

Cendawan Endofit yang Potensial Meningkatkan Ketahanan Cabai Merah terhadap Penyakit Layu Bakteri

Endophytic Fungi Potentially Increase Resistance of Chili Pepper Against Bacterial Wilt Disease

**Ana Feronika Cindra Irawati¹, Yudi Sastro¹, Sulastri²,
Maggy Tenawidjaja Suhartono³, Kikin Hamzah Mutaqin³, Widodo^{3*}**

¹Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta, Jakarta 12540

²Badan Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jakarta 10340

³Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* merupakan salah satu faktor pembatas dalam budi daya cabai merah. Pemanfaatan cendawan endofit dalam meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri pada cabai belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan memperoleh cendawan endofit yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit layu bakteri. Seleksi galur cendawan endofit dilakukan secara *in vivo* dan *in vitro*. Galur cendawan yang dinilai paling potensial dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada cabai diidentifikasi. Sebanyak 62 galur cendawan endofit diseleksi kemampuannya dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada cabai secara *in vivo* dan uji antibiosis. Sebagian besar galur cendawan endofit mampu menekan perkembangan penyakit layu bakteri, namun tidak selalu berkorelasi positif terhadap pertumbuhan vegetatif dan generatif tanaman cabai. Berdasarkan tingkat intensitas penyakit dan pertumbuhan tanaman diperoleh tiga galur cendawan endofit yang dinilai berpotensi menekan insidensi penyakit layu bakteri. Galur tersebut diidentifikasi sebagai *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* galur AC-2.13 dan AC-4.4, serta *Trichoderma asperellum* galur AC-3.18. Meskipun ketiga galur tersebut mampu menekan penyakit layu bakteri, tetapi untuk *F. solani* f.sp. *phaseoli* perlu dipertimbangkan dalam pemanfaatan secara praktis karena sudah umum diketahui sebagai penyebab penyakit busuk akar pada tanaman kacang buncis.

Kata kunci: *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli*, nonpatogen, pengendalian hayati, *Trichoderma asperellum*

ABSTRACT

Ralstonia solanacearum has been known to cause bacterial wilt disease on chili pepper. Despite many reports on the potential use of endophytic fungi to induce plant resistance, its utilization to suppress bacterial wilt disease of chili has not been widely reported. The aims of this research was to screen potential endophytic fungi that may increase chili resistance against bacterial wilt disease. Selection of endophytic fungi was done using *in vivo* and antibiosis test. Strains of fungi were considered the most potent in suppressing the development of bacterial wilt in chilli were identified. Ten out of 62 isolates of endophytic fungi gave the highest suppression on chilli's bacterial wilt disease. Most strains of endophytic fungi were able to suppress the development of bacterial wilt disease, but not always positively correlated to the vegetative and generative growth of chilli. Based on the level of disease

*Alamat penulis korespondensi: Program Studi Fitopatologi Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus Dramaga IPB, Bogor 16680
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: widodo@ipb.ac.id

intensity and the growth of plants were obtained three strains of endophytic fungi that considered potentially suppress the incidence of bacterial wilt disease. The three isolates was identified as *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli* (AC-2.13 and AC-4.4) and *Trichoderma asperellum* (AC-3.18) using morphology and molecular characters. Although all three selected isolates were able to suppress bacterial wilt disease in this study, but application of *F. solani* f.sp. *phaseoli* should be considered in practical use since it is generally known as the causal agent of root rot disease of beans

Key words: biological control, *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*, nonpathogen, *Trichoderma asperellum*

PENDAHULUAN

Luas serangan penyakit layu pada cabai yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* di Indonesia cenderung meningkat sejak tahun 2004–2011, yaitu dari 216.90 ha menjadi 504.05 ha (Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura 2013). Pengendalian *R. solanacearum* tergolong sulit karena patogen tersebut mempunyai kisaran inang yang luas, dapat bertahan pada sisa jaringan inang, dapat bertahan di dalam tanah pada keadaan dorman meski tidak terdapat inang selama bertahun-tahun, mudah disebarkan oleh aliran air, dan dapat bergerak secara aktif saat terdapat lapisan air permukaan (CABI 2012).

Teknik pengendalian yang direkomendasikan dan dinilai ramah lingkungan untuk penyakit ini ialah pengendalian hayati. Pengendalian hayati didasarkan pada pemanfaatan mikrob antagonis yang dapat bersifat langsung (kompetisi, predasi, dan antibiosis) atau secara tidak langsung melalui induksi ketahanan tanaman inang.

