

Eksplorasi Cendawan Endofit Asal Padi Sawah sebagai Agens Pengendali Penyakit Blas pada Padi Sawah

Exploration of Endophytic Fungi from Lowland Rice as a Biocontrol Agent of Blast Disease in Lowland Rice

Irwanto Sucipto¹, Abdul Munif¹, Yadi Suryadi², Efi Toding Tondok^{1*}

¹Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

²Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Bioteknologi
dan Sumber Daya Genetik Pertanian, Bogor 16111

ABSTRAK

Penyakit blas (*Pyricularia oryzae*) di Indonesia awalnya hanya merusak tanaman padi gogo, namun penyakit blas dilaporkan terjadi pada tanaman padi sawah sejak tahun 2000-an. Aplikasi cendawan endofit merupakan salah satu cara pengendalian yang berpotensi besar untuk dikembangkan. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cendawan endofit dari padi sawah yang berpotensi menekan keparahan penyakit blas. Isolasi cendawan endofit dilakukan dari bagian akar, batang, dan daun tanaman padi sawah. Varietas Kencana Bali digunakan pada pengujian penghambatan *P. oryzae* secara *in vivo* karena varietas tersebut merupakan varietas paling rentan terhadap penyakit blas. Sebanyak 47 isolat cendawan endofit berhasil diisolasi dari tanaman padi sawah asal Bogor, Sukabumi, dan Blitar. Berdasarkan morfologi koloni cendawan endofit dapat dibedakan menjadi 9 morfotipe. Sebanyak 4 dari 14 cendawan endofit menunjukkan aktivitas antibiosis pada pengujian penghambatan *P. oryzae* secara *in vitro*. Hasil pengujian penghambatan penyakit blas pada varietas Kencana Bali di rumah kaca menunjukkan bahwa 4 isolat tersebut mampu menekan perkembangan penyakit blas dengan tingkat penekanan antara 30–70%.

Kata kunci: antibiosis, pengendalian hayati, *Pyricularia oryzae*

ABSTRACT

Blast disease (*Pyricularia oryzae*) in Indonesia is initially known to cause problem on upland rice, but since 2000's blast disease was also reported occurred on lowland rice. Application of endophytic fungi is very potential to be used as disease control method. This study was conducted to isolates endophytic fungi from lowland rice, and determine its capability to reduce blast disease severity. Isolation of endophytic fungi was done from root, tiller, and the leaves of lowland rice. Kencana Bali variety was used for *in vivo* inhibition test due to its most susceptible response against *P. oryzae*. Forty seven endophytic fungi isolates were obtained from Bogor, Sukabumi and Blitar. Based on colony morphology, endophytic fungi can be differentiated into 9 morphotype. Four out of fourteen endophytic fungi showed antibiosis activity in *in vitro* inhibition test against *P. oryzae*. Inhibition test conducted on Kencana Bali variety in the green house showed that 4 isolates was able to suppress blast disease development by 30–70%.

Key word: antibiosis, biological control, *Pyricularia oryzae*

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
Jalan Kamper, Kampus Darmaga IPB, Bogor 16680
Tel: 0251- 8629364, Faks: 0251- 8629362; surel:efithpt@yahoo.com

PENDAHULUAN

Penyakit blas yang disebabkan oleh *Pyricularia oryzae* (teleomorf: *Magnaporthe grisea*) merupakan penyakit paling penting dan merusak pada tanaman padi (Couch dan Kohn 2002). Santoso dan Nasution (2009) menyatakan bahwa penyakit blas awalnya merupakan permasalahan utama pada tanaman padi gogo namun saat ini penyakit blas juga menyerang tanaman padi sawah. Teknik pengendalian yang telah diaplikasikan khususnya dengan menggunakan fungisida masih kurang efektif (Yamaguchii *et al.* 2000). Pengendalian hayati menggunakan cendawan endofit dirasakan sebagai pengendalian yang tepat karena relung ekologi endofit berasal dari tanaman itu sendiri sehingga diasumsikan endofit mudah beradaptasi pada habitat baru. Malinowski dan Belesky (2000) menyatakan bahwa interaksi endofit dengan inang dapat menginduksi ketahanan inang dari serangan patogen. Berbeda dengan organisme seperti rhizosfer atau filosfer, perbedaan habitat memungkinkan organisme sulit beradaptasi sehingga menyebabkan organisme filosfer dan rhizosfer menjadi kurang efektif ketika diaplikasikan pada tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mendapatkan cendawan endofit dari padi sawah, yang berpotensi menekan keparahan penyakit blas pada padi sawah.

