

Eksplorasi dan Pengaruh Cendawan Endofit yang Berasal dari Akar Tanaman Cabai Terhadap Pertumbuhan Benih Cabai Merah (*The Exploration and Effect of Endophytic Fungus Isolated from Chilli's Root to Growth of Chilli Seedling*)

Ana Feronika Cindra Irawati¹⁾, Kikin Hamzah Mutaqin²⁾, Maggy Tenawidjaja Suhartono³⁾
Yudi Sastro⁴⁾, Sulastris⁵⁾, dan Widodo²⁾

¹⁾ Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta, Jln. Ragunan No. 30, Pasar Minggu, Jakarta Selatan, Indonesia 12540

²⁾ Dept. Proteksi Tanaman IPB, Jln. Kamper Kampus IPB Darmaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16680

³⁾ PAU IPB, Dept Teknologi dan Ilmu Pangan Fateta IPB, PO BOX 220, Dramaga, Kampus IPB, Bogor, Jawa Barat, Indonesia 16002

⁴⁾ Pusat Penelitian dan Pengembangan Hortikultura, Jln Tentara Pelajar No. 3C, Kampus Penelitian Pertanian Cimanggu,
Bogor Jawa Barat, Indonesia 16111

⁵⁾ Balai Pengkajian dan Penerapan Teknologi, Jln. MH. Thamrin No. 8. Gd II Pusat Teknologi Produksi Pertanian-Tab - BPPT Lt. 17
E-mail: ana.feronika@gmail.com

Diterima: 24 Februari 2016; direvisi: 24 Desember 2016; disetujui: 20 Januari 2017

ABSTRAK. Cendawan endofit diketahui memiliki kemampuan dalam menghasilkan metabolit sekunder yang sering berdampak terhadap pertumbuhan inangnya, seperti meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kondisi cekaman biotik dan abiotik, maupun meningkatkan pertumbuhannya. Penelitian bertujuan mengisolasi dan mengetahui pengaruh aplikasi cendawan endofit yang diperoleh dari akar tanaman cabai terhadap pertumbuhan benih tanaman cabai besar (*Capsicum annuum* L.). Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi dan Rumah Kaca BPTP Jakarta, sejak September 2012 hingga Agustus 2013. Penelitian terdiri atas eksplorasi, uji patogenisitas, dan uji efikasi terhadap cendawan endofit. Eksplorasi cendawan endofit dilakukan terhadap sampel akar tanaman cabai sehat dari daerah Garut (Jawa Barat), yang sering digunakan untuk budidaya tanaman cabai dan Cipayung (Jakarta Timur), yang merupakan daerah baru untuk budidaya tanaman cabai. Seleksi awal terhadap isolat cendawan dilakukan dengan uji patogenisitas secara *in vitro*. Uji efikasi cendawan secara *in vivo* pada benih cabai berfungsi untuk mengetahui efek aplikasi cendawan terpilih terhadap pertumbuhan benih. Hasil eksplorasi menunjukkan bahwa isolat cendawan yang diperoleh dari akar tanaman cabai daerah Garut, secara makroskopis memiliki keragaman lebih tinggi dibanding dengan keragaman isolat dari daerah Cipayung. Uji patogenisitas menunjukkan bahwa isolat cendawan yang diuji cenderung didominasi oleh cendawan yang bersifat patogenik dan potensial patogenik. Uji efikasi cendawan endofit terpilih (46 isolat nonpatogenik dan 16 isolat potensial patogenik), dalam memengaruhi pertumbuhan vegetatif benih, menunjukkan bahwa 74,19% isolat yang diuji memiliki kemampuan memicu pertumbuhan benih. Sebanyak 34 isolat dari isolat-isolat tersebut diketahui merupakan isolat yang konsisten bersifat nonpatogenik dan 12 isolat berdasarkan uji patogenisitas bersifat potensial patogenik.

Kata kunci: Cendawan nonpatogenik; Metabolit sekunder; Fitohormon

ABSTRACT. Endophytic fungi are known be able to produce secondary metabolites that often impact on the growth of its host, such as increasing the resistance of plant to biotic and abiotic stress conditions, as well as enhance its growth. This study aimed to isolate and determine the effect of endophytic fungi applications that isolated from the roots of chilli plants to the growth of chilli seeds (*Capsicum annuum* L.). The research activities carried out in the Laboratory of Microbiology and Greenhouse BPTP Jakarta, from September 2012 to August 2013. The study was consisted the exploration, pathogenicity test, and the efficacy test of the endophytic fungi. The exploration of endophytic fungus carried out on samples of chili healthy plant roots from the area of Garut (West Java), which is often used for the cultivation of chilli plants, and Cipayung (East Jakarta), which is a new area for the cultivation of chilli plants. The initial selection of the isolates of the fungi carried by the pathogenicity test *in vitro*. The efficacy test of the fungus, *in vivo*, in seedlings of chilli serves to determine the effect application of the fungus that selected on the growth of seedlings. Exploration results indicate that fungi isolates obtained from roots of pepper plants Garut, macroscopically has a higher diversity compared with isolates from regional diversity Cipayung. Pathogenicity test demonstrated that the fungi tested isolates tend to be dominated by a fungus that is pathogenic and potentially pathogenic. Test the efficacy of endophytic fungus chosen in influencing the vegetative growth of seedlings (46 isolates nonpathogenic and 16 isolates potentially pathogenic), showed that 74.19% of isolates tested has the ability to trigger the growth of seedlings at planting medium sterile conditions. As many as 34 isolates from isolates are well known consistence as nonpathogenic isolates and 12 isolates were to be potentially pathogenic isolates on pathogenicity test.