Pemanfaatan mikrob endofit dalam meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap beberapa jenis patogen mulai banyak dipelajari. Schulz dan Boyle (2006) menjelaskan bahwa secara umum kolonisasi endofit tanpa munculnya gejala penyakit pada tanaman terjadi karena adanya keseimbangan antagonis antara respons pertahanan tanaman dan tingkat virulensi endofit.

Nantawanit *et al.* (2010) melaporkan bahwa *Colletotrichum capsici* yang merupakan penyebab penyakit antraknosa pada cabai, mampu ditekan perkembangannya oleh khamir endofit *Pichia guilliermondii* R13 yang diisolasi dari buah rambutan. Muthukumar *et al.* (2011) menginformasikan bahwa *Pythium aphanidermatum* yang merupakan penyebab

penyakit rebah kecambah pada tanaman cabai ditekan perkembangannya dengan kombinasi penggunaan *Trichoderma virideis* TVA, yang diisolasi dari tanah di sekitar pertanaman cabai, dan bakteri endofit *Pseudomonas fluorescens* EBL 20-PF yang diisolasi dari daun cabai.

Pemanfaatan cendawan endofit dalam mengendalikan penyakit layu bakteri pada cabai belum banyak dilaporkan. Penelitian ini bertujuan menentukan cendawan endofit yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman cabai terhadap penyakit layu bakteri.

BAHAN DAN METODE

Seleksi Awal Cendawan Endofit dengan Uji *in Vivo*

Sebanyak 62 galur cendawan endofit—berasal dari akar cabai sehat—yang digunakan berasal dari Laboratorium Mikologi Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta. Pada tahap awal dilakukan seleksi *in vivo* terhadap cendawan endofit. Cabai yang digunakan ialah cabai var. Tanjung-2.

Benih cabai disterilkan permukaannya, kemudian direndam selama 18 jam dalam suspensi cendawan endofit dengan kerapatan 10^{11} cfu mL⁻¹. Setiap 50 butir benih direndam dalam 10 mL suspensi cendawan. Sebagai kontrol, benih direndam di dalam air steril tanpa menggunakan cendawan endofit. Benih cabai ditiriskan dan ditanam pada medium steril tanah dan pupuk kandang dengan rasio 1:1 v/v. Pemeliharaan dilakukan hingga bibit berumur 5–6 minggu. Bibit yang sehat dipindah pada medium nonsteril dalam pot plastik berdiameter 20 cm dengan komposisi tanah, pupuk kandang, sekam bakar dengan rasio 1:1:1 v/v/v.

Inokulasi bakteri patogen *R. solanacearum* dilakukan dua kali. Inokulasi pertama pada saat pindah tanam dilakukan dengan cara merendam akar bibit yang telah dilukai dalam suspensi bakteri 10^8 cfu mL⁻¹ selama 1 jam. Sebanyak 150 mL suspensi bakteri digunakan untuk 12 tanaman. Inokulasi kedua dilakukan pada umur 12 minggu setelah pindah tanam dengan menyiramkan 100 mL suspensi bakteri patogen (10^8 cfu mL⁻¹) pada akar tanaman yang telah dilukai. Pengamatan perkembangan penyakit dilakukan setiap 2 hari sekali setelah inokulasi buatan. Peubah pengamatan meliputi keparahan dan insidensi penyakit serta tinggi bibit.

Uji Lanjut Cendawan Endofit Terpilih

Pengujian ini terdiri atas pengujian secara *in vivo* dan uji antibiosis. Uji secara *in vivo* mengacu pada modifikasi metode yang dilakukan oleh Windriyati (2015). Bibit disiapkan dengan cara yang sama dengan uji pada seleksi awal, namun menggunakan menggunakan bibit yang diaplikasi dengan galur-galur terpilih. Kriteria galur cendawan endofit terpilih didasarkan pada kemampuannya menekan perkembangan penyakit dan memicu pertumbuhan tanaman. Berdasarkan hal tersebut dipilih galur-galur dengan 3 kriteria, yaitu (1) kemampuan menekan penyakit tinggi ($\geq 68\%$) dan memicu pertumbuhan tanaman, (2) kemampuan menekan perkembangan penyakit tinggi namun tidak memicu atau kemampuan memicu pertumbuhan rendah (tinggi/ hasil/ tinggi dan hasil < kontrol), dan (3) kemampuan memicu pertumbuhan tinggi, namun kemampuan menekan perkembangan penyakit rendah ($\leq 50\%$), serta memiliki warna koloni yang berbeda dengan galur-galur yang terdapat dalam kriteria 1 dan 2.

