

Pemanfaatan Endofit Sebagai Agensia Pengendali Hayati Hama dan Penyakit Tanaman

The use of Endophytes as Biocontrol Agents for Pests of Crops

Titiek Yulianti

Balai Penelitian Tanaman Pemanis dan Serat
Jln. Raya Karangploso Kotak Pos 199, Malang
E-mail: balittas@litbang.deptan.go.id

Diterima: 7 Januari 2013

disetujui: 30 April 2013

ABSTRAK

Endofit merupakan mikroorganisme (bakteri, jamur, atau aktinomisetes) yang hidup dan berkoloni di dalam jaringan inang tanpa menimbulkan efek negatif, bahkan banyak memberi keuntungan terhadap inangnya. Salah satu keuntungannya adalah sebagai agensia pengendali hayati baik untuk serangga hama maupun patogen penyebab penyakit tanaman. Sebagai agensia hayati, endofit dapat mengurangi kerusakan tanaman oleh serangga, nematoda, atau patogen penyebab penyakit melalui induksi ketahanan tanaman. Selain itu endofit juga dapat berfungsi sebagai agensia hayati melalui interaksi antagonis dan kompetisi. Dalam artikel ini akan dibahas kemampuan endofit sebagai agensia hayati serangga hama dan patogen; mekanisme yang berlangsung; serta aplikasi endofit dalam dunia pertanian, khususnya tanaman perkebunan.

Kata kunci: endofit, agensia hayati, PHT

ABSTRACT

Endophytes are recognized as microorganisms (bacteria, fungi, or actinomycetes), living and colonizing within host tissues without causing any harm, but giving many benefits to their host. One of the advantages is their role as biocontrol agents for insect pest or plant pathogen. As biocontrol agents, endophytes could reduce plant damage by insects, nematodes, and pathogens through induction for plant resistant mechanisms. Endophytes can also act as biocontrol agents through antagonistic and competition interactions. This article reviews the ability of endophytes as biocontrol agents for insect pest and plant pathogen, the mechanism, and application of endophytes in agriculture, particularly in estate crops.

Keywords: endophyte, biocontrol agent, IPM

PENDAHULUAN

Pengendalian hayati terhadap hama dan penyakit tanaman dengan menggunakan musuh alami, seperti predator, parasitoid, patogen, maupun antagonis telah lama dicangkan sebagai salah satu komponen pengendalian hama dan penyakit terpadu. Pengendalian ini populer seiring dengan meningkatnya perhatian masyarakat terhadap kesehatan dan kelestarian lingkungan. Namun, agensia hayati tersebut seringkali kurang mampu

diaplikasikan dalam skala komersial meskipun pada awalnya kemampuannya sangat menjanjikan. Penyebabnya adalah agensia tersebut sering tidak mampu beradaptasi di lingkungan yang baru atau kurang mampu bersaing dengan mikroorganisme yang telah lama menghuni lingkungan tersebut. Selain itu, pemeliharaan penyimpanan dalam waktu yang lama cenderung membuat agensia tersebut tidak stabil (Weller 1988).

Agensia hayati yang mempunyai kemampuan relatif lebih baik daripada yang lain

adalah endofit. Compants *et al.* (2005) dalam reviewnya menyatakan bahwa penggunaan bakteri endofit sebagai agensia hayati, terutama yang memiliki kelebihan sebagai perangsang tumbuh, lebih baik dibanding mikroorganisme yang hidup bebas. Keterikatan endofit dengan inangnya, memberikan keuntungan lebih bagi endofit dibanding agensia hayati lainnya karena mereka tidak harus bersaing dalam ekosistem yang baru dan kompleks (Chen *et al.* 1995; Buren *et al.* 1993). Di samping itu, endofit seringkali memiliki peran lebih dari satu, misalnya sebagai perangsang tumbuh, pemicu inang untuk memproduksi fitoaleksin, bertahan dalam kondisi stres, sekaligus sebagai agensia pengendali secara langsung. Siddiqui & Shaukat (2003) menambahkan bahwa endofit memiliki enam kelebihan sebagai agensia hayati, yaitu (1) mudah dibiakkan secara *in vitro*; (2) mudah diaplikasikan, misalnya melalui biji; (3) dapat mengurangi kerusakan akar lebih awal; (4) terhindar dari kompetisi dengan mikroba lain dan memiliki kemampuan dalam mempengaruhi tanaman merespon serangan parasit; (5) tidak menghasilkan racun terhadap tanaman, bahkan menghasilkan hormon perangsang tumbuh; dan (6) tergantung terhadap eksudat akar dalam perkembang-biakkannya.

PEMANFAATAN ENDOFIT SEBAGAI AGENSIA HAYATI

Peran endofit sebagai agensia hayati mulai banyak diteliti sejak diketahui adanya fenomena mengenai kemampuan tanaman dalam menghadapi stres biotik maupun abiotik terkait dengan keberadaan endofit di dalam jaringannya (Sturz *et al.* 2000). Awalnya, Webber (1981) melaporkan terjadinya penurunan penyebaran penyakit *Dutch* pada pohon elm yang disebabkan oleh *Ceratocystis ulmi*. Setelah diteliti, ternyata vektor penyebar penyakit ini, yaitu kumbang *Physocnemum brevilineum* yang juga menyerang pohon elm populasinya menurun akibat racun yang dihasilkan oleh jamur endofit *Phomopsis oblonga*. Di bidang penya-

kit, Sturz & Matheson (1996) melaporkan terjadinya peningkatan tingkat resistensi kentang terhadap serangan *Erwinia carotovora* var. *atroseptica* karena adanya bakteri endofit yang mengoloni umbi kentang. Sekitar dua puluh tahun terakhir, banyak dilaporkan peran endofit yang ternyata lebih kompleks dari yang diketahui sebelumnya. Rodriguez *et al.* (2009) melaporkan bahwa endofit menghasilkan berbagai senyawa bioaktif yang membantu tanaman menghadapi stres biotik dan abiotik.