Keywords: Nonpathogenic fungus; Secondary metabolite; Phytohormone

Cabai merah (*Capsicum annuum* L.), merupakan salah satu jenis komoditas hortikultura yang memiliki nilai ekonomi tinggi dan termasuk dalam salah satu jenis kebutuhan pokok, khususnya bagi masyarakat Indonesia. Oleh karena itu, usaha budidaya cabai masih menjadi salah satu sumber pendapatan utama bagi petani Indonesia. Salah satu komponen penting

dalam upaya pencapaian produktivitas suatu tanaman yang dibudidayakan, dalam hal ini tanaman cabai adalah ketersediaan benih yang baik. Benih yang baik tidak saja dilihat dari kualitas kesehatannya, tetapi juga dilihat dari tingkat pertumbuhannya. Perbaikan kualitas benih dapat dilakukan sejak penyiapan dan perlakuan benih.

Penyiapan dan perlakuan benih guna memperoleh benih berkualitas dapat dilakukan dengan penambahan berbagai unsur hara, zat pengatur tumbuh, secara kultur teknis, maupun dengan memanfaatkan mikroba fungsional (Sutariati & Saufan 2012, Agustiansyah *et al.* 2013, Arinasa 2015, Marpaung & Hutabarat 2015). Cendawan endofit diketahui merupakan salah satu jenis mikroba fungsional yang mampu memproduksi metabolit sekunder, yang baik secara langsung atau tidak langsung dapat memengaruhi pertumbuhan inangnya (Agusta 2009). Mikroba endofit hidup di dalam jaringan tanaman pada periode tertentu dan mampu hidup dengan membentuk koloni dalam jaringan tanaman tanpa membahayakan inangnya. Mikroba endofit dapat berasal dari kelompok bakteri dan cendawan. Penelitian terkait peran mikroba endofit mulai banyak dilakukan pada dua dekade terakhir, terutama dipicu adanya laporan Garry A. Strobel mengenai kemampuan cendawan endofit meniru metabolisme metabolit sekunder dari tanaman inangnya (Agusta 2009). Berbagai penelitian tersebut di antaranya terkait dengan penelitian mengenai eksplorasi berbagai cendawan endofit yang memiliki kemampuan yang spesifik dan unik, serta identifikasi berbagai cendawan endofit yang belum dideskripsikan sebelumnya.

Kemampuan cendawan endofit dalam meniru dan memproduksi metabolit sekunder dari tanaman inangnya diduga disebabkan karena cendawan endofit mengalami rekombinasi genetik atau dengan kata lain mengadopsi beberapa info genetik dari inangnya melalui suatu proses evolusi di dalam jaringan tanaman inang. Agusta (2009) menyampaikan bahwa hal tersebut dilaporkan oleh beberapa peneliti terdahulu, di antaranya oleh Tan & Zau (2001), Strombel & Daisy (2003), serta Germaine beserta para koleganya pada tahun 2004. Hal serupa juga disampaikan oleh Yuan *et al.* (2008) bahwa keberhasilan interaksi antara cendawan endofit dan inang menyiratkan adanya evolusi mekanisme regulasi secara mandiri yang unik dari kedua belah pihak.

Schulz & Boyle (2006) menyampaikan bahwa dalam interaksi antara mikroba endofit dengan inangnya, endofit akan mendapat keuntungan berupa adanya pasokan nutrisi, terlindungi dari tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan, yang membantu dalam upaya reproduksi dan kolonisasi. Di sisi lain, tanaman inang pada umumnya dapat memperoleh keuntungan berupa adanya penginduksian ketahanan terhadap berbagai tekanan, baik oleh faktor biotik maupun abiotik, dan juga dapat meningkatkan pertumbuhannya, yaitu melalui produksi fitohormon, peningkatan akses terhadap mineral dan nutrisi, serta sintesis metabolit antagonistik (Jeffrey *et al.* 2008, Agusta 2009).

Penggunaan mikroba endofit dalam pengendalian beberapa jenis pengganggu tanaman telah mulai banyak diteliti, baik organisme pengganggu dari jenis hama (serangga, herbivora, dan nematoda), patogen penyakit, maupun pengaruhnya terhadap tingkat toleransi tanaman dalam menghadapi kondisi lingkungan yang ekstrim, misalnya kekeringan (Hormazabal *et al.* 2005, Damayanti 2013, Singh *et al.* 2013). Namun, informasi mengenai pemanfaatan cendawan endofit dalam meningkatkan pertumbuhan cabai belum banyak diperoleh.

Penelitian ini bertujuan mengetahui berbagai efek cendawan endofit terhadap pertumbuhan benih tanaman cabai, guna mendukung pengembangan strategi penyediaan benih sehat yang berwawasan lingkungan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat

Kegiatan penelitian dilakukan di Laboratorium Mikologi Departemen Proteksi Tanaman Institut Pertanian Bogor dan Lab. Mikrobiologi dan Rumah Kaca BPTP Jakarta, sejak September 2012 hingga Agustus 2013.

