh agens hayati untuk pengendalian patogen pada tanaman

Agens hayati	Target patogen	Tanaman
<i>B. subtilis</i>	Cendawan yg menyerang akar	Kacang-kacangan, kapas, kedelai
<i>Gliocladium</i>	Cendawan "damping off"	Tanaman pangan
<i>B. cepacia</i>	Rhizoctonia, Pythium dsb	Beragam
<i>P. fluorescens</i>	Cendawan, karat, "damping off"	Kedelai

Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) dan organisme endofit. Sekitar 2–5% rhizobacteria bila diinokulasikan ke tanaman akan memberikan manfaat untuk pertumbuhan tanaman; rhizobacteria ini disebut *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR). Bakteri ini ada yang dijumpai dalam jaringan tumbuhan tetapi tidak mengakibatkan infeksi yang bergejala, yang dalam hal ini disebut sebagai endofit (Kloepper dan Schroth 1978, diacu dalam Antoun dan Prevost 2006). Organisme endofit bukan hanya bakteri, tetapi juga meliputi organisme lain seperti cendawan.

Cendawan *B. bassiana* (Bals.-Criv.) Vuill. (Ascomycota : Hypocreales) dan *Lecanicillium* (Ascomycota: Hypocreales) dapat melakukan aktifitas sebagai endofit. *B. bassiana* aktif terhadap patogen *Pythium*, *Rhizoctonia* dan *Fusarium* dengan memproduksi metabolit dan dapat mengkolonisasi tanaman monokotil dan dikotil. *Lecanicillium* aktif terhadap penyakit embun tepung (*powdery mildew*) dan karat daun. Kedua penyakit ini banyak di jumpai pada tanaman kedelai. Mekanismenya melalui mikoparasitisme dan induksi resistensi (Ownley dan Gwinn 2010). Kedua jenis agens antagonis ini adalah jenis cendawan

entomopatogen yang juga dapat digunakan untuk mengendalikan hama pada tanaman kedelai (Santoso *et al.* 2009).

Beberapa contoh kiat peningkatan kinerja musuh alami

1. Untuk keperluan pengendalian hama, umumnya cendawan entomopatogen ditumbuhkan dengan menggunakan media semipadat dan menghasilkan konidia udara, karena cara ini mudah dilakukan. Konidia juga lebih tahan dalam penyimpanan suhu kamar dibandingkan dengan blastospora. Akan tetapi, blastospora lebih cepat berkecambah dibandingkan dengan konidia. Untuk pengendalian hama yang mengalami pergantian kulit beberapa kali dengan waktu cukup cepat, penggunaan blastospora sebagai propagul untuk perlakuan akan lebih menguntungkan. Propagul yang lambat berkecambah akan lepas dari tubuh serangga bersamaan dengan tanggalnya kulit lama serangga (Vega *et al.* 1999).
2. Waktu mortalitas hama akibat perlakuan cendawan entomopatogen tidak secepat bakteri, apalagi bila dibandingkan dengan insektisida kimia. Pencampuran cendawan *B. bassiana* dengan spinosad pada dosis subletal bersifat kompatibel terhadap hama ulat grayak (Gosselin *et al.* 2009).
3. Sinar putih akan lebih merangsang konidiogenesis, merangsang pembentukan konidiofora yang pada gilirannya akan memperbanyak konidia *B. bassiana* (Zhang *et al.* 2009).
4. Cendawan entomopatogen *L. lecanii* dapat terganggu perkembangannya oleh fungisida benomyl (Santoso *et al.* 2009). Bila pada suatu lahan akan diaplikasikan sekaligus cendawan entomopathogen padahal fungisida benomyl untuk mengendalikan penyakit golongan cendawan, juga harus diaplikasikan, maka keefektifan cendawan entomopatogen akan berkurang. Melalui teknik elektroporasi dan perlakuan polyethylene glycol, Sandhu *et al.* (2001) memperoleh cendawan *B. bassiana* transformant yang tahan terhadap benomyl, tanpa kehilangan virulensi secara nyata terhadap hama perusak buah *Helicoverpa armigera*.
5. Salah satu permasalahan dalam pembiakan massal parasitoid di laboratorium adalah mencari inang alternatif yang mudah, murah dan praktis ditangani. Alim dan Lim (2009) mendemonstrasikan teknik penyimpanan telur *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae) dalam suhu dingin, sebagai inang parasitoid telur *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae); dengan cara ini ketersediaan parasitoid dalam konservasi musuh alami lebih terjamin.
6. Bahan aktif insektisida *B. thuringiensis* dan NPV adalah matriks protein yang tidak tahan terhadap deraan sinar UV di lapangan. Beberapa bahan tambahan dapat digunakan untuk melindungi dari deraan sinar UV, sehingga masa aktif bioinsektisida tersebut bisa bertahan lebih lama. Bahan seperti zat warna, arang dan senyawa gula sudah lama diketahui efektif melindungi bioinsektisida dari deraan sinar UV. Arang jelaga, pewarna pakaian dan tetes tebu dapat memperlama masa aktif NPV *Spodoptera*