BAHAN DAN METODE

Isolasi Cendawan Endofit

Cendawan endofit diisolasi menggunakan metode yang diadaptasi dari Irmawan (2007). Potongan daun dan akar disterilisasi permukaan menggunakan alkohol 70% selama 0.5 menit, kemudian NaOCl 1 % selama 1 menit. Potongan batang menggunakan alkohol 70% selama 1 menit, NaOCl 1 % selama 2 menit, dibilas dengan akuades steril sebanyak 3 kali lalu dikeringkan di atas tisu steril. Sampel diletakkan pada medium *malt extract agar* (MEA) 10%, diinkubasi selama 7 hari. Uji kesterilan dilakukan untuk mengetahui tingkat sterilisasi permukaan dengan cara

air pencucian bagian tanaman yang terakhir dioleskan pada medium MEA 10% sebanyak 0.1 mL. Cendawan yang tumbuh dimurnikan dan yang memiliki bentuk serta warna yang sama dianggap satu jenis.

Pengujian Cendawan Endofit terhadap Perkecambahan dan Pertumbuhan Benih Padi

Benih disterilkan menggunakan alkohol 70% selama 30 detik dan NaOCl 1% selama 1 menit, dibilas air steril sebanyak 2 kali. Sebanyak 10 benih ditanam dalam cawan petri yang telah ditumbuhi koloni cendawan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK), serta benih ditanam dalam cawan petri tanpa cendawan sebagai kontrol. Pengamatan perkecambahan benih dilakukan setelah 14 hari, perlakuan benih yang memiliki pertumbuhan yang melebihi perlakuan kontrol dan tidak menimbulkan nekrotik pada kecambah akan digunakan pada uji berikutnya (Nur'asih 2011).

Uji Penghambatan *P. oryzae in Vitro*.

Isolat *P. oryzae* yang dipakai adalah isolat *P. oryzae* strain 173 yang berasal dari BB Biogen, Bogor. Uji antagonisme cendawan endofit terhadap *P. oryzae* dilakukan dengan menggunakan metode Li *et al.* (2007).

Persentase penghambatan dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{R1-R2}{R1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, persentase penghambatan; R1, rata-rata diameter koloni cendawan patogen pada perlakuan kontrol; R2, rata-rata diameter koloni cendawan patogen pada perlakuan endofit.

Sebanyak 4 potongan *P. oryzae* diambil dari biakan yang telah berumur 7 hari dan ditanam pada medium ADK yang terdapat cendawan endofit pada bagian tengah petri dan tanpa ada cendawan endofit sebagai kontrol. Diameter koloni diukur pada hari ke-5 setelah ditanam *P. oryzae*. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 15 perlakuan yang terdiri atas 14 perlakuan isolat endofit serta 1 perlakuan kontrol dan

3 ulangan serta dianalisis menggunakan *statistical analysis system* (SAS). Perlakuan yang berpengaruh diuji lanjut dengan uji Tukey pada taraf α 5%. Isolat yang memiliki aktivitas antibiosis selanjutnya digunakan untuk uji penghambatan penyakit blas pada padi sawah.

