

**CENDAWAN ENDOFIT AKAR LADA UNTUK MENINGKATKAN PERTUMBUHAN DAN  
MENEKAN BUSUK PANGKAL BATANG BENIH LADA**  
*Fungal Endophytes of Pepper For Improving Growth and Suppressing  
Phytophthora capsici of pepper seedlings*

**Dono Wahyuno, Dini Florina dan Dyah Manohara**

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat  
Jalan Tentara Pelajar No. 3 Bogor 16111  
Telp 0251-8321879 Faks 0251-8327010  
[dwahyuno@yahoo.co.id](mailto:dwahyuno@yahoo.co.id)

(diterima 06 Maret 2017, direvisi 06 April 2017, disetujui 12 Mei 2017)

**ABSTRAK**

Busuk pangkal batang (BPB) merupakan penyakit tular tanah yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici*. Pemanfaatan agens hayati dianggap pendekatan yang efisien untuk penyakit BPB. Cendawan endofit mampu meningkatkan pertumbuhan dan ketahanan tanaman terhadap cekaman biotik dan abiotik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi cendawan endofit asal akar lada terhadap pertumbuhan dan kemampuannya menekan penyakit BPB pada benih lada. Cendawan endofit diperoleh dengan mengisolasi akar lada menggunakan medium akar kentang dekstroza (AKD) yang diberi kloramfenikol dan *rose bengal*. Isolat cendawan yang diperoleh dikarakterisasi dengan melakukan pengamatan morfologi, uji tantang terhadap *P. capsici* dan uji patogenisitas pada daun lada. Cendawan endofit diinokulasikan pada akar benih lada dengan cara merendam perakaran lada umur 10 minggu ke dalam suspensi cendawan endofit, kemudian ditanam dalam tanah steril untuk diamati. Kandungan hormon IAA dan GA<sub>3</sub> di dalam akar diukur menggunakan TLC scanner satu bulan setelah diinokulasi. Inokulasi *P. capsici* dilakukan dengan menyiram 50 ml suspensi zoospora (10<sup>6</sup> zoospora/ml) di perakaran lada yang sebelumnya telah diinokulasi cendawan endofit. Benih lada yang hidup diamati satu bulan setelah inokulasi. Hasil pengamatan menunjukkan enam isolat tidak berpengaruh nyata pada parameter jumlah daun, buku, dan jumlah tanaman yang mati. Benih lada yang telah diinokulasi cendawan endofit E-5, E-7 dan E-15 mempunyai bobot kering akar berturut-turut 0,83; 0,84 dan 0,81 g dan berbeda nyata dari perlakuan lainnya. Kandungan hormon IAA relatif tinggi dibanding kandungan GA<sub>3</sub> di dalam akar yang diinokulasi dengan ketiga isolat tersebut. Benih lada yang diinokulasi ketiga isolat tersebut lebih dari 80% yang hidup, pada satu bulan setelah diinokulasi *P. capsici*.

**Kata kunci:** *Piper nigrum*, *Phytophthora capsici*, IAA, GA<sub>3</sub>

**ABSTRACT**

Foot rot disease (FRD) is soil-borne disease caused by *Phytophthora capsici*. Biocontrol agent application is considered efficient controlling FRD. Endophytic fungi were reported enhancing plant vigor and resistance against biotic and abiotic stress. The study aimed to assess endophytic fungi ability on promoting growth and reducing FRD incidence of pepper seedling. Endophytic fungi were isolated from root of healthy pepper using PDA medium supplemented by chloramphenicol and rose bengal. The isolates were characterized their morphological characteristics, dual culture test against *P. capsici* and pathogenicity test on pepper leaf. The endophyte isolates were inoculated onto root system of 10 weeks old seedlings by soaking them into isolate suspension, then planted in sterilized soil medium. The IAA and GA<sub>3</sub> content in root were measured by TLC scanner one month later. The effectiveness of endophyte isolates against *P. capsici* was tested by drenching 50 ml of the *P. capsici* zoospore suspension (10<sup>6</sup> zoospores/ml) onto soil medium of the pepper seedlings that previously inoculated with endophytic fungi. The survived pepper seedlings were observed one month after inoculation. All tested isolates indicated no significant effect on leaf and node numbers also plant mortality. The pepper seedlings inoculated with E-5, E-7 and E-15 produced dry root weight 0.83, 0.84 dan 0.81 g respectively, significantly different than other treatments. The IAA content in root was higher than GA<sub>3</sub> of the seedling

*inoculated by the same isolates. A month after Phytophthora inoculation, more than 80% of the pepper seedlings inoculated with those three isolates were alive.*