litura (Santoso dan Sunjaya 1993). Demikian juga bahan asal tanaman seperti lerak dan bengkuang yang diduga potensial memperpanjang masa aktif NPV, meskipun mekanisme detilnya belum diketahui. Ibargutxi *et al.* (2008) menunjukkan bahwa senyawa *optical stilbene brightener* selain sebagai pelindung juga berperan meningkatkan infektifitas bakteri dan NPV yang ditunjukkan dengan menurunnya nilai LD/LC₅₀.

7. Selama ini di Indonesia predator Coccinellidae jarang digunakan secara inokulatif atau inundatif untuk tanaman pangan. Hodek dan Honek (2009) berpendapat bahwa serangga Hemiptera Sternorrhynca seperti kutu perisai, kutu lilin, kutu putih dan kutu loncat merupakan mangsa yang baik untuk Coccinellidae. Kutudaun, yang merupakan hama penting pada tanaman kacang-kacangan juga memungkinkan dikendalikan oleh predator Coccinellidae (Evans 2009)

Dampak samping musuh alami

Harapan terhadap penggunaan musuh alami yang berlebihan untuk pengendalian hama dapat menjadi kontra-produktif, bila dilakukan tanpa memperhatikan efek samping. Tidak selalu benar bahwa musuh alami tidak menimbulkan masalah di lingkungan, terutama apabila musuh alami baru diintroduksi ke daerah baru.

Harmonia axyridis (Coleoptera: Coccinellidae) adalah predator yang dimasukakan ke Eropa dan Amerika Utara, natif di Asia. Karena sangat rakus, statusnya menjadi spesies asing invasif, dan mengganggu spesies lokal. Predator dapat memakan serangga non-target, bahkan serangga berguna dan larva Coccinellidae lain. Di Asia predator tersebut tidak mengganggu karena populasinya terkontrol oleh parasit, predator dan pathogen simpatrik. Penelitianpun harus dilakukan untuk mengendalikan kenaikan populasi predator barutersebut. Tungau *Coccipolipus hippodamiae* ditemukan hidup sebagai ektoparasit di bawah elytra kumbang predator (Rule *et al.* 2009).

Interaksi antar cendawan entomopatogen dengan musuh alami bisa berlangsung secara sinergi atau aditif, artinya musuh alami bisa membantu transmisi dan pemencaran pathogen; tetapi interaksi juga bisa berlangsung secara antagonis. Musuh alami golongan cendawan entomophthorales dan hyphomycetes entomopathogen dapat berpengaruh negatif terhadap parasitoid dan predator, meskipun dosis yang diperlukan biasanya lebih tinggi dibandingkan dengan yang diperlukan untuk hama (Roy dan Pell 2000). Penelitian pendahuluan di laboratorium menunjukkan bahwa cendawan entomopatogen *L. lecanii* yang digunakan untuk mengendalikan hama kepik pengisap polong kedelai, dapat menginfeksi parasitoid *Trichogramma bactrae bactrae*, parasitoid telur hama penggerek polong kedelai.