Uji Penghambatan Penyakit Blas pada Padi Sawah

Uji penghambatan penyakit blas pada padi sawah menggunakan metode yang diadaptasi dari Munif *et al.* (2012). Benih padi yang digunakan ialah varietas Kencana Bali yang merupakan varietas yang paling rentan terhadap serangan penyakit blas, dengan kerapatan suspensi cendawan endofit 10^5 propagul mL^{-1} . Pembuatan suspensi konidia *P. oryzae* dilakukan dengan menggosok koloni berumur 10 hari pada medium *oat meal agar* (OMA) menggunakan kuas No 10 dengan air steril ditambah streptomycin 100 ppm kemudian diinkubasi dalam *laminar air flow* selama 2×24 jam. Masing-masing cawan petri ditambahkan air steril yang mengandung Tween 20 0.1%, kemudian disaring dan dimasukkan ke dalam erlenmeyer, dilakukan penghitungan tingkat kerapatan propagulnya sampai 10^9 propagul mL^{-1} . Pengujian dilakukan

dengan merendam benih padi pada suspensi cendawan endofit. Benih padi Kencana Bali terlebih dahulu direndam air panas (50°C) selama 20 menit, kemudian direndam dalam NaOCl 3% selama 1 menit untuk sterilisasi permukaan benih padi dan dibilas dengan air steril 3 kali untuk menghilangkan sisa bahan kimia hasil sterilisasi permukaan benih. Benih padi selanjutnya direndam suspensi cendawan endofit selama 6 jam dan ditanam dalam bak persemaian menggunakan medium lumpur. Kurang lebih 12–14 hari setelah tanam (hst) bibit tumbuh diinokulasi *P. oryzae* dengan cara penyemprotan dan disimpan dalam kamar lembap selama 2×24 jam, kemudian tanaman dipindah ke ruang pengkabut selama ± 1 minggu.

Pengamatan keparahan penyakit dilakukan pada minggu ke-3, ke-4 dan ke-5 setelah tanam (Sobrizal *et al.* 2010). Pengukuran keparahan penyakit dilakukan selama 3 hari sekali dan skor keparahan penyakit blas mengacu pada metode IRRI (1996) (Tabel 1). keparahan penyakit dihitung menggunakan rumus:

$$S = \frac{\sum (n \times V)}{(N \times V)} \times 100\%, \text{ dengan}$$

S, keparahan penyakit; n, jumlah daun dengan skor tertentu; v, skor daun yang terserang;

Tabel 1 Skala (skor) pengukuran keparahan penyakit blas

Skor	Kerusakan Daun	Klasifikasi
0	Tidak ada bercak	Sangat tahan
1	Bercak kecil berwarna coklat sebesar ujung jarum	Tahan
2	Bercak nekrotik kecil membulat, abu-abu, sedikit memanjang, panjang 1-2 mm, tepi coklat, bercak banyak ditemukan di bagian bawah daun	Cukup tahan
3	Tipe bercak mirip dengan skor 2, tetapi sejumlah besar bercak sudah ditemukan pada bagian atas daun	Agak tahan
4	Bercak khas blas (belah ketupat), panjang 3 mm atau lebih, luas daun terserang kurang dari 2 %	Moderat
5	Bercak khas blas, panjang 3 mm atau lebih, luas daun terserang 2-10%	Moderat
6	Bercak khas blas, panjang 3 mm atau lebih, panjang 3 mm atau lebih, luas daun terserang 11-25%	Moderat
7	Bercak khas blas, panjang 3 mm atau lebih, luas daun terserang 26–50%	Agak rentan
8	Bercak khas blas, panjang 3 mm atau lebih, luas daun terserang 51–75%, beberapa daun mulai mati	Rentan
9	Semua daun mati, luas daun terserang lebih dari 75%	Sangat rentan

N, jumlah daun yang diamati; V, skala skor tertinggi (IRRI 1996).