Inokulasi suspensi bakteri patogen (10^8 cfu mL⁻¹) dilakukan 1 kali. Setiap akar tanaman yang dilukai disiram dengan 10 mL suspensi bakteri patogen. Pengamatan perkembangan penyakit dilakukan setiap 2 hari sekali terhadap peubah perkembangan penyakit dan pertumbuhan tanaman.

Uji antibiosis menggunakan 2 metode, yaitu difusi agar filtrat cendawan endofit dan kultur ganda terhadap *R. solanacearum*. Pada

uji difusi filtrat, filtrat cendawan diperoleh dengan cara menyaring filtrat biakan cendawan yang ditumbuhkan dalam medium cair dekstrosa kentang selama 1–2 minggu menggunakan milipori tipe GS 0.22 μ m. Pada uji sistem kultur ganda, baik galur cendawan endofit maupun bakteri patogen ditumbuhkan pada medium yang sama, namun bakteri patogen digoreskan terlebih dahulu sebelum galur cendawan endofit ditanam pada medium tersebut. Masing-masing perlakuan diulang 4 kali. Sebagai pembanding digunakan medium cair dekstrosa kentang dan bakterisida berbahan aktif streptomisin. Pengamatan dilakukan terhadap munculnya zona penghambatan terhadap bakteri patogen.

Identifikasi Galur Cendawan Endofit Terpilih

Cendawan endofit terpilih yang dinilai memberikan efek terbaik dalam mengendalikan patogen diidentifikasi menggunakan kunci identifikasi menurut Alexopoulos dan Mims (1996), serta Watanabe (2002). Identifikasi molekuler juga dilakukan sebagai konfirmasi, yaitu menggunakan primer ITS 1 dan ITS 4 mengikuti metode yang digunakan oleh Hernawati *et al.* (2011).

Variabel Pengamatan

Variabel pengamatan meliputi: (1) intensitas penyakit (tingkat insidensi penyakit, tingkat keparahan penyakit dan nilai *area under the disease progress curve*/ luasan areal di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC)), (2) variabel pertumbuhan (tinggi tanaman, jumlah cabang, diameter batang, lebar kanopi, dan nilai *area under the growth progress curve*/ luasan areal di bawah kurva pertumbuhan tanaman (AUGPC)), (3) hasil tanaman (bobot buah di tingkat kematangan minimal 70%), dan (4) aktivitas antibiosis.

Intensitas penyakit dihitung berdasarkan tingkat insidensi penyakit/ kriteria penyakit dengan skala pengukuran insidensi layu dan dilanjutkan dengan menentukan nilai keparahan serangannya. Kriteria penyakit didasarkan pada skala skor penyakit layu yang rekomendasikan oleh Arwiyanto *et al.* (1994), yaitu 0, tanaman sehat; 1, 1–20% daun layu;

2, 21–40% daun layu; 3, 41–60% daun layu; 4, 61–80% daun layu dan; 5, > 80% daun layu hingga tanaman mati. Tingkat keparahan penyakit dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$KP = \frac{\sum_{i=0}^n ni \times vi}{N \times Z} \times 100\%, \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit (%); ni, jumlah tanaman layu dengan nilai skoring-i tertentu; vi, nilai numerik (skor) layu tanaman-i; N, jumlah tanaman yang diamati dan; Z, skor yang lebih tinggi (= 5).

Nilai AUDPC dan AUGPC dihitung dengan menggunakan rumus:

$$AUDPC = AUGPC = \sum_{i=1}^{n-1} \left[\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right] \times (t_{i+1} - t_i)$$

AUDPC, luasan areal di bawah kurva perkembangan penyakit; AUGPC, luasan areal di bawah kurva pertumbuhan tanaman; n, jumlah penilaian penyakit; y, intensitas penyakit; t, waktu; i dan i+1, pengamatan dari 1 sampai n.