DAFTAR PUSTAKA

- Alim, M.A. and U.T. Lim. 2009. Refrigeration of *Riptortus clavatus* (Hemiptera: Alydidae) eggs for the paratization by *Gryon japonicum* (Hymenoptera: Scelionidae). *Biocontrol Sci Technol* 19(3): 315-325

- Antoun, H. and D. Prevost. 2006. Ecology of Plant Growth Promoting Rhizobacteria . Di dalam: Zaki A. Siddiqui, editor. *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. Dordrecht: Springer. Hlm 1-38. E-book
- Bianchi, F.J.J.A. and F.L. Wackers. 2008. Effects of flower attractiveness and nectar availability in field margins on biological control by parasitoids. *Biol Contr* 46, 400-408.
- Biddinger, D.J., D.C. Weber and L.A. Hull. 2009. Coccinellidae as predators of mites: Stethorini in biological control. *Biol Contr* 51: 268-283
- Evans, E.W. 2009. Lady beetles as predators of insects other than Hemiptera. *Biol Contr* 51: 255-267.
- Gosselin, M.E., G. Belair, L. Simard, and J. Brodeur. 2009. Toxicity of spinosad and *Beauveria bassiana* to the black cutworm, and the additivity of sublethal doses. *Biocontrol Sci Technol* 19(2): 201-217
- Grace, J.K. and D.M. Ewart. 1996. Recombinant cells of *Pseudomonas fluorescens*: a highly palatable encapsulation for delivery of genetically engineered toxins to subterranean termites (Isoptera: Rhinotermitidae). *Letters in Appl Microbiol* 23, 183-186
- Hodek, I. And A. Honek. 2009. Scale insects, mealybugs, whiteflies and psyllids (Hemiptera, Sternorrhynca) as prey of ladybird. *Biol Contr* 51: 232-243.
- Ibargutxi, M.A., D. Munoz, A. Bernal, I. de-Esquero, and P. Caballero. 2008. Effects of optical stilbene brighteners on the insecticidal activity of *Bacillus thuringiensis* and a single nucleopolyhedrovirus on *Helicoverpa armigera*. *Biol Contr* 47, 322-327.
- Ivakdalam, L., D. Sartiami, A. Nurmansyah, dan A. Rauf. 2010. Dampak serangan hama invasif baru *Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae) pada usahatani pepaya di kabupaten Bogor. Di dalam: Perhimpunan entomologi Indonesia, editor. Seminar Nasional VI Perhimpunan Entomologi Indonesia; Bogor, 24 Juni 2010. Bogor: Perhimpunan Entomologi Indonesia, hlm 13-14. Abstr no MO-B-7.
- Jackson, M.A. adn C.A. Dunlap. 2010. Ecological considerations in producing andformulating fungal entomopathogens for use in insect biocontrol. *BioControl* 55: 129-145.
- Jenkins, N.E. and D. Grzywacz. 2000. Quality control of Fungal and Viral Biocontrol Agents-Assurance of Product Performance. *Biocontrol Sc Tech* 10, 753-777.
- Kloepper, J.W. and M.N. Schroth. 1978. Plant growth promoting rhizobacteria. Di dalam: Stat de Pathol Veg et Phytobacteriol, editor. Proc. of the 4th Intern Conf on Plant Pathogenic Bacteria Vol 2: 879-882.
- Ownley, B. H. and K.D. Gwinn. 2010. Endophytic fungal entomopathogens with activity against plant pathogens: ecology and evolution. *BioControl* 55: 113-128.
- Pal, K.K. and B.M. Gardener. 2006. Biological Control of Plant Pathogen
- Poinar, Jr. G.O. and G.M. Thomas. 1984. *Laboratory Guides to Insect Pathogens and Parasites*. New York: Plenum Press.
- Pramayudi, N., D. Hindayana, dan A. Rauf. 2010. Biologi dan pemangsaan *Curinus coeruleus* (Coleoptera: Coccinellidae) pada kutu putih pepaya,