Endofit yang berperan sebagai agen pengendali hayati terdiri atas golongan bakteri, jamur, dan aktinomisetes. Kelompok bakteri endofit antara lain dari genus *Bacillus*, *Pseudomonas*, dan *Burkholderia*. Bakteri-bakteri tersebut dikenal menghasilkan antibiotik, antikanker, antijamur, antivirus, senyawa volatil, bahkan insektisida (Lodewyckx *et al.* 2002). Kelompok jamur endofit yang berperan sebagai agen pengendali hayati antara lain adalah *Fusarium solani*, *Acremonium zeae*, *Verticillium* sp., *Phomopsis cassiae*, *Muscodor albus*, *Periconia* sp., *Ampelomyces* sp., *Neotyphodium lolii*, dll. (Gao *et al.* 2010). Kelompok aktinomisetes endofit kebanyakan berasal dari *Streptomyces*, *Nocardiosis*, *Streptosporangium*, *Actinomadura*, *Nocardia*, *Rhodococcus*, *Microclonus*, dan *Luteococcus* yang 20–43% strainnya mampu menghasilkan antibiotik (Azevedo *et al.* 2000).

Mekanisme endofit dalam melindungi tanaman terhadap serangan serangga ataupun patogen meliputi: (1) penghambatan pertumbuhan patogen secara langsung melalui senyawa antibiotik dan enzim litik yang dihasilkan; (2) penghambatan secara tidak langsung melalui perangsangan endofit terhadap tanaman dalam pembentukan metabolit sekunder seperti asam salisilat, asam jasmonat, dan etilene yang berfungsi dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan patogen atau yang berfungsi sebagai antimikroba seperti fitoaleksin; (3) perangsangan pertumbuhan tanaman sehingga lebih tahan terhadap serangan patogen; (4) kolonisasi jaringan tanaman sehingga patogen sulit penetrasi; dan

(5) hiperparasit (Gao *et al.* 2010). Terkadang dalam suatu komunitas endofit beberapa jenis endofit bekerja bersama-sama dengan mekanisme yang berbeda dalam mengendalikan serangga herbivora ataupun patogen penyebab penyakit. Chen *et al.* (1995) berhasil mengisolasi 170 strain bakteri endofit dari jaringan tanaman kapas, 40 strain bersifat sebagai antagonis patogen rebah kecambah kapas (*Rhizoctonia solani*), dan 25 strain mampu menginduksi kekebalan tanaman mentimun terhadap serangan *Colletotrichum orbiculare*. Zehnder *et al.* (1997) melaporkan bahwa bakteri endofit yang berasal dari perakaran mentimun menurunkan kemampuan inangnya memproduksi *cucurbitacin*, yang merupakan senyawa penarik kumbang untuk makan daun mentimun. Dengan demikian, endofit tersebut mampu merubah perilaku makan kumbang tersebut.

PENGARUH ENDOFIT TERHADAP SERANGGA HAMA DAN NEMATODA

Endofit mengurangi kerusakan tanaman dari serangan serangga herbivora melalui penghindaran (penolakan): pengurangan nafsu makan, penurunan kecepatan pertumbuhan/perkembangan, serta penurunan oviposisi, dan ketahanan hidup, sehingga populasi serangga turun. Hal tersebut seringkali disebabkan adanya senyawa bioaktif yang beracun yang dihasilkan oleh endofit (Wikipedia 2012). Ada empat kelompok senyawa bioaktif yang berfungsi sebagai racun bagi serangga, yaitu peramin, ergovalin, indole diterpenoids, dan lolin (Caradus 2012). Peramin mencegah kum-

bang *Listronotus bonariensis* meletakkan telur dan makan pada tanaman inang, namun belum diketahui pengaruhnya terhadap herbivora lainnya. Lolitrem B selain bersifat neuro toksik (Rowan & Gaynor 1986), juga menurunkan nafsu makan larva kumbang *L. bonariensis* namun pertumbuhan tanaman inang terhambat. Ergovalin berfungsi meningkatkan ketahanan tanaman inang terhadap serangan kumbang hitam, namun menyebabkan tanaman mengalami stres panas, terutama pada daerah yang memiliki iklim panas dan lembap (Anonim 2012a). Lolin berpengaruh terhadap perilaku dan makan serangga sehingga menurunkan bobot badan (Azevedo *et al.* 2000). Saat ini New Zealand sedang mengembangkan strain baru jamur endofit yang tidak memiliki keempat bioaktif tersebut di atas, tetapi memproduksi senyawa bioaktif baru, yaitu epoxy-janthitrems. Senyawa ini memberi perlindungan kepada tanaman inang dari berbagai jenis serangga hama mulai dari jenis kumbang sampai kelompok aphid dan homoptera lainnya (Anonim 2012a).