Isolasi Cendawan Endofit dari Perakaran Tanaman Cabai Sehat

Cendawan endofit diisolasi dari perakaran beberapa sampel tanaman cabai yang sehat dari dua daerah pertanaman cabai, yaitu Garut (Jawa Barat) dan Cipayung (Jakarta Timur). Pemilihan sampel tanaman cabai sehat dilakukan secara acak pada kedua daerah pertanaman tersebut. Mula-mula perakaran tanaman cabai dicuci hingga bersih, kemudian disterilkan permukaannya dengan direndam dalam alkohol 70% selama 1–2 menit, lalu direndam dalam 1% NaOCl selama 1–2 menit, dan selanjutnya dibilas sebanyak tiga kali dengan akuades steril. Sebagai kontrol untuk memastikan cendawan yang diisolasi merupakan cendawan endofit maka sampel akar digores pada permukaan media *malt extract agar* (MEA). Sampel tersebut kemudian dipotong-potong berukuran sekitar 1 cm dan ditanam/diletakkan pada media MEA, kemudian diinkubasikan pada suhu ruang, dengan pencahayaan 12 jam kondisi terang dan 12 jam kondisi gelap hingga terdapat cendawan endofit yang tumbuh.

Cendawan yang tumbuh dari setiap sampel kemudian dimurnikan pada media *potato dextrose agar* (PDA). Penyimpanan isolat dilakukan dengan menempatkan isolat yang telah murni tersebut pada suhu rendah ataupun dengan penyimpanan

kering beku. Cendawan endofit terpilih yang dinilai memberikan efek terbaik dalam mengendalikan patogen diidentifikasi dengan menggunakan kunci identifikasi menurut Alexopoulos & Mims (1996), serta Barnett & Hunter (1998).

Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas dilakukan terhadap isolat cendawan yang diperoleh dari akar tanaman cabai sehat. Setiap isolat cendawan ditumbuhkan pada media PDA. Inkubasi dilakukan selama 5–7 hari pada suhu kamar. Setelah masa inkubasi, setiap 20 benih cabai yang telah disterilisasi permukaannya diletakkan dalam setiap biakan cendawan endofit, dalam cawan petri tersebut. Sebagai kontrol, diletakkan benih pada media PDA. Parameter pengamatan berupa tingkat perkecambahan benih. Isolat yang menyebabkan benih berkecambah secara normal (minimal sama dengan kontrol) atau diduga potensial memicu pertumbuhan tanaman, merupakan isolat yang terutama diuji patogenisitas lanjutan, dan sebagai konfirmasi hasil pengamatan juga dilakukan pengujian terhadap beberapa isolat yang diduga cenderung bersifat potensial patogenik. Setiap perlakuan menggunakan tiga ulangan.

Efek Cendawan Endofit Terhadap Pertumbuhan Benih

Cabai yang dipergunakan adalah varietas Tanjung-2. Pengujian dilakukan terhadap 62 isolat cendawan terpilih, yaitu isolat yang bersifat nonpatogenik dan potensial patogenik. Mula-mula dilakukan penyiapan isolat cendawan. Penyiapan suspensi cendawan endofit dilakukan dengan menumbuhkan cendawan dalam media PDA atau *potato dextrose broth* (PDB) selama 1–2 minggu, kemudian cendawan endofit dipanen dan disuspensikan dalam air steril hingga kerapatan populasi sebesar 10^6 cfu/ml.

Benih cabai yang akan digunakan disterilisasi permukaannya terlebih dahulu dengan alkohol 70% selama 1–2 menit, kemudian dibilas tiga kali dengan akuades steril. Setelah benih ditiriskan kemudian direndam selama 12–24 jam dalam suspensi cendawan endofit yang telah dipersiapkan, yaitu sebanyak 50 benih dalam 10 ml suspensi untuk setiap perlakuan. Benih diambil, kemudian ditiriskan. Sebagai kontrol, benih hanya disterilisasi permukaannya dan diperam tanpa menggunakan cendawan endofit. Benih cabai tersebut kemudian ditanam pada media tanam berupa tanah steril + kompos + sekam bakar (dengan perbandingan volume 1:1:1), dalam *seed trays* berukuran 32 lubang. Setiap perlakuan menggunakan empat ulangan, dan setiap ulangan menggunakan sebanyak delapan populasi benih. Percobaan menggunakan rancangan acak lengkap.

Pemeliharaan dilakukan sampai tanaman berumur 6 minggu. Tanaman diberi pupuk menggunakan NPK (16:16:16) dengan konsentrasi 1 gram per liter yang diaplikasikan sebanyak 10 ml untuk setiap lubang tanam pada umur 5 minggu. Variabel pengamatan berupa pengamatan tingkat perkecambahan benih, kemungkinan adanya serangan organisme pengganggu tanaman (OPT), dan mengukur tingkat pertumbuhan benih (tinggi tanaman, jumlah daun, lebar, dan panjang daun tanaman, serta diameter batang).

Pengamatan terhadap adanya serangan OPT dilakukan dengan mengamati ada tidaknya serangan OPT utama pada tanaman, di antaranya yaitu serangan kutudaun, trips, penyakit keriting, atau pun penyakit rebah semai.