**Key words** : *Piper nigrum*, *Phytophthora capsici*, IAA, GA<sub>3</sub>

## PENDAHULUAN

Produk lada (*Piper nigrum* L) Indonesia baik lada hitam maupun lada putih memberi kontribusi devisa yang besar bagi Indonesia, dan menjadi sumber pendapatan bagi banyak petani. Namun, penyakit busuk pangkal batang (BPB) yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* masih menjadi kendala dalam budidaya lada di Indonesia. Cendawan *P. capsici* bersifat tular tanah, mudah menyebar sehingga saat ini telah ditemukan hampir di semua pertanaman lada di Indonesia (Wahyuno *et al.* 2010). Penyakit BPB menyebabkan pengurangan luas areal pertanaman lada nasional 10-15% per tahun (Kasim 1990). Di Bangka Belitung kerusakan yang ditimbulkan mencapai 10% dan 24% di Lampung (Syahnen *et al.* 2011).

Perbanyak tanaman lada umumnya dilakukan secara vegetatif menggunakan setek sehingga rentan terinfeksi oleh *P. capsici*. Zoospora dari *P. capsici* aktif pada lapisan permukaan air tanah atau tanaman lada sakit oleh karenanya zoospora mudah tersebar melalui aliran air irigasi atau percikan air hujan. Anjuran dalam pengendalian penyakit BPB adalah menggunakan benih lada sehat dan aplikasi agens hayati, seperti *Trichoderma* (Manohara *et al.* 2004). Untuk menghindari penularan melalui benih, tidak dianjurkan untuk mengambil setek lada dari daerah yang endemik penyakit. Sampai saat ini, belum ada varietas lada yang tahan terhadap *P. capsici*.

Aplikasi *Trichoderma* dapat menekan penyakit BPB di lapangan (Wahyuno *et al.* 2016). Namun, perbaikan pengendalian dengan memperkaya jenis jumlah agens hayati masih perlu dilakukan. Beberapa cendawan endofit akar dilaporkan mampu menekan serangan penyakit. Lisnawita *et al.* (2013) menggunakan *Fusarium* endofit untuk menekan nematoda dan memper-

baiki pertumbuhan tanaman pisang, sedangkan *Trichoderma asperellum* endofit efektif mengendalikan *Phytophthora* pada buah kakao (Hakkar *et al.* 2014), dan cendawan endofit *Piriformospora indica* mampu meningkatkan bobot segar tunas dan akar dari berbagai jenis tanaman setelah diinokulasikan di perakaran tiap tanaman (Varma *et al.* 1999). Kusumawardani *et al.* (2015) mendapatkan beberapa isolat cendawan endofit asal akar lada yang mampu menekan pertumbuhan *P. capsici* secara *in vitro*.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas cendawan endofit asal perakaran lada terhadap pertumbuhan tanaman dan kejadian penyakit BPB pada benih lada.

## BAHAN DAN METODE

### Penyiapan benih lada

Penelitian dilaksanakan di laboratorium dan rumah kaca Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balittro) di Bogor, sejak Januari sampai Desember 2014. Sulur panjat lada varietas Natar 1 setek satu buku berdaun tunggal ditanam pada medium *cocopeat*. Penyiapan benih tanaman lada mengikuti Standar Operasional Prosedur (SOP) perbenihan lada (Manohara dan Wahyuno 2009). Setek benih lada ditanam di dalam kotak plastik dan disungkup selama 10 minggu, hingga terbentuk 1-2 tunas baru.

### Isolasi cendawan endofit

Cendawan endofit yang digunakan diperoleh dari hasil isolasi akar lada yang sehat dari Kebun Percobaan Balittro di Sukamulya, Sukabumi ( $\pm 300$  m dpl; S6°56'34.83°; E106°46'21.37°T). Potongan akar lada (panjang  $\pm 1$  cm) yang disterilisasi dengan alkohol (70%) selama  $\pm 1$  menit, direndam dalam sodium hipoklorit (NaOCl 0,5%) selama  $\pm 5$  menit, kemudian dibilas air steril lima kali. Potongan akar yang telah diperlakukan di-

keringanginkan secara aseptik selama  $\pm$  5-6 jam, kemudian ditanam pada medium agar kentang dekstrosa (AKD) yang telah diberi *rose bengal* ( $30 \text{ mg.l}^{-1}$ ) dan kloramfenikol ( $0,5 \text{ g.l}^{-1}$ ) (Ginting et al. 2013). Cawan petri yang berisi potongan akar diinkubasi pada kondisi ruang ( $25\text{-}28^\circ\text{C}$ ) selama 3-4 minggu dan dihindarkan terkena cahaya langsung. Miselium cendawan yang tumbuh dari potongan akar pada periode awal (1-2 minggu) tidak diambil, sedangkan miselium yang keluar setelah diinkubasi 3-4 minggu berpotensi sebagai endofit. Miselium tersebut dipindah ke dalam medium AKD untuk dikarakterisasi, diidentifikasi, dan diuji lebih lanjut.