Sementara itu, mekanisme endofit dalam mengendalikan nematoda parasit tanaman ada dua, yaitu: antagonisme langsung dan induksi ketahanan tanaman terhadap serangan nematoda parasit. Kolonisasi endofit dalam jaringan akar selain mempersempit ruang bagi nematoda (kompetisi ruang), juga racun yang dihasilkan atau senyawa yang menginduksi ketahanan tanaman (Siddiqui & Shaukat 2003). Endofit yang digunakan mengendalikan serangga dan nematoda dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Endofit yang digunakan mengendalikan serangga dan nematoda

No	Nama endofit	Tanaman inang	Serangga yang terpengaruh	Efek terhadap serangga	Reference
1	<i>Beauveria bassiana</i>	Cokelat (<i>Theobroma cacao</i>) Jagung (<i>Zea mays</i>)	<i>Conopomorpha cramerella</i> <i>Ostrinia nubilalis</i>	Perilaku makan berkurang, berat badan serangga turun Perilaku makan berkurang, berat badan serangga turun	Arnold & Lewis (2005) Bing & Lewis (1991)
2	<i>Neotyphodium uncinatum</i>	<i>Festucaprantes</i>	Hampir semua herbivor	Insektisidal	Gao <i>et al.</i> (2010)
3	<i>Fusarium moniliforme</i>	Padi	<i>Meloidogyne graminicola</i>	Mencegah penetrasi, mempengaruhi sex rasio (jantan lebih banyak), menurunkan produksi telur, dan meningkatkan kekebalan tanaman	Huong (2010)

Kloepper *et al.* (1992) melaporkan ada beberapa strain bakteri endofit *Burkholderia cepacia* dan *B. gladioli* yang merupakan antagonis bagi nematoda puru akar dan nematoda kista pada kedelai, sedangkan *Pseudomonas chloraphis*, dilaporkan Hackenberg *et al.* (2000) sebagai antagonis terhadap nematoda lesi akar. Kelebihan pemanfaatan endofit sebagai agensia hayati serangga adalah, senyawa kimia yang dihasilkan umumnya bersifat spesifik, tidak semua serangga terpengaruh, bahkan stadia pertumbuhan serangga juga memiliki tingkat sensitivitas yang berbeda. Umumnya, stadia larva lebih sensitif dibanding stadia dewasa (Wikipedia 2012).

PENGENDALIAN PATOGEN PENYEBAB PENYAKIT TANAMAN OLEH ENDOFIT

Endofit mencegah perkembangan penyakit karena memproduksi siderofor (Kloepper *et al.* 1980), menghasilkan senyawa metabolit yang bersifat racun bagi jamur patogen (Schnider-Keel *et al.* 2000), atau terjadinya kompetisi ruang dan nutrisi (Kloepper *et al.* 1999). Endofit juga memiliki kemampuan untuk mereduksi produksi toksin yang dihasilkan oleh patogen sehingga tidak patogenik terhadap tanaman atau menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen (M'Piga *et al.* 1997). Sturz *et al.* (2000) bahkan menyatakan bahwa ada bakteri endofit yang memiliki potensi mengurangi efek penyakit yang polisiklik dengan cara memperlambat laju perkembangan penyakit.

Compants *et al.* (2005) mendaftarkan sejumlah antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri kelompok pseudomonas, yaitu amphisin, 2,4-diaasetilfloroglusinol, hidrogen sianida, oomisin, *A. phenazine*, pioluteorin, pirrolnitritin, tensin, tropolone, dan siklik lipopeptida; sedangkan yang dihasilkan oleh *Bacillus*, *Streptomyces*, dan *Stenotrophomonas* antara lain adalah: oligomisin A, kanosamine, zwittermicin A, dan xanthobasin. Untuk melengkapi, Tabel 2 menyajikan

nama endofit beserta mekanismenya dalam perannya sebagai agensia hayati.

REKAYASA GENETIKA ENDOFIT UNTUK MENGENDALIKAN HAMA DAN PENYAKIT

Salah satu metode pengendalian yang disukai adalah peningkatan ketahanan tanaman terhadap serangan serangga hama ataupun patogen tanaman. Inseri gen yang memproduksi senyawa bioaktif/beracun ke dalam tanaman adalah salah satu cara yang saat ini populer. Sebagai contoh adalah penyisipan gen *Bacillus thuringiensis* yang memproduksi δ -endotoksin ke dalam padi atau kapas untuk mengendalikan serangga hama. Namun, seringkali tanaman transgenik bermasalah dan sulit diterima, terutama bagi tanaman pangan. Kemajuan rekayasa genetika juga dapat diaplikasikan dalam mengoptimalkan peran endofit sebagai pengendalian hama dan patogen penyakit tanaman. Kelebihan endofit transgenik adalah tidak mengubah penampilan tanaman inang, namun memberi proteksi terhadapnya.