HASIL

Seleksi Awal Cendawan Endofit dengan Uji *in Vivo*

Uji *in vivo* awal dari 62 cendawan endofit menunjukkan bahwa 28 galur cenderung mampu menekan perkembangan penyakit hingga lebih dari 50%, 18 galur memberi efek yang hampir sama dengan perlakuan kontrol, dan 10 galur cenderung lebih memicu perkembangan penyakit layu bakteri (Tabel 1). Sebanyak 16 galur lainnya tidak dapat diuji karena tanaman mendapat serangan kutudaun, trips, dan penyakit keriting hingga 100%. Beberapa galur yang mampu menekan perkembangan penyakit juga diketahui dapat meningkatkan pertumbuhan saat di pembibitan. Sebanyak 10 galur diketahui paling menekan perkembangan penyakit layu, yaitu menimbulkan tingkat keparahan penyakit 1.67–31.67% (Tabel 2).

Cendawan Endofit Terpilih Hasil Uji Lanjut

Dari 10 galur cendawan endofit dipilih 8 galur yang mewakili kondisi kriteria 1 dan 2 untuk pengujian selanjutnya. Kriteria 1 terdiri atas galur AC-1.11, AC-2.13, AC-3.18, dan

AC-4.3, sedangkan kriteria 2 terdiri atas galur AC-2.11, AC-4.4, AC-4.5, dan AC-4.11.

Cendawan endofit yang diuji lanjut sebanyak 11 galur (Tabel 3), yaitu 8 galur dengan kemampuan yang baik dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri, ditambah 3 galur yang dinilai kurang mampu menekan perkembangan penyakit dan memiliki ciri morfologi yang sangat berbeda dengan ke-8 galur terpilih. Ketiga galur tersebut ialah AC-1.13 yang berwarna cokelat muda, serta AC-3.10 dan AC-3.13 yang berwarna hitam.

Seleksi terhadap ke-11 galur tersebut didasarkan pada jumlah peubah seleksi yang memiliki nilai lebih besar dari perlakuan kontrol. Selanjutnya tiga galur, yaitu AC-2.13, AC-3.18, dan AC-4.4 digunakan dalam uji lanjut. Aktivitas antibiosis hanya ditunjukkan oleh satu galur, yaitu AC-4.3. Aktivitas tersebut tampak pada penggunaan metode difusi agar, yang ditandai dengan terbentuknya zona bening di sekitar kepingan kertas saring yang diaplikasi filtrat cendawan (Tabel 3).

Identifikasi Cendawan Endofit Terpilih

Berdasarkan pengamatan morfologi secara makroskopi dan mikroskopi ketiga cendawan endofit terpilih yang dinilai paling potensial dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri cabai tersebut diidentifikasi sebagai *Fusarium* sp. galur AC-2.13 dan AC-4.4, serta *Trichoderma* sp. galur AC-3.18. Konfirmasi melalui identifikasi secara molekuler juga menunjukkan bahwa galur AC-2.13 dan AC-4.4 merupakan *Fusarium solani* f.sp. *phaseoli*., dan galur AC-3.18 merupakan *Trichoderma asperellum*.

PEMBAHASAN

Berdasarkan pengujian diketahui sebanyak 28 galur cendawan endofit yang diuji cenderung mampu menekan perkembangan penyakit layu bakteri hingga lebih dari 50%. Diungkapkan oleh Schulz dan Boyle (2006) bahwa dalam interaksinya dengan mikrob endofit, tanaman inang memperoleh keuntungan berupa sintesis metabolit antagonis sebagai penginduksi ketahanan terhadap faktor biotik maupun abiotik. Selain itu pertumbuhan tanaman

Tabel 1 Keparahan dan insidensi penyakit layu bakteri, serta tinggi bibit tanaman cabai dengan perlakuan 46 galur cendawan endofit setelah aplikasi bakteri patogen