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan acak kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan yang terdiri atas 4 perlakuan isolat endofit serta 1 perlakuan kontrol dan 5 ulangan, dianalisis menggunakan program *Statistical Analysis System* (SAS). Perlakuan yang berpengaruh diuji lanjut dengan uji Duncan pada taraf α 5%.

HASIL

Sebanyak 47 isolat berhasil diisolasi dari bagian akar, batang dan daun tanaman padi. Daun merupakan tempat cendawan endofit yang paling banyak ditemukan, yaitu sebanyak 25 isolat. Berdasarkan pengamatan morfologi cendawan endofit, yaitu dari warna koloni cendawan dan bentuk pertumbuhan miselium maka diperoleh 9 morfotipe berbeda.

Hasil isolasi didominasi oleh cendawan berwarna putih dengan miselium bersifat nonaerial dan koloni cendawan berwarna abu-abu dengan miselium bersifat nonaerial yang memiliki rataan frekuensi masing-masing sebesar 25.53 dan 19.15% (Tabel 2). Hasil pengujian cendawan endofit terhadap perkecambahan benih padi dikelompokkan ke dalam 3 tipe, yaitu benih tidak berkecambah, benih berkecambah normal, dan benih berkecambah dengan gejala nekrotik (Tabel 3). Berdasarkan hasil respons benih, cendawan endofit dikelompokkan menjadi 2, yaitu cendawan berpeluang sebagai patogen yang menyebabkan pertumbuhan benih lebih rendah dari kontrol dan cendawan berpeluang sebagai *plant growth promoting fungal* (PGPF) dimana pertumbuhan benih yang diberi perlakuan melebihi pertumbuhan kontrol (Tabel 4).

Uji penghambatan cendawan endofit terhadap *P. oryzae* secara *in vitro* bertujuan

Tabel 2 Keragaman cendawan endofit yang diperoleh dari masing-masing bagian tanaman padi sehat asal Bogor, Sukabumi dan Blitar

Kode*	Jumlah Isolat												Total	Rata-rata frekuensi (%)
	IR64 (Bogor)			Sri Kuning (Sukabumi)			Inpari 16 (Sukabumi)			Mekongga (Blitar)				
	A	B	D	A	B	D	A	B	D	A	B	D		
IN	0	1	0	0	3	0	1	2	0	1	0	0	8	17.02
IA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2.13
CN	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4.26
PN	0	1	0	3	2	0	0	2	0	1	0	3	12	25.53
PA	0	0	0	0	1	1	0	0	0	1	0	2	5	10.64
HN	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	4	5	10.64
AN	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	6	9	19.15
AA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	4	4	8.51
KA	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	2.13
Total	0	3	1	4	7	5	1	4	0	3	0	19	47	100.00

A, akar; B, batang; D, daun

*Isolat cendawan endofit berdasarkan 9 morfotipe: IN, koloni berwarna hijau dengan miselium nonaerial; IA, koloni hijau aerial; CN, koloni coklat nonaerial; PN, koloni putih nonaerial; PA, koloni putih aerial; HN, koloni hitam nonaerial; AN, koloni abu-abu nonaerial; AA, koloni abu-abu aerial; KA, koloni kuning aerial.

Tabel 3 Respons perkecambahan benih padi terhadap isolat cendawan endofit dari bagian akar, batang dan daun

Respons benih	Jumlah isolat pada bagian			Frekuensi (%)
	Akar	Batang	Daun	
Tidak berkecambah	1 (13)	1 (7)	0 (0)	7
Berkecambah normal	5 (63)	11 (79)	18 (72)	71
Berkecambah nekrotik	2 (25)	2 (14)	7 (28)	22

*Angka dalam kurung menunjukkan persentase jumlah isolat pada bagian tanaman.