Saat ini yang paling populer adalah penggunaan gen penghasil δ -endotoksin dari *Bacillus thuringiensis* untuk disisipkan ke dalam endofit. Lampel *et al.* (1994) melaporkan bahwa bakteri endofit *Clavibacter xylii* subsp. *cynodontis* (Cxc) (syn. *Leifsonia xyli* subsp. *cynodontis*), yang telah disisipi gen *cryIA(c)* yang berasal dari *B. thuringiensis* subsp. *kurstaki* sangat beracun bagi larva penggerek batang jagung (*Ostrinia nubilalis*) ketika diuji secara *in vitro* dan memiliki aktivitas insektisidal ketika diaplikasikan pada tanaman jagung. Pada tahun 1998 Haapalainen *et al.* (1998) menyisipkan gen β -1,3-glucanase ke dalam Cxc untuk meningkatkan ketahanan tanaman padi dan jagung dari serangan patogen. Herrera *et al.* (1994) memasukkan gen tersebut ke dalam bakteri endofit tebu, *Pseudomonas fluorescens* untuk mengendalikan penggerek batang tebu *Eldana saccharina*. Tanaman tebu yang

Tabel 2. Endofit yang digunakan mengendalikan patogen penyebab penyakit

No	Nama endofit	Tanaman inang	Patogen yang terpengaruh	Efek terhadap patogen	Reference
1.	<i>Bacillus lentimorbus</i>	- Kentang	<i>Botrytis cinerea</i> <i>Fusarium sambucinum</i>	α dan β -glucosidase yang dihasilkan endofit bersifat antijamur	Kim <i>et al.</i> (2002) Sadfi <i>et al.</i> (2001)
2.	<i>B. cereus</i>	Kapas, jagung, jeruk	<i>F. sambucinum</i> <i>Rhizoctonia solani</i> <i>Helminthosporium solani</i> , <i>Sclerotium rolfsii</i> , <i>Fusarium oxysporum</i> , dan <i>Pythium aphanidermatum</i>	Kitinase yang dihasilkan mendegradasi dinding sel jamur	Sadfi <i>et al.</i> (2001) Ryder <i>et al.</i> (1999) Martinez <i>et al.</i> (2002)
3.	<i>Bacillus</i>	Kapas	<i>R. solani</i>	meningkatkan sistem pertahanan tanaman inang melalui produksi enzim-enzim β -1-3-glucanase, peroksidase, polifenol oksidase, fenilalanin amoniliasa dan fenol; antibiosis	Rajendran & Samiyappan (2008)
4.	<i>B. subtilis</i> ZZ120	Lada	<i>F. graminearum</i> , <i>R. solani</i> , <i>Alternaria alternata</i> , <i>C. Parasitica</i> , dan <i>G. glycines</i>	Iturin yang dihasilkan bersifat antibiosis	Li <i>et al.</i> (2012)
5.	<i>Burkholderia</i> spp.	Tebu	<i>Ustilago scitaminea</i> , <i>Fusarium</i> spp.	Antibiosis	Van Antwerpen <i>et al.</i> (2002)
6.	<i>Burkholderia</i> spp.	Tebu	<i>Ustilago scitaminea</i>	Kitinase yang dihasilkan mendegradasi dinding sel	Omarjee <i>et al.</i> 2004
7.	<i>Gluconacetobacter diazotrophicus</i>	Tebu	<i>Xanthomonas albilineans</i>	Menghambat produksi xanthan	Blanco <i>et al.</i> 2010
8.	<i>Pantoea dispersa</i>	Tebu	<i>X. albilineans</i>	Detoksifikasi albicidin	Zhang & Birch (1997)
9.	<i>Pseudomonas</i> spp.; <i>Serratia</i> spp.	<i>Brassica napus</i> tomat	<i>Verticillium dahliae</i> , <i>F. oxysporum</i>	Antibiosis, PGPR	Nejad & Johnson (2000)
10.	<i>Piriformospora indica</i>	Gandum	<i>F. culmorum</i>	Induksi ketahanan melalui hiperreaksi	
11.	<i>Colletotrichum gloeosporioides</i> , <i>Clonostachys rosea</i> , <i>Botryosphaeria ribis</i>	Cokelat	<i>Moniliophthora roreri</i> , <i>Phytophthora palmivora</i> , <i>Moniliophthora perniciosa</i>	Antibiosis dan kompetisi	Mejia <i>et al.</i> (2008)
12.	<i>Acremonium strictum</i>	Kentang	<i>Helminthosporium solani</i>	mikoparasit	Rivera Varas <i>et al.</i> (2007)
13.	<i>Epicoccum nigrum</i>	Tebu	<i>F. verticillioides</i> , <i>Colletotrichum falcatum</i> , <i>Ceratocystis paradoxa</i> , <i>X. albilineans</i>	Antibiosis	Favaro <i>et al.</i> (2012)
14.	<i>Acremonium zeae</i>	Jagung	<i>Aspergillus flavus</i> , <i>F. verticillioides</i>	Pyrrocidines A, B yang dihasilkan bersifat antijamur	Wicklow <i>et al.</i> (2005)
15.	<i>Streptomyces aureofaciens</i> CMUAc130	Pisang, gandum	<i>Colletotrichum musae</i> dan <i>Fusarium oxysporum</i> , <i>Candida albicans</i>	antijamur	Taechowisan & Lumyong (2003)
16.	<i>Streptomyces</i> TP-A0569	Brassicaceae	<i>Alternaria brassicicola</i>	Fistupyrene yang dihasilkan bersifat antijamur	Igarashi <i>et al.</i> (2000)
17.	<i>Streptomyces</i> sp. A35-1 (NRRL 30566)	-	<i>Botrytis</i> sp., <i>Alternaria</i> sp., <i>Helminthosporium</i> sp., dan <i>Pythium ultimum</i>	Kakadumycin A yang dihasilkan bersifat antijamur	Joseph <i>et al.</i> (2012)

diberi bakteri endofit *P. fluorescens* transgenik tersebut lebih tahan dari serangan *E. saccharina* dalam skala rumah kaca. Percobaan dilanjutkan oleh Downing *et al.* (2000) dengan memasukkan gen *cry1Ac7* dari *B. thuringiensis* strain 234 ke dalam bakteri endofit tebu *Her-*

baspirillum seropedicae. Inseri ini menyebabkan pertumbuhan larva *E. saccharina* dalam batang tebu yang mengandung endofit tersebut terhambat.