- Paracoccus marginatus* (Hemiptera: Pseudococcidae). Dalam Perhimpunan entomologi Indonesia, editor. Seminar Nasional VI Perhimpunan Entomologi Indonesia; Bogor, 24 Juni 2010. Bogor: PEI, hlm14. Abstr no MO-B-8.
- Prayogo, Y. 2009. Kajian cendawan entomopatogen *Lecanicillium lecanii* (Zimm.) (Viegas) Zare & Gams untuk menekan perkembangan telur hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (F.) (Hemiptera: Alydidae) [disertasi]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Inst Pert Bogor.
- Roy, H.E. and J.K. Pell. 2000. Interactions Between Entomopathogenic Fungi and Other Natural Enemies: Implications for Biological Control. *Biocontrol Sci Tech* 10, 737-752.
- Sandhu, S.S., S.E. Unkles, R.C. Rajak, and J.R. Kinghorn. 2001. Generation of benomyl resistant *Beauveria bassiana* strains and their infectivity against *Helicoverpa armigera*. *Biocontrol Sci Tech* 11: 245-250
- Santoso, T., Y. Prayogo, dan Marwoto. 2009. Pengembangan teknologi pengendalian hama pengisap polong kedelai *Riptortus linearis* (Hemiptera: Alydidae) dengan menggunakan agens hayati cendawan entomopatogen *Verticillium lecanii*. Laporan hasil penelitian. IPB-Badan Litbang Pertanian. (tidak dipublikasikan)
- Santoso, T. dan Sunjaya. 1993. Studi aplikasi dan persistensi Nuclear Polyhedrosis Virus *Spodoptera litura* di lapangan. Laporan penelitian, Ditjen Dikti. (tidak dipublikasikan)
- Sartiami, D., Dadang, R. Anwar, dan I.R. Harahap. 2009. Persebaran hama baru *Paracoccus marginatus* di provinsi Jawa Barat, Banten dan DKI Jakarta. Di dalam: Pusat Kajian PHT, editor. *Prosiding Seminar Nasional Perlindungan Tanaman*; Bogor, 5-6 Agustus 2009. Bogor: Pusat Kajian PHT, hlm 453-462.
- Shylena, Y. 2010. Potensi cendawan Entomophthorales dalam mengendalikan kutu putih papaya *Paracoccus marginatus* Williams & Granara de Willink (Hemiptera: Pseudococcidae) di lapangan [skripsi]. Bogor: Fak Pert, Inst Pert Bogor.
- St. Legar, R. and S. Screen. 2001. Prospect for Strain Improvement of Fungal Pathogens of Insects and Weeds. Di dalam Butt TM, Jackson C, Magan N, editor. *Fungi As Biocontrol Agents. Progress, Problems and Potential*. Wallingford: CABI Publ, hlm 219-237
- Tanada, Y. and H.K.Kaya. 1993. *Insect Pathology*. San Diego: Acad Press Inc.
- USDA ARS. 2010. Overseas Biological Control Laboratories. <http://www.ars.usda.gov/research/docs.htm?docid=1848>[5 Nov 2010]
- Vega, F.E., M.A. Jackson, and M.R. Mc-Guire. (1999). Germination of conidia and blastospores of *Paecilomyces fumosoroseus* on the cuticle of the silverleaf whitefly, *Bemisia argentifolii*. *Mycopathologia* 147: 33-35
- Yuliadi, D. 2010. Eksplorasi bakteri kitinolitik sebagai agens pengendali hama boktor *Dorysthenes* sp. (Coleoptera: Cerambycidae) pada tanaman tebu [tesis]. Bogor: Sekolah Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.
- Zhang, Y.J., Z.H. Li, Z.B. Luo, J.Q. Zhang, Y.H. Fan, and Y. Pei. 2009. Light stimulates conidiation of the entomopathogenic fungus *Beauveria bassiana*. *Biocontrol Sci and Technol* 19(1): 91-101.