Galur	Keparahan Penyakit (%)		Insidensi Penyakit (%)		Tinggi Bibit (cm)
	92 hspt	98 hspt	92 hstp	98 hspt	28 hst
AC-1.4	0.00	41.67	0.00	75.00	11.28
AC-1.6	0.00	46.67	0.00	83.33	10.93
AC-1.7	0.00	38.33	0.00	75.00	9.27
AC-1.5	10.91	91.67	18.18	100.00	9.21
AC-1.8	0.00	30.00	0.00	58.33	8.17
AC-1.11	0.00	6.67	0.00	16.67	8.51
AC-1.13	8.33	76.67	8.33	91.67	10.68
AC-1.14	83.33	100.00	91.67	100.00	8.78
AC-2.1	33.33	96.67	41.67	100.00	8.63
AC-2.7	5.00	26.67	8.33	41.67	9.65
AC-2.10	0.00	43.33	0.00	75.00	9.16
AC-2.11	0.00	10.00	0.00	16.67	11.61
AC-2.13	0.00	6.67	0.00	25.00	10.25
AC-2.14	48.33	98.33	58.33	100.00	9.11
AC-2.18	16.67	100.00	25.00	100.00	9.01
AC-2.19	0.00	83.33	0.00	100.00	9.44
AC-3.1	0.00	41.67	0.00	66.67	10.08
AC-3.3	8.33	76.67	16.67	91.67	10.16
AC-3.5	0.00	63.64	0.00	90.91	8.33
AC-3.6	16.67	96.67	25.00	100.00	7.36
AC-3.7	20.00	98.33	25.00	100.00	8.27
AC-3.8	0.00	63.33	0.00	75.00	8.80
AC-3.9	25.00	98.33	41.67	100.00	7.20
AC-3.10	0.00	50.00	0.00	66.67	10.85
AC-3.11	8.33	55.00	16.67	83.33	8.00
AC-3.12	8.33	45.00	8.33	66.67	9.61
AC-3.13	0.00	48.33	0.00	83.33	7.68
AC-3.15	3.33	96.67	8.33	100.00	7.89
AC-3.16	3.33	68.33	8.33	91.67	8.15
AC-3.17	0.00	66.67	0.00	100.00	10.02
AC-3.18	0.00	16.67	0.00	33.33	7.76
AC-4.1	15.00	85.00	16.67	100.00	8.70
AC-4.2	0.00	53.33	0.00	83.33	10.50
AC-4.3	1.67	26.67	8.33	83.33	10.60
AC-4.4	0.00	1.67	0.00	8.33	7.08
AC-4.5	0.00	15.00	0.00	58.33	10.37
AC-4.7	1.67	60.00	8.33	100.00	8.37
AC-4.9	5.00	60.00	8.33	83.33	8.54
AC-4.10	0.00	78.33	0.00	100.00	7.33
AC-4.11	0.00	31.67	0.00	58.33	7.42
AC-4.12	1.67	51.67	8.33	91.67	10.25
AG-1.1	3.33	93.33	8.33	100.00	8.36
AG-1.2	0.00	85.46	0.00	100.00	7.45
AG-1.4	0.00	66.67	0.00	100.00	9.98
AG-1.5	0.00	81.82	0.00	90.91	10.31
AG-1.34	8.33	94.55	18.18	100.00	9.27
Kontrol	5.00	100.00	8.33	100.00	7.74

hspt, hari setelah pindah tanam
hst, hari setelah semai.

Tabel 2 Hasil uji *in vivo* 10 galur cendawan endofit dengan kemampuan penekanan terhadap perkembangan penyakit yang tertinggi

Galur	Warna Koloni	Keparahan Penyakit ^a (%)	Tinggi Bibit (cm)	Hasil Panen (g per 12 tanaman)
AC-4.4*	Putih	1.67	7.08	106.69
AC-2.13*	Putih	6.67	10.25	110.47
AC-1.11*	Putih + spora hijau	6.67	8.51	124.15
AC-2.11*	Putih	10.00	11.61	91.50
AC-4.5*	Putih	15.00	10.60	76.31
AC-3.18*	Putih + spora hijau	16.67	7.76	103.70
AC-4.3*	Putih + spora hijau	26.67	10.60	119.67
AC-2.7	Putih tipis	26.67	9.65	103.89
AC-1.8	Putih	30.00	8.17	106.79
AC-4.11*	Putih	31.67	7.42	92.02
Kontrol		100.00	7.74	102.97

^aDihitung hingga 10 minggu setelah inokulasi

*Galur-galur yang diuji lanjut.

juga dapat meningkat melalui produksi fitohormon maupun peningkatan akses terhadap mineral dan nutrisi. Ditemukan sebanyak 7 jenis senyawa yang diproduksi oleh *Microsphaeropsis olivacea* yang berhasil diisolasi dari *Pilgerodendron uviferum*, salah satunya merupakan turunan dari enalin, yaitu 7-hidroksi-2, 4-dimetil-3(2H)-benzofuranon yang diduga mampu memberikan efek peningkatan ketahanan tanaman inang terhadap berbagai tekanan lingkungan, khususnya oleh faktor biotik (Hormazabal *et al.* 2005).