Analisis Data

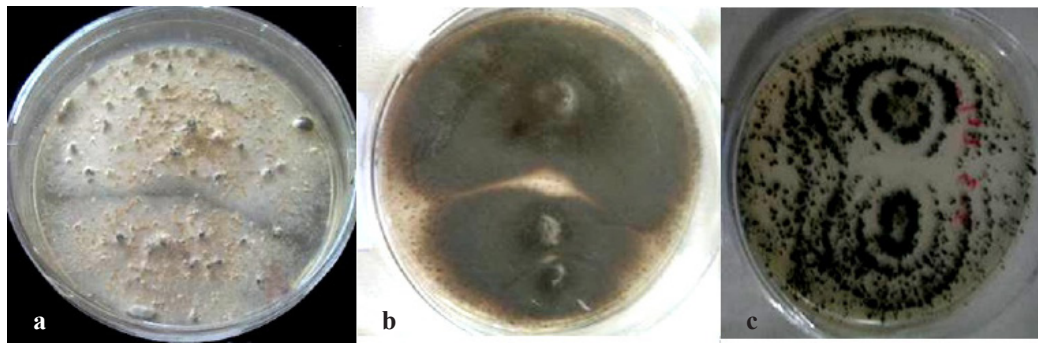
Data pengaruh aplikasi cendawan endofit terhadap variabel pertumbuhan tanaman diolah secara statistik dan deskriptif, berupa rerata yang ditampilkan dalam tabel dan gambar. Analisis statistik dilakukan menggunakan Analisis Varian (ANOVA), dan perlakuan yang berbeda nyata dilanjutkan dengan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf kepercayaan 95%, menggunakan program software SPSS versi 16.0.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi dan Identifikasi Awal Cendawan Endofit dari Perakaran Tanaman Cabai Sehat

Cendawan endofit diisolasi dari perakaran beberapa sampel tanaman cabai sehat varietas Kopay yang berasal dari daerah Cipayung (Jakarta Timur), dan var. Tanjung dari daerah Garut (Jawa Barat). Sampel tanaman cabai var. Kopay dari Cipayung merupakan jenis tanaman yang tergolong baru dibudidayakan di wilayah tersebut, karena petani di wilayah tersebut biasanya membudidayakan jenis tanaman sayuran daun, seperti sawi, selada, bayam, kangkung, dan kemangi.

Isolat cendawan yang diperoleh dari Cipayung didominasi oleh cendawan berwarna koloni putih, cokelat, dan hitam. Cendawan berwarna koloni putih berdasarkan identifikasi awal tergolong dalam *Fusarium* dan *Colletotrichum*, sedangkan cendawan berwarna koloni cokelat diduga merupakan *Fusarium*, dan yang berwarna koloni hitam adalah *Curvularia*. Sampel tanaman cabai var. Tanjung yang berasal dari Garut merupakan jenis tanaman yang biasa dibudidayakan di wilayah tersebut. Selain cendawan endofit dengan warna koloni putih, cokelat, dan hitam,



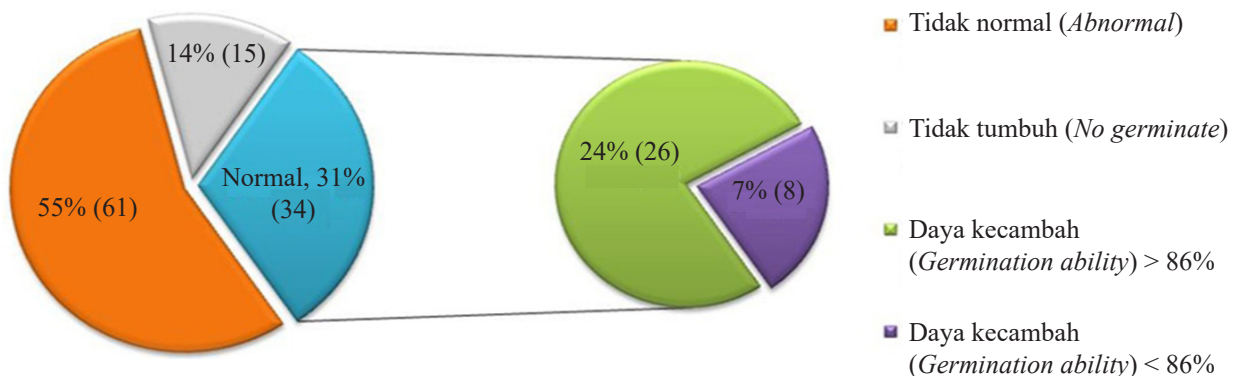
Gambar 1. Beberapa koloni isolat cendawan endofit yang berasal dari akar tanaman cabai: (a-b) isolat AC-3.8 dan AC-3.15 diperoleh dari Cipayung (Jaksel), dan (c) isolat AG-2.3 dari Garut (Jabar) [Some colonies of endophytic fungal isolates that derived from the roots of chili plants: (a-b) isolate AC-3.8 and AC-3:15 obtained from Cipayung (South Jakarta), and (c) isolate the AG-2.3 from Garut (West Java)]

dari sampel tanaman tersebut banyak juga ditemukan cendawan dengan warna koloni hijau (diidentifikasi awal merupakan *Trichoderma* dan *Penicillium*), merah muda hingga ungu (diidentifikasi awal merupakan *Fusarium*) (Gambar 1).