#### Karakterisasi cendawan endofit terseleksi

Karakter yang diamati meliputi kecepatan tumbuh isolat yang dilakukan pada medium AKD, kemampuan membentuk konidia, ada tidaknya struktur bertahan, uji patogenisitas terhadap daun lada yang dilakukan dengan menumbuhkan potongan koloni pada helaian daun lada (Wahyuno et al. 2010), dan ujiantang (*dual culture test*) untuk mengetahui ada tidaknya senyawa antibiosis yang dihasilkan (Macia-Vicente et al. 2008), serta karakter tampilan koloni.

Isolat cendawan endofit yang diperoleh dari hasil karakterisasi ditumbuhkan pada medium kaldu kentang dekstrosa (KKD) sebanyak 150 ml dalam erlenmeyer, diletakkan di atas pengocok ( $50 \text{ rpm}$ ) selama 30 hari pada kondisi ruang. Koloni tiap cendawan endofit yang diperoleh disaring dengan kain muslin, kemudian dihancurkan menggunakan *homogenizer* ( $3.000 \text{ rpm}$  30 detik) untuk disuspensikan ke dalam 500 ml air steril.

#### Inokulasi cendawan endofit

Benih lada yang berakar (berumur 10 minggu) dicabut kemudian diinokulasi cendawan endofit dengan cara merendam perakarannya ke dalam suspensi biakan cendawan endofit selama 24 jam, yang merupakan modifikasi dari cara yang dilakukan oleh Sundaramoorthy et al. (2012). Benih lada yang sudah diinokulasi cendawan endofit ditanam kembali ke dalam polibag yang

berisi tanah steril, dan diletakkan kembali di dalam rumah kaca. Setiap perlakuan diulang tiga kali masing-masing terdiri dari 10 tanaman yang disusun dalam rancangan acak lengkap. Saat tanaman berumur dua bulan, pertambahan jumlah buku dan daun, bobot akar segar dan bobot segar bagian atas tanaman, serta jumlah tanaman yang hidup diamati. Analisis kandungan hormon IAA dan  $\text{GA}_3$  pada akar dilakukan dengan menggunakan *thin layer chromatography scanner* (Chowdappa et al. 2013).

Benih lada yang satu bulan sebelumnya telah diinokulasi cendawan endofit, diinokulasi dengan suspensi zoospora *P. capsici* (K-2) dengan menyiramkan 50 ml suspensi zoospora *P. capsici* (kerapatan  $3,2 \times 10^6$  zoospora/ml) (Wahyuno et al. 2009). Setiap perlakuan diulang tiga kali dan setiap ulangan terdiri atas 10 benih lada. Benih lada yang hidup diamati satu bulan setelah inokulasi *P. capsici*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Isolasi dan karakterisasi cendawan endofit

Koloni cendawan yang keluar dari potongan akar pada minggu ketiga atau lebih setelah ditanam pada medium AKD dianggap sebagai cendawan endofit, dan sebaliknya untuk koloni yang keluar pada minggu pertama dan kedua. Dari  $\pm$  250 potongan akar yang ditanam pada medium diperoleh 17 isolat cendawan endofit, kemudian dipilih enam isolat cendawan endofit dengan berbagai karakteristiknya untuk diuji lebih lanjut di rumah kaca dengan menggunakan benih lada (Tabel 1). Berdasarkan karakter morfologinya semua isolat termasuk ke dalam klas *Hyphomycetes*.

### Pertumbuhan benih tanaman lada

Hasil pengujian di rumah kaca mengindikasikan terdapat isolat cendawan endofit yang bersifat tidak sesuai pada benih lada meskipun saat pengujian dengan helaian daun ketidaksesuaian tersebut tidak terlihat. Isolat E-3, E-9 dan E-13 tidak memberi pengaruh yang positif ter-

hadap pertumbuhan benih lada uji (Tabel 2, Gambar 1 dan 2), meskipun kedua isolat tersebut tidak menyebabkan kematian benih lada lebih dari 5%. Isolat E-5, E-7 dan E-15 memberi hasil paling baik dibanding isolat lainnya, meskipun secara statistik tidak berbeda nyata (Tabel 2).