Meskipun cukup banyak kemajuan yang telah dicapai para peneliti dalam meningkat-

kan kemampuan endofit melalui rekayasa genetika, ada beberapa hal yang perlu dicermati untuk meningkatkan keberhasilan penggunaannya. Pertama, endofit harus berada atau paling tidak mampu menyalurkan faktor pengendali ke tempat di mana serangga atau patogen berada. Kedua, endofit yang digunakan tidak merugikan atau berpengaruh negatif terhadap inangnya. Ketiga, endofit yang digunakan mudah menerima gen yang akan disisipkan dan mampu mengekspresikannya secara stabil dalam kurun waktu yang lama, sehingga mampu berfungsi seperti yang dikehendaki (Lodewyckx *et al.* 2002). Keempat, endofit hasil rekayasa ini harus lebih mampu berkompetisi, terutama dengan endofit endogenous atau tipe liarnya (Azevedo *et al.* 2000).

APLIKASI ENDOFIT DALAM PERTANIAN

Sebagaimana diuraikan di atas, endofit memiliki prospek yang baik sebagai agensia hayati bagi serangga hama maupun patogen penyakit tanaman. Dalam aplikasinya, endofit bisa digunakan dalam mengurangi populasi patogen melalui tanaman perotasi. Sebagai contoh, tanaman kara benguk (*Mucuna deeriana*) dijadikan sebagai tanaman perotasi untuk mengendalikan nematoda karena mengandung bakteri endofit yang mampu menghambat penetrasi dan perkembangan populasi nematoda *Meloidogyne* spp. (Kloepper *et al.* 1999).

Metode introduksi endofit ke dalam tanaman inang bisa melalui biji atau saat *transplanting*. Endofit daun bisa juga diinokulasikan melalui daun untuk mengendalikan patogen penyakit daun. Arnold *et al.* (2003) menyemprot daun kakao dengan tiga jenis endofit (*Colletotrichum*, *Xylaria*, dan *Fusarium/Nectria*) yang diketahui merupakan antagonis terhadap *Phytophthora* penyebab busuk daun kakao. Hasilnya, lebih dari 82–100% endofit ditemukan pada seluruh daun kakao sampai 100 hari setelah inokulasi dan mengurangi ting-

kat kematian/nekrosis daun 2,8 kali dibanding kontrol. Semakin tua daun, semakin banyak populasi endofit, menunjukkan endofit mampu berkembang biak pada permukaan daun.

Introduksi endofit melalui kultur jaringan merupakan metode introduksi yang terbaik karena jauh lebih ekonomis dibandingkan aplikasi di lapangan. Jumlah inokulum yang diaplikasikan jauh lebih sedikit jika dibandingkan dengan pemberian di lapangan. Pertumbuhan endofit di dalam kultur jaringan akan lebih cepat karena lingkungannya relatif lebih steril sehingga kompetisi hampir tidak ada dan endofit lebih terlindungi baik dari fluktuasi iklim, pH, maupun kelembapan. Selain itu, endofit tidak perlu beradaptasi di lingkungan yang baru sehingga mempercepat perkembangan dan kolonisasinya.

Meskipun endofit lebih sering berasosiasi dengan inang yang spesifik, dan interaksi antara endofit dengan patogen cenderung kompleks dan spesifik juga (Arnold *et al.* 2003), tidak tertutup kemungkinan endofit yang berasal dari inang lain atau bagian tanaman yang lain mampu mengkoloni inang atau bagian tanaman yang lain (Compants *et al.* 2005). Sebagai contoh, Taechowisan & Lumyong (2003) mengisolasi kelompok aktinomisetes endofit dari tanaman jahe dan lengkuas untuk mengendalikan jamur pada pisang dan gandum. Kondisi ini memberi harapan bahwa endofit yang memiliki sifat antijamur atau antibakteri berspektrum luas dapat diaplikasikan ke tanaman lain. Kemajuan yang cukup pesat diperoleh peneliti Cina (Anonim 2012b) yang memasukkan gen aglutinin yang berasal dari tanaman *Pinellia ternate* ke dalam endofit *Chaetomium globosum* YY-11 yang diperoleh dari tanaman *rape* (*Brassica napus*), *Enterobacter* sp. SJ-10, dan *Bacillus subtilis* WB yang diperoleh dari bibit padi. Aglutinin yang berasal dari *P. ternate* bersifat insektisidal baik terhadap lepidoptera, belalang, maupun kelompok serangga pengisap (aphids). Endofit-endofit transgenik tersebut mampu mengkolonisasi tanaman selain inang asalnya, seperti kapas, padi, gandum, kubis, *rape*, dan lobak.