Namun demikian, dari hasil penelitian ini juga diketahui bahwa beberapa cendawan yang mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri tersebut tidak selalu mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Begitupun sebaliknya, cendawan endofit yang paling mampu memicu pertumbuhan tanaman secara *in vivo*, belum tentu mampu menekan efek cekaman terhadap lingkungan dengan baik, misalnya terhadap perkembangan penyakit. Rodriguez *et al.* (2009) menjelaskan bahwa cendawan endofit pada dasarnya dikelompokkan 4 kelas berdasarkan pada karakteristik tipe simbiosisnya. Cendawan endofit yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang biasanya termasuk dalam kelas 2, sedangkan yang terlibat dalam peningkatan ketahanan tanaman terhadap patogen ialah kelas 3.

Dalam penelitian ini pengujian galur cendawan endofit lebih difokuskan pada respons secara langsung tingkat ketahanan tanaman yang diaplikasikan cendawan endofit terhadap perkembangan penyakit layu bakteri pada cabai. Metode ini serupa dengan penelitian yang dilakukan oleh Hartati *et al.* (2014), yaitu proses seleksi khamir sebagai agens antagonis penyakit antraknosa pada cabai. Proses seleksi juga lebih fokus pada respons secara langsung dari buah yang telah diinfeksi calon agens pengendali terhadap perkembangan penyakit. Dengan metode seperti ini, akan diketahui galur yang lebih baik dalam menekan perkembangan penyakit.

Peubah yang diamati sebagai tolak ukur proses seleksi dalam penelitian ini dititik beratkan pada tingkat perkembangan penyakit layu tanaman cabai secara langsung, didukung dengan aktivitas antibiosis cendawan secara langsung terhadap *R. solanacearum* dan beberapa peubah tingkat pertumbuhan tanaman. Dari proses seleksi yang dilakukan diketahui bahwa *Fusarium* sp. galur AC-2.13 dan AC-4.4 yang diduga bersifat nonpatogen, serta *Trichoderma* sp. galur AC-3.18 memiliki kategori seleksi tertinggi dengan jumlah yang sama, yaitu 11 peubah dari 12 peubah yang bernilai melebihi nilai perlakuan kontrol.

Tabel 3 Pengaruh cendawan endofit terpilih terhadap 12 peubah pengamatan dalam seleksi galur yang paling berpotensi sebagai agens pengendali penyakit layu bakteri pada cabai

Perlakuan	KP ^a (%)	AUDPC KP ^a	IP ^a (%)	AUDPC KjP ^a	RL ^a (%)	AUDPC RL ^a	KK 100% ^a (%)	AUDPC KK 100% ^a	Aktivitas antibiosis ^b	Tinggi (cm)	AUGPC Tinggi ^a	Hasil (g)
AC-4.4*	50.00	1099.47	91.67	2991.11	45.00	858.16	8.33	225.00	-	26.56	1720.62	498.66
AC-2.13*	42.92	1087.50	81.25	2948.96	37.71	904.64	4.17	205.21	-	28.26	1693.63	594.89
AC-1.11	56.67	1020.21	89.59	3761.84	50.83	866.36	8.33	225.00	-	26.20	1590.11	471.87
AC-2.11	55.42	1218.54	91.67	3323.96	49.79	1037.66	6.25	269.79	-	25.41	1481.97	313.80
AC-4.5	55.42	1073.12	95.83	2796.89	50.73	912.24	10.42	265.63	-	28.80	1723.95	334.46
AC-3.18*	59.17	965.42	93.75	3101.04	54.17	786.48	10.42	196.88	-	27.67	1686.10	503.91
AC-4.3	47.92	1247.09	95.84	3522.93	40.63	1024.28	4.17	131.25	+(DA)	23.53	1429.72	303.43
AC-4.11	62.92	1127.29	95.83	2973.97	55.94	952.05	6.25	178.13	-	27.73	1686.77	456.32
AC-1.13	62.88	1106.40	97.92	2748.98	57.71	921.89	12.50	385.42	-	28.54	1684.32	375.26
AC-3.10	72.08	1479.37	97.92	3077.10	65.83	1300.16	12.50	422.92	-	27.71	1688.05	426.13
AC-3.13	56.25	1281.87	95.83	3327.09	50.73	1059.64	6.25	165.63	-	25.05	1498.94	349.19
Kontrol	66.06	1580.08	95.65	3761.84	61.28	1396.82	12.77	421.28	-	26.12	1558.95	476.71

^aKP, Keparahan Penyakit; AUDPC, *Area under disease progress curve*; IP, *Insidensi Penyakit*; RL, *Rerata Kelayuan*; KK, *Kejadian Kelayuan 100%*; AUGPC, *Area under growth progress curve*.