Bobot segar akar menunjukkan pola yang sama dengan bobot segar dan bobot kering bagian atas tanaman. Isolat cendawan endofit E-9 dan E-13 menghasilkan bobot akar paling rendah, sebaliknya dengan isolat E-5, E-7, dan E-15 (Gambar 1).

Tabel 1. Karakteristik cendawan endofit asal akar lada yang diuji.

Table 1. Characteristics of tested endophytic fungi isolated from pepper root.

Kode	Morfologi			Antibiosis <sup>b)</sup>	Patogenitas <sup>c)</sup>	Identitas	
	Koloni <sup>a)</sup>	Diameter (mm) <sup>a)</sup>	Konidia <sup>a)</sup> Struktur bertahan <sup>a)</sup>				
E-3	Tebal, coklat terang di bagian tengah, putih di tepi	22,8	Tidak	-	0,5	-	Hyphomycetes
E-5	Tebal, putih di tengah, hijau gelap dan tipis di tepi	84,2	Ada	-	0,0	-	Hyphomycetes
E-7	Tebal berwarna putih	90,0	Ada	-	0,5	-	Hyphomycetes
E-9	Tebal di tengah berwarna putih dengan tepi coklat gelap	28,8	Ada	-	0,0	-	Hyphomycetes
E-13	Tipis ungu di tengah dengan putih di bagian tepi	80,6	Ada	-	0,0	-	Hyphomycetes
E-15	Tebal di tengah, oranye-coklat terang	16,0	Ada	-	1,0	-	Hyphomycetes

Keterangan:

- a) Medium AKD diinkubasi 7-8 hari pada kondisi ruang (25 °C; cahaya ± 400 lux, 12 jam gelap-terang).
- b) Medium AKD dengan isolat uji *P. capsici* dan zona bening yang terbentuk (cm).
- c) Ada tidaknya nekrosa pada helaian daun lada yang diinokulasi setelah diinkubasi selama 4 hari pada suhu 27°C, dan terhindar dari cahaya.
- ) Tidak ada struktur bertahan atau tidak bersifat patogen.

Note :

- a) PDA medium incubated 7-8 days at room temperature (25°C; light intensity ± 400 lux, 12 hours dark-light).
- b) PDA medium with tested isolate *P. capsici* and the clear zone length (cm).
- c) The presence of necrotic on inoculated pepper leaf after being incubated for 4 days at 27°C without light
- ) No resistant structure or non-pathogenic.

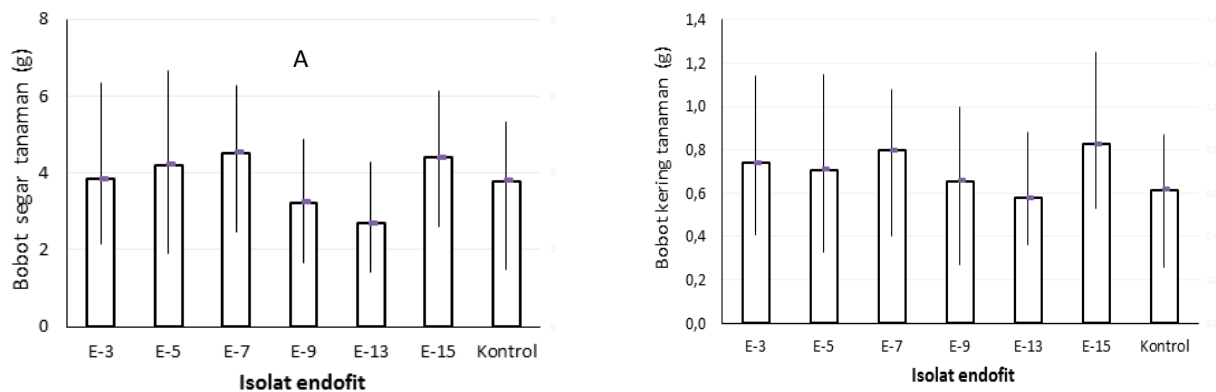
Tabel 2. Pertumbuhan vegetatif benih lada satu bulan setelah diinokulasi cendawan endofit.

Table 2. The vegetative growth of pepper seedling at one month after endophytic fungi application.