PROSPEK PEMANFAATAN ENDOFIT DI INDONESIA

Pengendalian hama ataupun patogen penyebab penyakit tanaman melalui pendekatan ekologi dan ramah lingkungan sangat penting untuk menjaga kelestarian lingkungan dan keberlangsungan pertanian di Indonesia tanpa harus menurunkan produktivitasnya. Di Indonesia, pemanfaatan endofit sebagai agensia hayati belum banyak diteliti. Sebagai negara yang memiliki keragaman hayati tinggi, eksplorasi dan pemanfaatan endofit sebagai agensia hayati sudah saatnya ditingkatkan untuk mendukung program pengendalian hama/penyakit terpadu. Sebagai contoh, *Beauveria bassiana* merupakan entomopatogen beberapa serangga hama tanaman pisang, kacang-kacangan, kakao, kopi, jagung, kapas, kurma, yute, labu, pinus, sorgum, tomat, dan gandum. Sebagai endofit jamur ini dapat diinokulasi baik melalui tanah, biji, radikel, rizom, batang, atau disemprotkan pada daun dan bunga (Parsa *et al.* 2013). Dilihat dari kemampuannya sebagai endofit pada berbagai inang dan kemampuannya mengendalikan berbagai jenis hama, *B. bassiana* sangat prospektif dikembangkan sebagai biopestisida untuk beberapa tanaman perkebunan terutama yang memiliki umur panjang seperti tebu.

PENUTUP

Endofit mempunyai prospek yang baik sebagai agensia hayati, baik untuk serangga hama maupun untuk patogen penyebab penyakit tanaman karena mereka tidak harus bersaing dalam ekosistem yang baru dan kompleks. Kelebihan lainnya, terkadang endofit juga mampu sebagai perangsang tumbuh, pemicu inang untuk memproduksi fitoaleksin, bertahan dalam kondisi stres.

Endofit mengurangi kerusakan tanaman dari serangan serangga hama melalui penghindaran (penolakan): pengurangan nafsu makan, penurunan kecepatan pertumbuhan/per-

kembangan, serta penurunan oviposisi, dan ketahanan hidup, karena menghasilkan senyawa beracun. Mekanisme edofit dalam mengendalikan nematoda parasit tanaman melalui antagonisme langsung atau induksi ketahanan tanaman terhadap serangan nematoda parasit.

Perkembangan penyakit dapat dihambat oleh endofit karena adanya siderofor atau senyawa metabolit yang beracun bagi patogen, atau terjadinya kompetisi ruang dan nutrisi, mereduksi produksi toksin yang dihasilkan oleh patogen sehingga tidak patogenik terhadap tanaman atau menginduksi ketahanan tanaman terhadap serangan patogen.

UCAPAN TERIMA KASIH

Kepada Prof. Ir. Nurindah, Ph.D. dan Ir. Djajadi, M.Sc.,Ph.D. penulis mengucapkan terima kasih atas saran dan masukkannya.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim 2012a, *Novel endophyte technologies*, Understanding the Science, Creating value through unique plant opportunities, diakses pada 28 Desember 2012, (<http://www.grasslanz.com/UnderstandingtheScience/novelendophytetechnologies.aspx>).
- Anonim 2012b, *Controlling sap-sucking insect pests with recombinant endophytes expressing plant lectin*, diakses pada 28 Desember 2012, (<http://www.grasslanz.com/UnderstandingtheScience/novelendophytetechnologies.aspx>).
- Antwerpen, T van, Rutherford, RS & Vogel, JL 2002, Assessment of sugarcane endophytic bacteria and rhizospheric *Burkholderia* species as antifungal agents, *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.* 76:301–304.
- Arnold, AE, Meji'a, LC, Kyllö, D, Rojas, EI, Maynard, Z, Robbins, N, Herre, EA 2003, Fungal endophytes limit pathogen damage in a tropical tree, *Proceeding of the National Academy of Sciences* 100:15.649–15.654.
- Arnold, AE & Lewis, LC 2005, Ecology and evolution of fungal endophytes, and their roles against insects, *In: Vega, FE & Blackwell, M eds. Insect-fungal associations: ecology and*