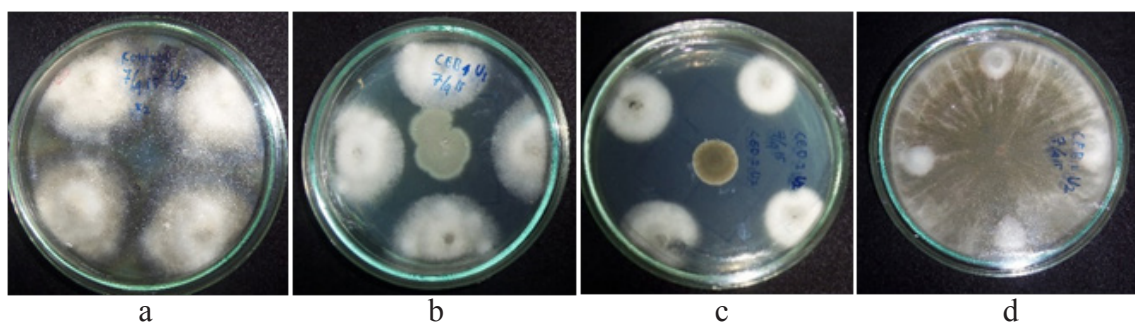
menyeleksi cendawan yang memiliki aktivitas antibiosis (Gambar 1). Hasil analisis ragam menunjukkan daya hambat tertinggi oleh CEB 14 sebesar 88.89%, diikuti CEB 15 dan CEB 11 berturut-turut sebesar 82.59 dan 81.11% dengan mekanisme daya hambat kompetisi (Tabel 5). Mekanisme antibiosis dapat diamati pada 4 isolat cendawan endofit lainnya, yaitu CEA 5 dengan daya hambat sebesar 60.37% diikuti CEB 3, CED 2, CEA 3 berturut-turut sebesar 50.56, 44.82, dan 38.52%.

Hasil uji penghambatan penyakit blas pada padi sawah, 4 isolat cendawan endofit mampu menekan keparahan penyakit blas (Gambar 2).

Keparahan penyakit terendah ditunjukkan oleh isolat CEA 5 dan CEB 3, masing-masing sebesar 32.89 dan 33.78%. Kedua isolat menunjukkan konsistensi dalam penekanan penyakit blas dari awal pengamatan. Perlakuan isolat CEA 3 memiliki keparahan penyakit yang cukup tinggi di awal dan rendah di akhir, yaitu masing-masing sebesar 42.56 dan 11.6%. Hasil tersebut menunjukkan bahwa isolat ini dapat menekan keparahan penyakit blas. Begitu pula isolat CED 2 memiliki tingkat konsistensi yang sama pula dengan isolat CEA 3.

Tabel 4 Respons pertumbuhan benih padi terhadap isolat cendawan endofit asal Bogor, Sukabumi dan Blitar

Varietas Padi (Asal Isolat)	Pertumbuhan > Kontrol	Pertumbuhan < Kontrol
IR 64 (Bogor)	1	3
Inpari 16 (Sukabumi)	3	2
Sri Kuning (Sukabumi)	4	12
Mekongga (Blitar)	7	15