Hasil pengamatan menunjukkan bahwa isolat cendawan yang diperoleh dari akar tanaman cabai sampel dari Garut memiliki keragaman yang lebih tinggi dibandingkan dengan sampel dari Cipayung. Perbedaan keragaman tersebut kemungkinan dipengaruhi oleh kondisi lingkungan asal sampel, di antaranya varietas tanaman cabai, sejarah penggunaan lahan pertanian cabai yang digunakan sebagai sampel, serta kondisi geografis lokasi. Menurut Sieber & Grünig (2006), beberapa hal yang dapat memengaruhi keragaman endofit pada suatu tanaman di antaranya adalah faktor-faktor lingkungan, tipe vegetasi, pola spatiotemporal mikrokosmos (akar), dan interaksinya dengan berbagai mikrob. Cendawan endofit yang telah diperoleh tersebut kemudian diuji lebih lanjut guna mengetahui pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman.

Uji Patogenisitas

Uji patogenisitas dilakukan terhadap 110 isolat, di mana sebanyak 64 isolat diperoleh dari perakaran cabai dari daerah Cipayung (Jakarta Timur), dan 46 isolat dari daerah Garut (Jawa Barat). Hasil pengujian menunjukkan bahwa dari total isolat cendawan yang digunakan, yang tergolong pada cendawan yang tidak patogenik hanya sekitar 31%. Sebanyak 24% memengaruhi pertumbuhan kecambah cabai yang lebih baik dari kontrol secara *in vitro*. Cendawan yang ditemukan lebih didominasi oleh cendawan patogenik dan potensial patogenik. Cendawan patogenik menyebabkan benih tidak dapat berkecambah, sedangkan cendawan potensial patogenik masih dapat menyebabkan benih berkecambah tetapi pertumbuhannya tidak normal (Gambar 2, Tabel 1). Menurut Kartika (2013), yang dimaksud kecambah dengan pertumbuhan normal adalah kecambah dengan perkembangan sistem akar, hipokotil, plumula, dan kotiledon yang baik/sepurna tanpa ada kerusakan atau kelainan pada jaringan-jaringannya.



Gambar 2. Persentase cendawan endofit dalam kemampuannya memicu perkecambahan benih cabai (angka dalam kurung menunjukkan jumlah isolat) [Percentage of endophytic fungi in their ability to trigger the germination of seeds of chili (numbers in parentheses indicate the number of isolates)]

Tabel 1. Persentase jumlah isolat cendawan endofit terhadap beberapa kondisi viabilitas benih cabai
(*Percentage of total isolates endophytic fungus on some chili seed viability conditions*)

Asal isolat (<i>Origin of isolates</i>)	Kondisi Perkecambahan (<i>Germination conditions</i>), %			Tingkat Perkecambahan (<i>Germination level</i>), %		
	Normal (<i>Normal</i>)	Tidak normal (<i>Abnormal</i>)	Tidak tumbuh (<i>No Germinate</i>)	Kurang dari kontrol (<i>Less than control</i>)	Sama dengan Kontrol (<i>Amount control</i>)	Lebih dari Kontrol (<i>More than control</i>)
Cipayung (64)	21,82 (24)	26,36 (29)	10,00 (11)	49,09 (54)	0,9 (1)	8,18 (9)
Garut (46)	9,09 (10)	29,09 (32)	3,64 (4)	32,73 (36)	1,82 (2)	7,27 (8)
Total (110)	30,91 (34)	55,46 (61)	13,64 (15)	81,82 (90)	2,73 (3)	15,46 (17)

Tingkat perkecambahan pada perlakuan kontrol sebesar 94,71% (*Controls germination rates in treatment amounted to 94.71%*)
Angka dalam kurung menunjukkan jumlah isolat (*Numbers in parentheses indicate the number of isolates*)

Beberapa peneliti lain melaporkan bahwa hasil pengujian terhadap beberapa isolat cendawan yang diperoleh dari tanaman cabai sehat, baik bagian akar, batang, maupun cabang biasanya yang bersifat nonpatogenik hanya berkisar 13% (Ramdan *et al.* 2013) hingga 22% (Windriyati 2015). Meskipun pada tanaman yang sehat relatif banyak ditemukan mikroba yang sebenarnya bersifat patogenik, namun pada kenyataannya hanya sedikit yang dapat menyebabkan tanaman yang bersangkutan itu sakit. Hal ini disebabkan karena beberapa hal, di antaranya memang tidak ada kesesuaian antara patogen dan inang, baik kesesuaian nutrisi maupun pengenalan terhadap patogen. Di samping itu, secara alami tanaman mampu untuk meningkatkan pertahanan dirinya, baik secara langsung atau pun tidak langsung terhadap patogen. Selain itu, hal tersebut dapat juga karena adanya efek tidak langsung dari interaksi berbagai mikroba patogenik tersebut dengan mikroba nonpatogenik yang ada.

Beberapa kondisi pertumbuhan kecambah yang tidak normal, pada awal pertumbuhan ada yang tumbuh hampir sama hingga jauh lebih besar dari perlakuan kontrol, namun setelah 5–7 hari umumnya kecambah yang mulai tumbuh tersebut akan mengalami nekrosis. Hal ini banyak ditunjukkan pada perlakuan cendawan endofit dengan warna koloni hijau, seperti isolat AC-3.12. Beberapa gambaran kondisi benih yang ditumbuhkan pada koloni cendawan endofit tampak seperti Gambar 3.