Isolat	Jumlah daun	Jumlah buku	Benih hidup (%)	Bobot segar akar (g)
E-3	1,32	1,42	95	0,67 c
E-5	1,30	1,50	95	0,83 c
E-7	1,65	1,70	100	0,84 c
E-9	0,80	0,95	95	0,33 ab
E-13	0,35	0,44	85	0,19 a
E-15	1,60	1,80	100	0,81 c
Kontrol	1,70	1,70	100	0,55 bc
KK (%)	4,28	15,30	0,58	8,61

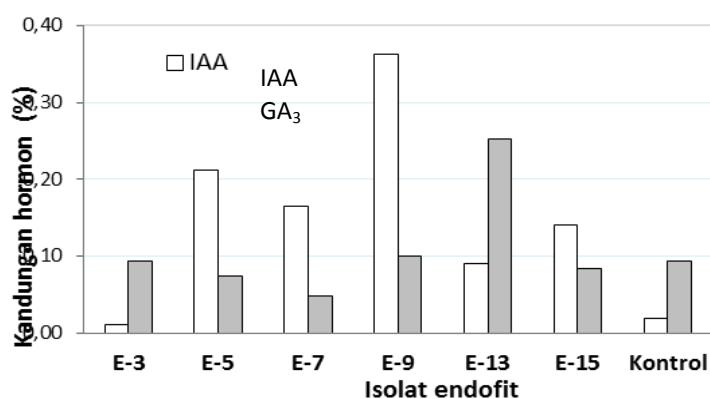
Keterangan/Note:

Angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata pada uji berganda DMRT 5% (Numbers followed by the same letter in the same column were not significantly different at 5% DMRT).



Gambar 1. Bobot segar dan kering benih lada satu bulan setelah diinokulasi cendawan endofit. (A) Bobot segar dan (B) Bobot kering. Garis vertikal pada tiap grafik batang menggambarkan kisaran nilai.

Figure 1. Fresh and dry weight of pepper seedling at one month after application of endophytic fungi. (A) Fresh and (B) Dry weight. Vertical line on each bar represented range of value.



Gambar 2. Kandungan hormon IAA dan GA<sub>3</sub> di dalam akar benih lada satu bulan setelah diinokulasi cendawan endofit.

Figure 2. The IAA and GA<sub>3</sub> hormones content in root of pepper seedling at one month after inoculation of endophytic fungi.

Cendawan endofit yang diperoleh perlu diseleksi untuk membuktikan bahwa isolat yang diperoleh memberi pengaruh positif pada benih tanaman lada. Giauque dan Hawkes (2013) menyatakan tidak semua cendawan endofit membantu tanaman untuk bertahan dari cekaman lingkungan. Keragaman jenis cendawan endofit yang berhasil diisolasi juga dipengaruhi oleh jenis tanaman inang, bagian tanaman, serta musim saat contoh diambil (Giauque dan Hawkes 2013).

Akar benih lada yang diinokulasi dengan cendawan endofit mempunyai kandungan hormon IAA yang lebih tinggi dibanding kontrol, kecuali untuk isolat E-3. Kandungan hormon GA<sub>3</sub> dari

semua perlakuan yang diuji, relatif sama antar isolat endofit yang diuji, kecuali untuk perlakuan E-13 yang kandungan hormonya dua kali lebih banyak daripada perlakuan yang lain (Gambar 2).

Analisa regresi yang dilakukan (data tidak ditampilkan) tidak memberi petunjuk adanya kaitan yang erat antara kandungan hormon dengan jumlah tanaman yang hidup, bobot segar akar maupun bobot tanaman. Adanya interaksi yang kompleks antara endofit dengan tanaman inang dan juga lingkungannya sehingga tidak ada peubah tunggal yang bisa memberi indikasi nyata isolat yang sesuai untuk benih lada. Berdasarkan peubah kandungan hormon IAA, bobot segar akar

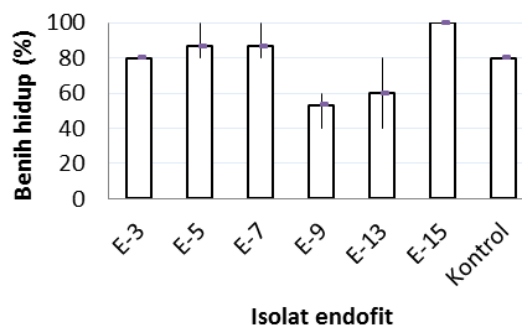
dan tanaman serta jumlah tanaman yang hidup, isolat E-5, E-7 dan E-15 yang diinokulasikan pada tanaman uji perlu dievaluasi lebih lanjut. Infeksi oleh cendawan endofit yang sesuai akan memberi manfaat bagi tanaman berupa peningkatan ketahanan terhadap patogen, beracun terhadap pemangsa, meningkatkan efisiensi fotosintesis hingga tanaman lebih tahan terhadap kekeringan (Arnold dan Lutzoni 2007). Sirrenberg *et al.* (2007) melaporkan cendawan endofit *Piriformospora indica* mampu meningkatkan pertumbuhan *Arabidopsis* dengan cara meningkatkan produksi hormon auksin. Pada tanaman mentimun, *Penicillium* dan *Phoma* endofit berbeda kemampuannya dalam menstimulasi jenis hormon. *Penicillium* lebih memacu pembentukan IAA sedang *Phoma* memacu hormon GA (Waqas *et al.* 2012). Ramdan *et al.* (2013) hanya mendapatkan  $\pm 20\%$  isolat cendawan endofit yang diisolasi dari tanaman cabai, berpengaruh positif pada peubah tajuk tanaman, tetapi yang berpengaruh positif pada panjang akar ada  $\pm 30\%$  isolat, setelah dilakukan inokulasi buatan.