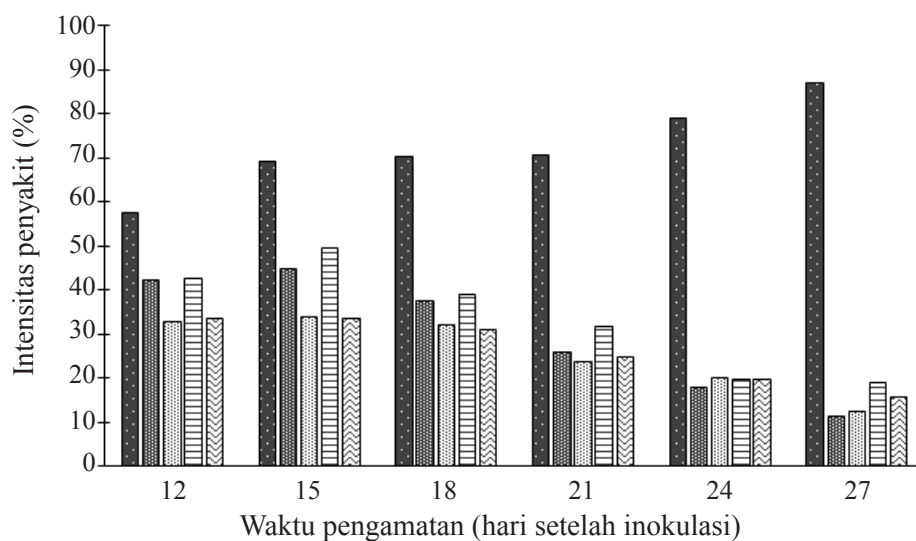


Gambar 1 Hasil uji antagonis cendawan endofit terhadap *P. oryzae*. a, kontrol; b, tidak memiliki zona hambat. c, memiliki zona hambat dan; d, *P. oryzae* tertekan oleh mekanisme kompetisi.

Tabel 5 Pengaruh cendawan endofit terhadap pertumbuhan *P. oryzae* secara *in vitro*

Kode Isolat	Daya Hambat	Mekanisme Antibiosis	Kode Isolat	Daya Hambat	Mekanisme Antibiosis
CEB 14	88.89 a	-	CED 20	50.00 bc	-
CEB 15	82.59 a	-	CEA 1	48.33 cd	-
CEB 11	81.11 a	-	CEA 5.2	47.59 cd	-
CEA 5	60.37 b	+	CEB 4	46.11 cd	-
CED 22	59.63 b	-	CED 2	44.82 cd	+
CED 19	52.41 bc	-	CEA 3	38.52 d	+
CED 17	51.67 bc	-	Kontrol	0.00 e	-
CEB 3	50.56 bc	+			

-, cendawan tidak memiliki mekanisme antibiosis; +, cendawan memiliki mekanisme antibiosis. Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji 5% (uji selang Tukey).



Gambar 2 Keparahans penyakit blas pada padi varietas Kencana Bali yang diinokulasi 4 isolat cendawan endofit di rumah kaca. ■, kontrol; ■, CEA 3; ■, CEA 5; ■, CED 2 dan; ■, CEB 3.

PEMBAHASAN

Kelimpahan cendawan endofit yang telah diisolasi bervariasi antar bagian tanaman yang berbeda. Cendawan endofit lebih banyak ditemukan pada bagian daun dibandingkan dengan bagian lainnya dari tanaman padi. Hal tersebut sejalan dengan yang dikemukakan oleh Rodriguez *et al.* (2009) yang menyatakan adanya transfer horizontal dari cendawan endofit khususnya pada tanaman yang berdaun sempit menyebabkan cendawan endofit lebih banyak ditemukan di daun. Zakaria *et al.* (2010) juga menunjukkan isolat cendawan endofit asal tanaman padi lebih banyak ditemukan pada bagian daun.

Pengujian aktivitas antibiosis dilakukan sebagai langkah awal seleksi cendawan endofit yang telah didapat dari proses isolasi. Pada penelitian ini pengujian aktivitas antibiosis sangat penting dilakukan karena diduga senyawa antibiotik yang dikeluarkan cendawan endofit dapat meningkatkan respons pertahanan tanaman dari serangan patogen. Hal tersebut didukung oleh pernyataan dari Herre *et al.* (2007) yang menyatakan bahwa antibiosis merupakan salah satu dari mekanisme potensial endofit yang dapat berkontribusi terhadap perlindungan inang khususnya pertahanan inang terhadap patogen. Tondok (2012) juga menyatakan zona hambat pada uji koloni

ganda terbentuk karena senyawa antifungal cendawan endofit menghambat pertumbuhan patogen, senyawa antifungal akan bekerja menghambat perkembangan patogen bila ada kontak langsung dengan patogen. Mekanisme antibiosis cendawan endofit menunjukkan cendawan endofit tersebut ideal sebagai kandidat agens pengendali hayati.