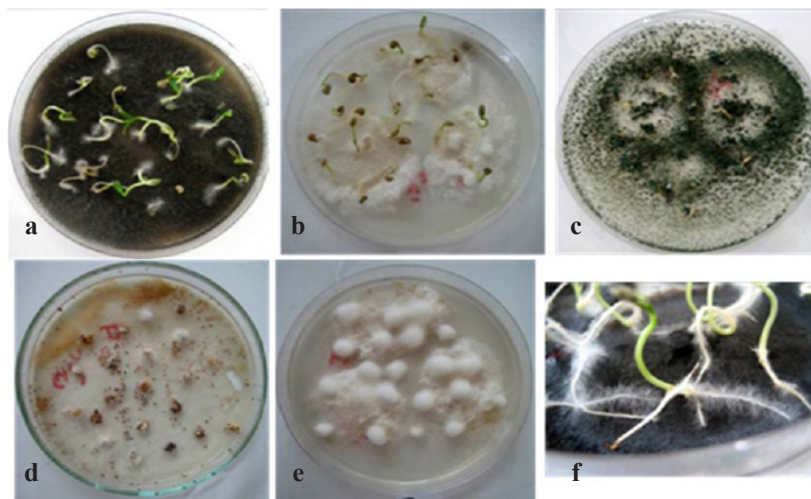
Sebanyak 62 dari 110 isolat cendawan yang telah diuji patogenesitasnya kemudian diuji lanjut efek aplikasinya terhadap pertumbuhan tanaman cabai di rumah kaca. Isolat-isolat tersebut tidak hanya meliputi isolat yang memberikan efek yang baik terhadap viabilitas (kondisi perkecambahan normal), tetapi beberapa di antaranya juga ada yang tergolong memberikan efek perkecambahan benih yang tidak normal/abnormal, terutama isolat-isolat yang pada awalnya menyebabkan benih berkecambah dengan

sangat baik namun kemudian mengalami nekrosis seperti isolat AC-3.12.

Uji Efek Cendawan Endofit Terhadap Pertumbuhan Benih Cabai

Diketahui bahwa, dari 62 isolat tersebut beberapa di antaranya konsisten dalam memicu perkecambahan benih (Tabel 2). Demikian pula secara statistik pada pengamatan umur benih 28 HST, tampak bahwa sebagian besar isolat memberikan efek terhadap pertumbuhan benih yang berbeda nyata dengan kontrol. Terdapat sebanyak 23 isolat yang konsisten memicu pertumbuhan tinggi tanaman, dan yang tertinggi dipicu oleh isolat AC-2.11. Lebih dari 80% dari isolat yang diuji mampu memicu pertumbuhan tinggi tanaman. Selain itu, sebagian besar isolat juga cenderung memicu kemampuan tanaman untuk membentuk daun (sekitar 80%). Dari berbagai parameter pertumbuhan tanaman tersebut terdapat satu isolat cendawan endofit yang paling menonjol dalam memicu pertumbuhan tanaman, yaitu isolat AC-2.11, sedangkan perlakuan yang paling cenderung menurunkan tingkat pertumbuhan tanaman adalah perlakuan benih dengan isolat AC-4.4 (Gambar 4).

Dengan demikian, diketahui bahwa dari 62 isolat yang diuji, yang konsisten mampu memicu pertumbuhan tanaman ada sekitar 54,84%, namun secara keseluruhan terdapat 74,19% yang potensial sebagai pemicu pertumbuhan tanaman (Tabel 3). Kemampuan beberapa baik cendawan maupun bakteri endofit dalam memicu pertumbuhan tanaman dijelaskan oleh Anand *et al.* (2006), dapat melalui mekanisme secara langsung maupun tidak langsung. Mekanisme secara langsung diduga salah satunya adalah dengan melibatkan produksi senyawa-senyawa pengatur tumbuh (Dai *et al.* 2008, Bhagobaty & Joshi 2009, Waqas *et al.* 2012) atau meningkatkan ketersediaan nutrisi yang terbatas untuk peningkatan pertumbuhan tanaman, sedangkan secara tidak



Gambar 3. Berbagai kondisi benih yang diaplikasi dengan cendawan endofit: (a-b) kondisi perkecambahan normal (isolat AC-3.10 dan AC-4.2), (c) kondisi perkecambahan tidak normal (isolat AC-3.12), (d-e) benih tidak berkecambah (isolat AC-2.12 dan AC-2.8), dan (f) kondisi kecambah yang tumbuh dengan sangat baik (isolat AC-3.15) [*Various conditions of seed that applied with endophytic fungus (a-b) normal germination conditions (isolates AC-3.10 and AC-4.2), (c) conditions are not normal germination (isolates AC-3.12), (d-e) seeds do not germinate (isolates AC-2.12 and AC-2.8), and (f) Events sprouts that grow very well (isolates AC-3.15)*]

Tabel 2. Tingkat perkecambahan benih (%), tinggi tanaman (cm), dan jumlah daun (satuan dalam buah), tanaman cabai dengan berbagai perlakuan cendawan endofit (perwakilan dari seluruh isolat yang diuji) [*Level of seed germination (%), plant height (cm), and number of leaves (units of fruit), chili seeds with various multiple treatments endophytic fungi (representatives of all isolates tested)*]