^bAktivitas antibiosis secara langsung dengan metode difusi agar (DA) dan kultur ganda (+, ada aktivitas; -, tidak ada aktivitas).

*Galur yang dinilai paling berpotensi (galur-galur terpilih)

Namun demikian, jika nilai yang dimiliki tiga cendawan tersebut dibandingkan langsung dengan cendawan yang lain nampak bahwa nilai dari setiap kategori galur tersebut bukan merupakan nilai yang terbaik/ lebih baik. Sebagai contoh peubah tingkat keparahan penyakit pada perlakuan galur AC-3.18 memberi nilai persentase yang lebih tinggi dari beberapa galur lain (selain AC-2.13 dan AC-4.4), namun pada peubah AUDPC keparahan penyakitnya merupakan nilai yang paling rendah. Pada awalnya terdapat serangan penyakit layu yang agak tinggi pada perlakuan dengan galur AC-3.18, namun kondisi kelayuan tanaman tersebut segera dapat pulih kembali sehingga perkembangan penyakit dapat terhambat.

Dugaan tersebut diperkuat dengan besaran nilai AUDPC kelayuan dan kelayuan total (100%). Berdasarkan kategori tingkat pertumbuhan, baik vegetatif maupun generatif, tiga galur tersebut tergolong dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman, terutama dilihat dari pola perkembangan pertumbuhannya melalui nilai AUGPC hasil tanaman.

Mikrob endofit yang berpotensi mengendalikan patogen yang menyerang jaringan pembuluh tanaman umumnya diketahui melalui mekanisme antibiosis. Hu *et al.* (2010) melaporkan bahwa bakteri endofit asal mangrove *B. amyloliquefaciens* memiliki mekanisme dalam pengendalian *R. solanacearum* pada cabai melalui aktivitas antibiosis secara langsung. Namun mekanisme tersebut sepertinya tidak selalu sama, karena beberapa galur berpotensi menekan perkembangan penyakit layu bakteri dalam penelitian ini tidak selalu memiliki aktivitas antibiosis secara langsung.

Oleh karena itu, diduga cendawan endofit melibatkan mekanisme lain, misalnya aktivitas antibiosis secara tidak langsung melalui induksi ketahanan tanaman dalam memicu pertahanan tanaman cabai terhadap *R. solanacearum*. Cendawan endofit yang mampu melakukan biotransformasi senyawa-senyawa seperti katekin dan benzoxazolinona (BOA) yang merupakan senyawa-senyawa yang terkait sistem pertahanan tanaman menjadi

senyawa lain yang lebih nontoksik. Proses biotransformasi biasanya melibatkan berbagai reaksi oksidasi yang menggunakan molekul oksigen, serta dikatalisasi oleh endoenzim sehingga mampu memicu pembentukan pertahanan tanaman terhadap patogen, misalnya terpicunya reaksi hipersensitif. Salah satu cendawan endofit yang memiliki kemampuan tersebut ialah *Fusarium* sp. (Agusta 2009).

Menurut Harman (2006) mekanisme kinerja cendawan endofit *Trichoderma* sp. sebagai agens hayati melalui aktivitas mikoparasitisme (melibatkan aktivitas enzim kitinase dan β -1,3 glukanase), antibiosis, dan kompetisi nutrisi maupun ruang terhadap berbagai patogen, diketahui juga memiliki cara kerja lain yang terkait aktivitas induksi ketahanan tanaman baik secara sistemik ataupun lokal. Kemampuan *Trichoderma* sp. tersebut diduga terkait dengan kemampuan cendawan untuk memproduksi senyawa bioaktif yang membatasi dalam lingkup yang sangat terbatas pada patogen ataupun sel tanaman, dan secara bersamaan senyawa-senyawa tersebut juga membantu peningkatan pertumbuhan dan serapan hara oleh tanaman. Selain pada *Trichoderma* mekanisme ini juga tampak pada respons kolonisasi akar oleh cendawan-cendawan lain seperti spesies *Rhizoctonia* berinti sel dua (binukleat) dan *Fusarium* nonpatogenik.