- evolution*, New York, Oxford University Press, p. 74–96.
- Azevedo, JL, Maccheroni Jr, W, Pereira, JO, Luiz de Araújo, W 2000, Endophytic microorganisms: a review on insect control and recent advances on tropical plants, *Electronic Journal of Biotechnology* 3(1):40–65.
- Bing, LA & Lewis, LC 1991, Suppression of *Ostrinia nubilalis* (Hübner) (Lepidoptera: Pyralidae) by endophytic *Beauveria bassiana* (Balsamo) Vuillemin, *Environ. Entomol.* 20:1207–1211.
- Blanco Y, Legaz, ME & Vicente, C 2010, *Gluconacetobacter diazotrophicus*, a sugarcane endophyte, inhibits xanthan production by sugarcane-invading *Xanthomonas albilineans*, *Journal of Plant Interactions* 5:241–248.
- Buren, AM van, Andre, C & Ishimaru, CA 1993, Biological control of the bacterial ring rot pathogen by endophytic bacteria isolated from potato, *Phytopathology* 83:1406.
- Caradus, J 2012, *Grass endophytes for insect management and improved pasture productivity*, Grasslanz Technology Ltd, PB 11008, Palmerston North New Zealand, diakses pada 28 Desember 2012 (www.grasslanz.com/LinkClick.aspx?fileticket%3Dm72RjgiOCK8%253D%26ta%26bid%3D58+insect+pest+endophyte&hl=en&pid=bl&srcid=ADGEEsiPhUJMgnOAFzcJu75wnrTdSmrXs7zIBOFX6pgGGFTQxfnJsXaA9OIKtDhI89KhST_al9cINCncvx2OXeCMgKSZtjqsHp1E1zKI_xKrXVDtghO_Yb4TV5apvIWWJmeYppSSF_zr&sig=AHIEtbSp1LsGsZQr7-TFFfiGIhp6PG5sIw).
- Chen, C, Bauske, EM, Musson, G, Rodríguez-Kábana, R, & Kloepper, JW 1995, Biological control of Fusarium wilt on cotton by use of endophytic bacteria, *Biol. Control* 5:83–91.
- Compants, BD, Nowak, J, Clément, C & Barka, EA 2005, Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: Principles, mechanisms of action, and future prospects, *Appl. Environ. Microbiol.* 71:4951–4959.
- Downing, KJ, Leslie, G & Thomson, JA 2000, Biocontrol of the sugarcane borer *Eldana saccharina* by expression of the *Bacillus thuringiensis cry1Ac7* and *Serratia marcescens chiA* genes in sugarcane-associated bacteria, *Appl. Environ. Microbiol.* 66:2804–2810.
- Fávaro, LCdL, Sebastianes, FLdS & Araújo, WL 2012, *Epicoccum nigrum* a sugar cane endophyte, produces antifungal compounds and induces root growth, *Plos One* 7(6):16, diakses pada 8 Agustus 2012 (e36826.doi:10.1371/journal.pone.0036826).
- Gao, FK, Dai, CC & Liu, XZ 2010, Mechanisms of fungal endophytes in plant protection against pathogens, *African Journal of Microbiology Research* 4:1346–1351, diakses pada 12 Januari 2012 (<http://www.academicjournals.org/ajmr/PDF/Pdf2010/4Jul/Gao%20et%20al.pdf>).
- Haapalainen, ML, Kobets, N, Piruzian, E & Metzler, MC 1998, Integrative vector for stable transformation and expression of 1,3-glucanase gene in *Clavibacter xyli* subsp. *Cynodontis*, *FEMS Microbiology Letters* 162:1–7.
- Hackenberg, C, Muehlchen, A, Forge, T & Vrain, T 2000, *Pseudomonas chlororaphis* strain sm3 bacterial antagonist of *Protylechus penetrans*, *Journal of Nematology* 32:183–189.
- Herrera, G, Snyman, SJ & Thomson, JA 1994, Construction of a bioinsecticidal strain of *Pseudomonas fluorescens* active against the sugarcane borer, *Eldana saccharina*, *App. Environ. Microbiol.* 60:682–690.
- Huong, LTT 2010, Activity of fungal and bacterial endophytes for the biological control of the root-knot nematode *Meloidogyne graminicola* in rice under oxic and anoxic soil conditions, PhD dissertation, The University of Bonn, 109 pp.
- Igarashi, Y, Ogawa, M, Sato, Y, Saito, N & Yoshida, R 2000, Fistupyrene, a novel inhibitor of the infection of Chinese cabbage by *Alternaria brassicicola*, from *Streptomyces* sp. TP-A0569, *Journal of Antibiotics* 53:1.117–1.122.
- Joseph, B, Sankarganesh, P, Edwin, BT & Raj, SJ 2012, Endophytic streptomycetes from plants with novel green chemistry: Review, *International Journal of Biological Chemistry* 6:42–52.
- Kim, KJA, Yang, YJ & Kim, J 2002, Production of alpha-glucosidase inhibitor by beta-glucosidase inhibitor producing *Bacillus lentimorbus* B-6, *Journal of Microbiology and Biotechnology* 12: 895–900.
- Kloepper, JW, Leong, J, Tientze, M & Schroth, MN 1980, Enhanced plant growth by siderophores produced by plant growth promoting rhizobacteria, *Nature* 286:885–886.
- Kloepper JW, Schippers, B & Bakker, PAHM 1992, Proposed elimination of the term endorhizosphere, *Phytopathology* 82:726–727.