Isolat	Σ BBC	TB	Σ D	Isolat	Σ BBC	TB	Σ D
	22 HSP	28 HSP	28 HSP		22 HSP	28 HSP	28 HSP
AC-1.2	100	10,16 p-t	6,70 f-l	AC-3.10	100	10,85 tu	7,20 klm
AC-1.4	100	11,28 uv	7,00 i-m	AC-3.12	100	9,61 l-s	6,60 f-k
AC-1.11	100	8,51 e-k	6,00 b-f	AC-3.18	100	7,76 a-f	5,70 a-d
AC-1.14	84,38	8,78 g-m	6,20 d-h	AC-4.2	100	10,50 stu	7,10 j-m
AC-2.1	100	8,63 e-l	6,10 c-q	AC-4.3	100	10,60 stu	6,80 g-m
AC-2.7	100	9,65 m-s	6,70 f-l	AC-4.4	100	7,08 a	5,70 a-d
AC-2.10	100	9,16 i-p	6,50 e-j	AC-4.5	100	10,37 r-u	6,90 h-m
AC-3.1	100	10,08 o-t	6,90 h-m	AG-1.1	96,88	8,36 d-j	6,30 d-i
AC-3.3	100	10,16 p-t	6,80 g-m	AG-1.2	100	7,45 a-d	5,70 a-d
AC-3.5	100	8,33 c-j	6,30 d-i	AG-1.4	100	9,98 n-t	6,60 f-k
AC-3.6	100	7,36 a-d	5,50 abc	AG-1.5	100	10,31 r-t	6,70 f-l
AC-3.7	90,63	8,27 c-j	5,80 a-d	AG-1.34	100	9,27 j-q	6,40 d-i
AC-3.8	100	8,80 g-m	6,20 d-h	Kontrol	100	7,74 a-f	5,70 a-d
KK(CV), %						36,09	28,37

BBC = Benih berkecambah (*seeds germinated*), TB = tinggi benih (*height of seed*), dan Σ D = jumlah daun (*number of leaves*), HSP = hari setelah penyemaian (*Das/Days after seedlings*)

langsung, yaitu melalui penekanan terhadap mikroba pengganggu (Gao *et al.* 2010, de Lima Favaro *et al.* 2012, Manici *et al.* 2014).

Mikroba yang paling mampu memicu pertumbuhan tanaman baik secara *in vitro* maupun *in planta*, belum tentu mampu dengan baik menekan efek cekaman terhadap lingkungan, misalnya terhadap perkembangan penyakit. Seperti yang dijelaskan oleh Rodriguez *et*

al. (2009), bahwa cendawan endofit pada dasarnya dikelompokkan menjadi beberapa kelas. Bagi cendawan endofit yang mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman inang biasanya termasuk ke dalam kelas-2, sedangkan yang terlibat dalam peningkatan ketahanan tanaman terhadap patogen adalah kelas-3. Augusta (2009), menyampaikan bahwa, selain dapat memproduksi berbagai jenis metabolit sekunder (seperti alkaloid,



Gambar 4. Beberapa performa benih cabai yang diinokulasi dengan cendawan endofit umur 28 minggu setelah tanam: (a) perlakuan Kontrol, (b) perlakuan benih dengan isolat AC-2.10, dan (c) perlakuan benih dengan isolat AC-4.4. [Some performance seeds of chili were inoculated with endophytic fungi, 28 weeks after planting: (a) control treatment, (b) treatment of seeds with isolates AC-2.10, and (c) treatment of seeds with isolates AC-4.4.)]

Tabel 3. Karakteristik 62 isolat cendawan endofit yang berasal dari akar tanaman cabai terhadap uji *in vitro* dan *in vivo* (The characteristics of 62 isolates of endophytic fungus that isolated from the chili's roots, on *in vitro* and *in vivo* test)

Kriteria karakter isolat cendawan (Criteria of fungus isolates character)	Kondisi saat uji patogenisitas (Growing consistently not normal), %	
	Nonpatogenik (Nonpathogenic)	Potensial patogenik (Potential pathogenic)
	54,85 (34)	45,15 (28)
Konsisten memicu pertumbuhan (Triggering growth consistently)	54,85 (34)	-
Hanya memicu saat uji <i>in vitro</i> (Triggering on <i>in vitro</i> test only)	-	19,35 (12)
Hanya memicu saat uji di benih (<i>in vivo</i>) [Triggering on seedling (<i>In vivo</i> test) only]	-	19,35 (12)
Konsisten tumbuh tidak normal (Growing not normal consistently)	-	6,45 (4)
Total (Total)	100,00 (62)	

Angka dalam kurung menunjukkan jumlah isolat (Numbers in parentheses indicate the number of isolates).

flavonoid, terpenoid, anthrakuinon, kuinon, fenil propanoid, fenolik, turunan isokumarin, senyawa alifatik, peptide, dan lain-lain), cendawan endofit juga kemungkinan dapat memproduksi suatu enzim unik yang dapat mengkatalisasi reaksi biotransformasi komponen tumbuhan inangnya dalam medium sintetik.

KESIMPULAN DAN SARAN

Cendawan yang diperoleh dari jaringan akar tanaman cabai cenderung didominasi oleh cendawan yang bersifat potensial patogenik hingga patogenik. Meski secara *in vitro* suatu cendawan memberi respons yang cenderung potensial patogenik, namun secara *in vivo* dapat memicu pertumbuhan benih. Begitu pula sebaliknya, meski pada saat uji *in vitro* isolat mampu memicu pertumbuhan kecambah, namun saat di persemaian belum tentu konsisten memicu pertumbuhan. Untuk memperoleh isolat cendawan endofit yang bermanfaat dalam pertumbuhan tanaman perlu dilakukan pengujian *in vivo* yang lebih aplikatif dan sesuai peruntukan, karena isolat

yang paling baik dalam memicu pertumbuhan tanaman belum tentu baik pula dalam responsnya menghadapi berbagai cekaman lingkungan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Terimakasih disampaikan kepada Badan Litbang Pertanian Kementerian Pertanian atas pendanaan yang diberikan guna pelaksanaan kegiatan ini, melalui program Kerjasama Kemitraan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Nasional (KKP3N) Tahun Anggaran 2013.