### Uji tantang dengan *Phytophthora*

Hasil uji inokulasi dengan menggunakan suspensi zoospora *Phytophthora* mengindikasikan isolat E-15 merupakan isolat yang potensial untuk diuji lebih lanjut karena tidak ada benih lada yang mati, setelah diinokulasi *Phytophthora*. Selain itu, juga menghasilkan bobot akar dan bobot tanaman yang lebih baik dibanding isolat lainnya (Tabel 1 dan Gambar 3).

Mekanisme yang terlibat dari tiap isolat endofit dalam memacu pertumbuhan tanaman maupun menekan kejadian penyakit akan berbeda-beda. Pencarian satu isolat endofit yang mampu berperan positif pada semua peubah yang diamati mungkin akan sangat sulit ditemukan sehingga aplikasi beberapa cendawan endofit maupun kombinasi dengan mikroorganisme tanah lainnya yang bukan endofit perlu diuji lebih lanjut.

Park *et al.* (2003) melaporkan, isolat cendawan endofit yang diperoleh dari satu tanaman



Gambar 3. Benih lada yang hidup setelah diinokulasi cendawan endofit kemudian diinokulasi dengan *P.capsici*, pada satu bulan setelah inokulasi *P. capsici*. Garis vertikal pada tiap grafik batang menggambarkan kisaran nilai.

Figure 3. The survived pepper seedlings inoculated with endophytic fungi then followed by inoculation of *P. capsici*, at one month after *P. capsici* inoculation. Vertical line on each bar represented range of value.

yang sama dan mempunyai tampilan koloni yang sama dapat menghasilkan metabolit anticendawan yang berbeda. Senyawa bersifat antibiosis yang dikeluarkan oleh suatu isolat endofit tidak selalu efektif untuk semua jenis cendawan patogen (Mejia *et al.* 2008). Hutcheson (1998) mengelompokkan mekanisme ketahanan dengan induksi aktif menjadi: (1) reaksi pertahanan dari sel-sel tanaman yang kontak dengan patogen, (2) reaksi dari sel-sel tanaman di sekitar daerah kontak yang mengirim sinyal-sinyal ke tanaman untuk memberi respon (ketahanan yang diinduksi), dan (3) ketahanan secara sistemik melalui aktivitas hormon di seluruh tanaman. Menurut Gao *et al.* (2010) cendawan endofit berperan (1) secara langsung dengan mengeluarkan metabolit bersifat antibiosis, atau mensekresi enzim yang mampu menghancurkan sel patogen; (2) secara tidak langsung, dengan meningkatkan ketahanan tanaman, sistem fisiologi tanaman inang dan memacu terbentuknya metabolit sekunder, atau (3) secara ekologi, dengan kompetisi ruang, dan parasitisasi. Pada tanaman *Arabidopsis* yang heterosis, kandungan hormon IAA lebih tinggi dibanding tetuanya akibat terjadinya perbanyakan

sel yang intensif di daun sehingga menyebabkan vigor tanaman lebih baik (Groszmann *et al.* 2015). *Pseudomonas fluorescens* yang diinokulasikan pada gandum memacu terbentuknya IAA pada pucuk tanaman sehingga menekan gejala dan kehilangan hasil akibat penyakit hawar pucuk *Fusarium* (Petti *et al.* 2012); tetapi hal tersebut tidak berlaku untuk hormon ABA (Mejia *et al.* 2008). Mekanisme penekanan patogen yang ditemukan pada tanaman kakao oleh endofit *Trichoderma* umumnya kompetisi untuk substrat atau ruang (Hakkar *et al.* 2014).

Mekanisme paling dominan yang melibatkan tiap isolat endofit perlu dikenali lebih jelas, demikian juga dengan cara aplikasi dan pengaturan kondisi lingkungan agar cendawan endofit dapat berkembang dan menginfeksi tanaman inang lebih efektif. Berdasarkan penelitian cendawan endofit yang diisolasi dari Poaceae, Higgins *et al.* (2011) menyimpulkan bahwa cendawan endofit umumnya tidak mempunyai kekhususan inang yang tinggi, walaupun kemampuannya memacu terbentuknya metabolit tanaman tidak selalu sama, meskipun pada jenis tanaman inang yang sama.