Hallmann dan Berg (2006) menyebutkan mekanisme penghambatan cendawan endofit terhadap patogen terbagi menjadi 2, yaitu mekanisme langsung dan mekanisme tidak langsung. Mekanisme langsung cendawan endofit, yaitu antibiosis, kompetisi dan lisis sedangkan untuk mekanisme tidak langsung, yaitu induksi ketahanan tanaman dan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Mekanisme antibiosis terlihat dari hasil uji penghambatan *P. oryzae in vitro* seperti yang telah disebutkan, sedangkan untuk mekanisme tidak langsung terlihat dari hasil uji penghambatan penyakit blas pada padi sawah di rumah kaca. Hasil pengujian rumah kaca membuktikan bahwa perlakuan endofit dapat menginduksi ketahanan tanaman inang sehingga tanaman menjadi lebih tahan terhadap penyakit.

Beberapa penelitian yang mendukung melaporkan bahwa mikroba endofit terbukti mampu menekan keberadaan penyakit pada tanaman. Benhamou dan Garand (2001)

menunjukkan bahwa *Fusarium oxysporum* nonpatogenik mampu menstimulasi respons pertahanan tanaman. Ho *et al.* (2015) menunjukkan endofit *Burkholderia cenocepacia* 869T2 dapat menurunkan insidensi penyakit layu fusarium pada tanaman pisang. Tondok *et al.* (2012) menunjukkan cendawan endofit mampu menginduksi ketahanan tanaman inang terhadap penyakit busuk buah kakao.

Berdasarkan hasil pada penelitian ini, 4 isolat terpilih dari hasil seleksi uji *in vitro* menunjukkan kemampuan yang berbeda-beda dalam menginduksi ketahanan tanaman. Isolat cendawan endofit CEA 5 dan CEB 3 selain memiliki mekanisme langsung pada uji *in vitro* (mekanisme antibiosis) juga memiliki mekanisme tidak langsung pada uji *in vivo* (menginduksi ketahanan tanaman), sedangkan kemampuan isolat cendawan endofit CED 2 dan CEA 3 dalam menginduksi ketahanan tanaman tidak sebagai isolat CEA 5 dan CEB 3. Hal tersebut menunjukkan bahwa tidak semua isolat cendawan endofit memiliki sinkronisasi pada hasil uji *in vitro* dan uji *in vivo*, namun uji *in vitro* tersebut dapat digunakan sebagai seleksi awal untuk memperkecil ruang lingkup pengujian *in vivo* sehingga diperoleh isolat cendawan endofit yang memiliki multifungsi dan benar-benar berpotensi untuk dikembangkan.

Jawaban akan perbedaan kemampuan isolat cendawan endofit dalam menginduksi ketahanan tanaman juga dapat dilihat dari pernyataan Malinowski dan Belesky (2000) yang menekankan bahwa kerja endofit dalam membantu tumbuhan lebih ke arah membentuk komunitas mikrob sehingga tidak sendirian dalam melindungi inangnya. Oleh karena itu ketidakefektifan suatu mikrob endofit tidak dapat dilihat dari satu sisi melainkan dari berbagai faktor salah satunya ialah komunitas mikrob tersebut.