Berdasarkan hasil pengamatan dari rangkaian proses seleksi agens pengendali hayati dalam penelitian ini diketahui bahwa terdapat tiga galur cendawan endofit yang paling berpotensi mengendalikan layu bakteri pada cabai, yaitu *Fusarium solani* f. sp. *phaseoli* (galur AC-2.13 dan AC-4.4) dan *Trichoderma asperellum* (galur AC-3.18). Oleh karena *F. solani* f.sp. *phaseoli* sudah umum diketahui sebagai patogen busuk akar pada tanaman buncis, maka untuk pemanfaatannya secara praktis masih perlu dipertimbangkan. Meskipun dari penelitian Mostafavi *et al.* (2012) menunjukkan adanya mutan buatan cendawan tersebut dengan radiasi sinar gamma yang mampu merubah menjadi non patogen dan mampu menekan penyakit yang ditimbulkan oleh galur patogenik.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Badan Litbang Kementan atas bantuan dana penelitian, melalui program Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional (KKP3N) Tahun Anggaran 2013.

DAFTAR PUSTAKA

- Agusta A. 2009. *Biologi dan Kimia Jamur Endofit*. Ed ke-1. Bandung (ID): ITB Press.
- Alexopoulos CJ, Mims CW. 1996. *Introductory Mycol.* Ed ke-4. New York (US): John Wiley and Sons. Inc.
- Arwiyanto T, Goto M, Tsuyumu S, Takikawa T. 1994. Biological control of bacterial wilt of tomato by an avirulent strain of *Pseudomonas solanacearum* isolated from *Strelitzia reginae*. *Ann Phytopathol Soc Jpn.* 60:421–430. DOI: <http://dx.doi.org/10.3186/jjphytopath.60.421>
- [CABI] Centre for Agriculture and Biosciences International. 2012. *Ralstonia solanacearum*. www.cabi.org [diakses tanggal 23 Maret 2012].
- [Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura]. 2013. Data sekunder Luas Serangan Penyakit Layu Bakteri pada Tanaman Cabai di Indonesia. Jakarta (ID): Direktorat Jendral Hortikultura.
- Harman GE. 2006. Overview of mechanisms and uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology.* 96:190–194. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PHYTO-96-0190>.
- Hartati S, Wiyono S, Hidayat SH, Sinaga MS. 2014. Seleksi khamir epifit agens antagonis penyakit antraknosa pada cabai. *J Hort.* 24(3):258–265.
- Hernawati H, Wiyono S, Santoso S. 2011. Leaf endophytic of chili (*Capsicum annum*) and their role in the protection against *Aphis gossypii* (Homoptera: Aphididae). *Biodiversitas.* 12(4): 187–191. DOI: <http://dx.doi.org/10.13057/biodiv/d120401>.
- Hormazabal E, Hirschmann GS, Astudillo L, Rodriguez J, Theoduloz C. 2005. Metabolites from *Microsphaeropsis olivacea*, an endophytic fungus of *Pilgerodendron uviferum*. *Z Naturforsch.* 60:11–21. DOI: <http://dx.doi.org/10.1515/znc-2005-1-203>.
- Hu HQ, Li XS, He H. 2010. Characterization of an antimicrobial material from a newly isolated *Bacillus amyloliquefaciens* from mangrove for biocontrol of Capsicum bacterial wilt. *Biol Control.* 54(2010):359–365. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.06.015>.
- Muthukumar A, Eswaran A, Sangeetha G. 2011. Induction of systemic resistance by mixtures of fungal and endophytic bacterial isolates against *Pythium aphanidermatum*. *Acta Physiol Plant.* 33:1933–1944.
- Nantawanit N, Chanchaichaovivat A, Panijpan B, Ruenwongsa P. 2010. Induction of defense response against *Colletotrichum capsici* in chili fruit by the yeast *Pichia guilliermondii* strain R13. *Biol Control.* 52:145–152. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2009.10.011>.
- Rodriguez RJ, White JF, 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>.
- Schulz BJE, Boyle CJC. 2006. What are endophytes?. Di dalam Schulz BJE, Boyle CJC, Sieber TN, editor. *Microbial Root Endophytes*. Volume 9. *Soil Biology*: Berlin (DE): Springer. hlm 1–13.
- Watanabe T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil Seed Fungi*. Ed ke-2. Washington (US): CRC Pr. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9781420040821>.
- Windriyati RDH. 2015. Seleksi cendawan endofit untuk pengendalian penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman cabai [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.