### KESIMPULAN

Tidak semua cendawan endofit dari akar lada efektif meningkatkan pertumbuhan dan menekan serangan *P. capsici* pada benih lada. Isolat E-5, E-7 & E-15 memberi pengaruh terbaik pada pertumbuhan benih lada dibanding isolat lainnya. Isolat E-7 & E-15 mencirikan genus *Fusarium*, sedang E-5 belum diketahui. Perbaikan cara aplikasi dan pengaturan kondisi lingkungan perlu dipelajari agar cendawan dapat lebih optimal dalam memperbaiki pertumbuhan lada.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dilaksanakan menggunakan biaya APBN 2014 DIPA Balitro. Terima kasih ditujukan pada Sutrasman, Zulhisnain, Asep Muslihat dan Sugianto atas bantuan teknis yang diberikan selama pelaksanaan penelitian.

### DAFTAR PUSTAKA

- Arnold, A.E. & Lutzoni, F. (2007) Diversity and Host Range of Foliar Fungal Endophytes. *Ecology*. 88 (3), 541–549.
- Chowdappa, P., Kumar, S.P.M., Lakshmi, M.J. & Upreti, K.K. (2013) Growth Stimulation and Induction of Systemic Resistance in Tomato against Early and Late Blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biological Control*. 65 (1), 109–117. doi:10.1016/j.biocontrol.2012.11.009.
- Gao, F., Dai, C. & Liu, X. (2010) Mechanisms of Fungal Endophytes in Plant Protection against Pathogens. *African Journal of Microbiology Research*. 4 (13), 1346–1351.
- Giauque, H. & Hawkes, C. V (2013) Climate Affects Symbiotic Fungal Endophyte Diversity and Performance. *American Journal of Botany*. 100 (7), 1435–44. doi:10.3732/ajb.1200568.
- Ginting, C.R.B., Sukarno, N., Widyastuti, U., Darusman, L.K. & Kanaya, S. (2013) Diversity of Endophytic Fungi from Red Ginger (*Zingiber officinale* Rosc.) Plant and Their Inhibitory Effect to *Fusarium oxysporum* Plant Pathogenic Fungi. *Hayati*. 20 (3), 127–137. doi:10.4308/hjb.20.3.127.
- Groszmann, M., Gonzalez-Bayon, R., Lyons, R.L., Greaves, I.K., Kazan, K., Peacock, W.J. & Dennis, E.S. (2015) *Hormone-regulated Defense and Stress Response Networks Contribute to Heterosis in Arabidopsis F1 Hybrids*. In: *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 112 (46), Washington DC, National Academy of Sciences., pp.E6397–E6406. doi:10.1073/pnas.1519926112.
- Hakkar, A.A., Rosmana, A., Rahim, M.D. & Hasanuddin, U. (2014) Pengendalian Penyakit Busuk Buah Phytophthora pada Kakao dengan Cendawan Endofit *Trichoderma asperellum*. *J Fitopatologi Indonesia*. 10 (5), 139–144. doi:10.14692/jfi.10.5.139.
- Higgins, K.L., Coley, P.D., Kursar, T.A. & Arnold, A. (2011) Culturing and Direct PCR Suggest Prevalent Host Generalism among Diverse Fungal Endophytes of Tropical Forest Grasses. *Mycologia*. 103 (2), 247–260. doi:10.3852/09-158.
- Hutcheson, S.W. (1998) Current Concepts of Active Defense in Plants. *Ann.Rev. Phytopathology*. 36, 59-90.