- Kloepper, JW, Rodriguez-Ubana, R, Zehnder, GW, Murphy, JF, Sikora EA & Fernández, C 1999, Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases, *Australian Plant Pathology* 28:21–26
- Lampel, JS, Canter, GL, Dimock, MB, Kelly, JL, Anderson, JJ, Uratani, BB, Foulke Jr., JS & Turner, JT 1994, Integrative cloning, expression, and stability of the cryIA(c) gene from *Bacillus thuringiensis* subsp. *kurstaki* in a recombinant strain of *Clavibacter xyli* subsp. *Cynodontis*, *Appl. Environ. Microbiol.* 60:501–508
- Li, H, Wang, X, Han, M, Zhao, Z, Wang, M, Tang, Q, Liu, C, Kemp, B, Gu, Y, Shuang, J & Xue, Y 2012, Endophytic *Bacillus subtilis* ZZ120 and its potential application in control of re-plant diseases, *African Journal of Biotechnology* 11:231–242.
- Lodewyckx, C, Vangronsveld, J, Porteous, F, Moore, ERB, Taghavi, S, Mezgeay, M & van der Lelie, D 2002, Endophytic bacteria and their potential applications, *Critical Reviews in Plant Sciences* 21:583–606.
- Martinez C, Michaud, M, Belanger, RR & Tweddell, RJ 2002, Identification of soils suppressive against *Helminthosporium solani*, the causal agent of potato silver scurf, *Soil Biology and Biochemistry* 34:1.861–1.868.
- Mejía, LC, Rojas, EI, Maynard, Z, Bael, Svan Arnold, AE, Hebbar, P, Samuels, GJ, Robbins, N & Herre, EA 2008, Endophytic fungi as biocontrol agents of *Theobroma cacao* pathogens, *Biological Control* 46:4–14.
- M'Piga, P, Bélanger, RR, Paulitz, TC, Benhamou, N 1997, Increased resistance to *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici* in tomato plants treated with the endophytic bacterium *Pseudomonas fluorescens* strain 63-28, *Physiological and Molecular Plant Pathology* 50: 301–320.
- Nejad, P & Johnson, PA 2000, Endophytic bacteria induce growth promotion and wilt disease suppression in oilseed rape and tomato, *Biological Control* 18:208–215.
- Omarjee, J, Antwerpen, Tvan, Balandreau, J, Kuniata, L & Rutherford, S 2004, Isolation and characterisation of some endophytic bacteria from Papua New Guinea sugarcane, *Proc. S. Afr. Sug. Technol. Ass.* 78:189–194.
- Parsa, S, Ortiz, V, Vega, FE 2013. Establishing fungal entomopathogens as endophytes: Towards endophytic biological control, *Journal of Visualized Experiments* e50360:1–5, diakses pada 4 Januari 2013 (<http://dvn.iq.harvard.edu.dvn/dv/CIAT/faces/studyPage.xhtml?studid=88377&versionNumber=2>).
- Rajendran, L & Samiyappan, R 2008, Endophytic *Bacillus* species confer increased resistance in cotton against damping off disease caused by *Rhizoctonia solani*, *Plant Pathology Journal* 7: 1–12.
- Rivera-Varas, VV, Freeman, TA, Gusmestad, NC & Secor, GA 2007, Mycoparasitism of *Helminthosporium solani* by *Acremonium strictum*, *Phytopathology* 97:1.331–1.337.
- Rodriguez, RJ, White, JF, Arnold, AE & Redman, RS 2009, Fungal endophytes: diversity and functional roles, *New Phytologist* 182:314–330.
- Rowan, DD & Gaynor, DL 1986, Isolation of feeding deterrents against argentine stem weevil from ryegrass infected with the endophyte *Acremonium loliae*, *Journal of Chemical Ecology*, 12:647–658.
- Ryder, MH, Yan, Z, Terrace, TE, Rovira, AD, Tang, WH & Correll, RL 1999, Use of strains of *Bacillus* isolated in China to suppress take-all and *Rhizoctonia* root rot, and promote seedling growth of glasshouse-grown wheat in Australian soils, *Soil Biology and Biochemistry* 31:19–29.
- Sadfi, N, Cheri, M, Fliss, I, Boudabbous, A & Antoun, H 2001, Evaluation of bacterial isolates from salty soils and *Bacillus thuringiensis* strains for the biocontrol of *Fusarium* dry rot of potato tubers, *Journal of Plant Pathology* 83:101–118.
- Schnider-Keel, U, Seematter, A, Maurhofer, M, Blumer, C, Duffy, BK, Gigot-Bonnefoy, C, Reimann, C, Notz, R, Defago, G, Hass, D & Keel, C 2000, Autoinduction of 2,4-diacetylphloroglucinol biosynthesis in the biocontrol agent *Pseudomonas fluorescens* CHA0 and repression by the bacterial metabolites salicylate and pyoluteorin, *Journal of Bacteriology* 182:1.215–1.225.
- Siddiqui, IA & Shaukat, SS 2003, Endophytic bacteria: Prospects and opportunities for the biological control of plant-parasitic nematodes, *Nematol. Medit.* 31:111–120.

- Sturz, AV & Matheson, BG 1996, Populations of endophytic bacteria which influence host-resistance to *Erwinia* induced bacterial soft rot in potato tubers, *Plant Soil* 184:265–271.
- Sturz, AV, Christie, BR & Nowak, J 2000, Bacterial Endophytes: Potential role in developing sustainable systems of crop production, *Critical Reviews in Plant Sciences* 19:1–30.
- Taechowisan, T & Lumyong, S 2003, Activity of endophytic actinomycetes from roots of *Zingiber officinale* and *Alpinia galanga* against phytopathogenic fungi, *Annals. of Microbiology* 53:291–298.
- Webber, J 1981, A natural control of Dutch elm disease, *Nature* 292:449–451
- Weller, DM 1988, Biological control of soilborne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria, *Ann. Rev. Phytopathol.* 26:379–407
- Wicklow, DT, Roth, S, Deyrup, ST, Gloer, JB 2005, A protective endophyte of maize: *Acremonium zeae* antibiotics inhibitory to *Aspergillus flavus* and *Fusarium verticillioides*, *Mycol. Res.* 109(5):610–618.
- Wikipedia 2012, *Plant use of endophytic fungi in defense*, diakses pada 12 Juni 2012 (http://endofit%20as%20biocont/Plant_use_of_endophytic_fungi_in_defense.htm).
- Zabalgogezcoa, I 2008, Fungal endophytes and their interaction with plant pathogens, *Spanish Journal of Agricultural Research* 6:138–146.
- Zehnder, G, Kloepper, J, Tuzun, S, Yoa, C, Wei, G, Chambliss, O & Shelby, R 1997, Insect feeding on cucumber mediated by rhizobacteria-induced plant resistance, *Entomol. Exp. Appl.* 83:81–85.
- Zhang, L & Birch, RG 1997, The gene for albicidin detoxification from *Pantoea dispersa* encodes an esterase and attenuates pathogenicity of *Xanthomonas albilineans* to sugarcane, *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 94:9.984–9.989.