DAFTAR PUSTAKA

- Benhamou N, Garand C. 2001. Cytological analysis of defense-related mechanisms induced in pea root tissues in response to colonization by nonpathogenic *Fusarium oxysporum* Fo47. *Phytopathology*. 91(8):730–740. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO.2001.91.8.730>.
- Couch BC, Kohn LM. 2002. A multilocus gene genealogy concordant with host preference indicates segregation of a new species, *Magnaporthe oryzae*, from *M. grisea*. *Mycologia*. 94(4):683–693. DOI: <http://dx.doi.org/10.2307/3761719>.
- Hallmann J, Berg G. 2006. Control of plant pathogenic fungi with bacterial endophytes. Di dalam: Schulz BJE, Boyle CJC, Sieber TN, editor. *Microbial root endophytes*. Jerman (EU): Springer. hlm 53–69.
- Herre EA, Mejía LC, Kyllö DA, Rojas E, Maynard Z, Butler A, Van Bael SA. 2007. Ecological implications of anti-pathogen effects of tropical fungal endophytes and mycorrhizae. *Ecology*. 88(3):550–558. DOI: <http://dx.doi.org/10.1890/05-1606>.
- Ho Y-N, Chiang H-M, Chao C-P, Su C-C, Hsu H-F, Guo C-t, Hsieh J-L, Huang C-C. 2015. In planta biocontrol of soilborne *Fusarium wilt* of banana through a plant endophytic bacterium, *Burkholderia cenocepacia* 869T2. *Plant Soil*. 387(1-2):295–306. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s11104-014-2297-0>.
- Irmawan DE. 2007. Kelimpahan dan keragaman cendawan endofit pada beberapa varietas padi di Kuningan, Tasikmalaya dan Subang, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- [IRRI] International Rice Research Institute. 1996. International Evaluation System for Rice. 4th edition. <http://www.knowledgebank.irri.org/images/docs/rice-standard-evaluation-system.pdf> [diakses 4 Okt 2014].
- Li CJ, Gao JH, Nan ZB. 2007. Interactions of *Neotyphodium gansuense*, *Achnatherum inebrians*, and plant-pathogenic fungi. *Mycol Res*. 111(10):1220–1227. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.mycres.2007.08.012>.
- Malinowski DP, Belesky DP. 2000. Adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of

- drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40(4):923–940. DOI: <http://dx.doi.org/10.2135/cropsci2000.404923x>.
- Munif A, Wiyono S, Suwarno. 2012. Pemanfaatan bakteri endofit untuk meningkatkan pertumbuhan dan kesehatan tanaman padi gogo. Di dalam: *Prosiding Seminar Hasil-Hasil Penelitian Institut Pertanian Bogor*; 2012 Des 10–11; Bogor (ID): LPPM IPB. hlm 349–357.
- Nur'asiah. 2011. Keanekaragaman dan kelimpahan cendawan endofit pada batang padi [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rodriguez RJ, White JF, Jr., Arnold AE, Redman RS. 2009. Fungal endophytes: diversity and functional roles. *New Phytol.* 182(2):314–330. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x>.
- Santoso, Nasution A. 2009. Pengendalian penyakit blas dan penyakit cendawan lainnya. http://www.litbang.pertanian.go.id/special/padi/bbpadi_2009_itp_20.pdf [diakses 4 Okt 2014].
- Sobrizal, Bustamam M, Carkum C, Warsun A, Human S, Fukuta Y. 2010. Identification of a major quantitative trait locus conferring rice blast resistance using recombinant inbred lines. *Indones J Agric Sci.* 11(1):1–10.
- Tondok ET. 2012. Keragaman cendawan endofit pada buah kakao dan potensinya dalam pengendalian busuk buah *Phytophthora* [Disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Tondok ET, Sinaga MS, Widodo, Suhartono MT. 2012. Potensi cendawan endofit sebagai agens pengendali hayati *Phytophthora palmivora* (Butl.) Penyebab busuk buah kakao. *J Agron Indonesia.* 40(2):146–152.
- Yamaguchii M, Saitoh H, Higashi T. 2000. Effect of varietal field resistance for control of rice blast. Di dalam: Tharreau D, Lebrun MH, Talbot NJ, Notteghem JL, editor. *Advances in rice blast research.* Montpellier (FR): Springer. hlm 196–202. DOI: http://dx.doi.org/10.1007/978-94-015-9430-1_23.
- Zakaria L, Yaakop AS, Salleh B, Zakaria M. 2010. Endophytic fungi from paddy. *Trop Life Sci Res.* 21(1):101.