- Kasim, R. (1990) Pengendalian Penyakit Busuk Pangkal Batang secara Terpadu. *Buletin Tanaman Industri*. 1, 16–20.
- Kusumawardani, Y., Sulistyowati, L. & Cholil, A. (2015) Potensi Antagonis Jamur Endofit pada Tanaman Lada (*Piper nigrum* L) terhadap Jamur *Phytophthora capsici* Leionian Penyebab Busuk Pangkal Batang. *Jurnal HPT*. 3, 21–29.
- Lisnawita, Tantawi, A.R. & Pinem, M.I. (2013) Aplikasi Cendawan Endofit terhadap Perkembangan Populasi Nematoda *Radopholus similis* pada Pisang Barangan. *J Fitopatologi Indonesia*. 9 (5), 133–138. doi:10.14692/jfi.9.5.133.
- Macia-Vicente, J.G., Jansson, H.-B., Mendgen, K. & Lopez-Liorca, L. V (2008) Colonization of Barley Roots by Endophytic Fungi and Their Reduction of Take-All Caused by *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici*. *Can J Microbiol*. 54, 600–609. doi:10.1139/W08-047.
- Manohara, D., Mulya, K., Purwantara, A. & Wahyuno, D. (2004) *Phytophthora capsici* on Black Pepper in Indonesia. In: Drenth, A. & Guest, D.I. (eds.) *Diversity and Management of Phytophthora in Southeast Asia*. 114, Canberra, Australian Centre for International Agricultural Research, pp.132–135.
- Manohara, D. & Wahyuno, D. (2009) *Improved Method of Pepper Cultivation (IMPC)*. FAO & ICECRD.
- Mejia, L.C., Rojas, E.I., Maynard, Z., Van Bael, S., Arnold, A.E., Hebbard, P., Samuels, G.J., Robbins, N. & Herre, E.A. (2008) Endophytic Fungi as Biocontrol Agents of *Theobroma cacao* Pathogens. *Biological Control*. 46, 4–14. doi:10.1016/j.biocontrol.2008.01.012.
- Park, J., Park, J.H., Choi, G.J., Lee, S., Jang, K.S., Choi, Y.H., Cho, Y. & Kim, J. (2003) Screening for Antifungal Endophytic Fungi Against Six Plant Pathogenic Fungi. *Mycobiology*. 31 (3), 179–182.
- Petti, C., Reiber, K., Ali, S.S., Berney, M. & Doohan, F.M. (2012) Auxin as A Player in the Biocontrol of Fusarium Head Blight Disease of Barley and Its Potential as A Disease Control Agent. *BMC Plant Biology*. 12 (1), 9. doi:10.1186/1471-2229-12-224.
- Ramdan, E.P., Widodo, Tondok, E.T., Wiyono, S. & Hidayat, S.H. (2013) Cendawan Endofit Nonpatogen Asal Tanaman Cabai dan Potensinya sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan. *J Fitopatologi Indonesia*. 9 (5), 139–144. doi:10.14692/jfi.9.5.139.
- Sirrenberg, A., Gobel, C., Grond, S., Czempinski, N., Ratzinger, A., Karlovsky, P., Santos, P., Feussner, I. & Pawlowski, K. (2007) *Piriformospora indica* Affects Plant Growth by Auxin Production. *Physiologia Plantarum*. 131, 581–589. doi:10.1111/j.1399-3054.2007.00983.x.
- Sundaramoorthy, S., Raguchander, T., Ragupathi, N. & Samiyappan, R. (2012) Combinatorial Effect of Endophytic and Plant Growth Promoting Rhizobacteria against Wilt Disease of *Capsicum annum* L. Caused by *Fusarium solani*. *Biological Control*. 60 (1), 59–67. doi:10.1016/j.biocontrol.2011.10.002.
- Syahnen, Roma, I. & Siahaan, T.U. (2011) *Pemetaan Lokasi Penanaman Lada dan Serangan Penyakit Busuk Pangkal Batang (BPB) Di Propinsi Lampung dan Propinsi Bangka Belitung*.
- Varma, A., Verma, S., Sudha, Sahay, N., Butehorn, B. & Franken, P. (1999) *Piriformospora indica*, A Cultivable Plant-Growth-Promoting Root Endophyte. *Applied and Environmental Microbiology*. 65 (6), 2741–2744.
- Wahyuno, D., Manohara, D., Ningsih, S.D. & Setijono, R.T. (2010) Pengembangan Varietas Unggul Lada Tahan Penyakit Busuk Pangkal Batang yang Disebabkan oleh *Phytophthora capsici*. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29 (3), 86–95.
- Wahyuno, D., Manohara, D. & Setiyono, R.T. (2009) Ketahanan Beberapa Lada Hasil Persilangan terhadap *Phytophthora capsici* Asal Lada. *Jurnal Littri*. 15 (2), 77–83.
- Wahyuno, D., Manohara, D. & Trisilawati, O. (2016) Pretreatment Effect of Black Pepper Seedlings with *Pseudomonas*, *Trichoderma* and Mycorrhiza on Foot Rot Disease Incidence. *Bul Littro*. 27 (1), 55–66. doi:dx.doi.org/10.21082/bullittro.v27/n1.2016.55-66.
- Waqas, M., Khan, A.L., Kamran, M., Hamayun, M., Kang, S., Kim, Y. & Lee, I. (2012) Endophytic Fungi Produce Gibberellins and Indoleacetic Acid and Promotes Host-Plant Growth during Stress. *Molecules*. 17, 10754–10773. doi:10.3390/molecules170910754.