DAFTAR PUSTAKA

1. Anand, R, Paul, L & Chanway, C 2006, 'Research on endophytic bacteria: Recent advances with forest trees', *Soil Biology: Mikrobial Root Endophytes*, vol. 9, pp. 106-89.
2. Agusta, A 2009, *Biologi dan kimia jamur endofit*, Penerbit ITB, Bandung.

3. Agustiansyah, Ilyas, S, Sudarsono & Machmud, M 2013, 'Perlakuan benih dengan agen hayati dan pemupukan P untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman, hasil, dan mutu benih padi', *J. Agron. Indones.*, vol. 41, no. 2, hlm. 104-98.
4. Alexopoulos, CJ & Mims, CW 1996, *Introductory mycology*. 4th ed., John Wiley & Sons. Inc., New York.
5. Arinasa, IBK 2015, 'Pengaruh konsentrasi Rootone-F dan panjang setek pada pertumbuhan *Begonia tuberosa* Lmk', *J. Hort.*, vol. 25, no. 2, hlm. 149-2.
6. Barnett, HL & Hunter, BB 1998, *Illustrated genera of imperfect fungi*, 4th ed., APS Pr. Minnesota (US).
7. Bhagobaty, RK & Joshi, SR 2009, Promotion of seed germination of green gram and chick pea by *Penicillium verruculosum* RS7PF, a root endophytic fungus of *Potentilla fulgens*, diunduh tanggal 7 Januari 2016, *L.Adv. Biotch*, <<https://www.researchgate.net>>.
8. Dai CC, Yu BY & Li, X 2008, 'Screening of endophytic fungi that promote the growth of *Euphorbia pekinensis*', *African Journal of Biotech.*, vol. 7, no. 19, pp. 3510-5.
9. Damayanti 2013, 'Potensi cendawan endofit untuk menekan penyakit daun keriting kuning pada tanaman cabai (*Capsicum annuum* L.)', disampaikan dalam Seminar Hasil Penelitian Pascasarjana IPB pada tanggal 17 Januari 2013.
10. de Lima Favaro LC, de Souza Sebastianes FL & Arau' jo WL 2012, '*Epicoccum nigrum* P16, a sugarcane endophyte, produces antifungal compounds and induces root growth', *PLoS ONE*, vol. 7 no. 6-e36826, pp. 1-10.
11. Gao, FK, Dai, CC & Liu, XZ 2010, 'Mechanism of fungal endophytes in plant protection against pathogens', *African J. of Microbiol. Research*, vol. 4 no. 13, pp. 1351-46.
12. Hormazabal, E, Hirschmann GS, Astudillo, L, Rodriguez J & Theoduloz, C 2005, 'Metabolites from *Microsphaeropsis olivacea*, an endophytic fungus of *Pilgerodendron uviferum*', *Z Naturforsch*, vol. 60c, pp 21-11.
13. Jeffrey, LSH, Son, R & Tosiah, S 2008, 'Preliminary screening of endophytic fungi isolated from medical plants at MARDI Sessang, Sarawak for their bioactivity', *J. Trop. Agric. and Fd. Sc.*, vol. 36, no. 1, pp. 126-1.
14. Kartika, T 2013, 'Viabilitas, parameter, dan tolok ukur viabilitas benih', dalam Widajati, E, Murniati, E, Palupi, ER, Kartika, T, Suhartanto, MR, & Qadir, A (eds.) 1, *Dasar ilmu dan teknologi benih*, IPB Press, Bogor.
15. Manici, LM, Kelderer, M, Caputo, F & Mazzola M 2014, 'Auxin-mediated relationships between apple plants and root inhabiting fungi: Impact on root pathogens and potentialities of growth-promoting populations', *Plant Pathol.*, vol. 64, no. 4, pp. 851-43.
16. Marpaung, AE & Hutabarat, RC 2015, 'Respon jenis perangsang tumbuh berbahan alami dan asal setek batang terhadap pertumbuhan benih tin (*Ficus carica* L.)', *J. Hort.*, vol. 25, no. 1, hlm. 43-37.
17. Ramdan, EP, Widodo, Tondok, ET, Wiyono, S & Hidayat, SH 2013, 'Cendawan endofit nonpatogen asal tanaman cabai dan potensinya sebagai agens pemacu pertumbuhan', *J. Fitopatol. Indones.*, vol. 9, no. 5, hlm. 144-39.
18. Rodriguez, RJ, White, JF, Arnold, AE & Redman, RS 2009, 'Fungal endophytes: Diversity and functional roles', *New Phytologist*. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2009.02773.x. pp. 17-1.
19. Schulz, B & Boyle, C 2006, 'What are endophytes?', *Soil Biology: Microbial Root Endophytes*, vol. 9, pp. 13-1.
20. Sieber, TN & Grünig, C R 2006, 'Biodiversity of fungal root-endophyte communities and populations, in particular of the dark septate endophyte *Phialocephala fortinii*, *Soil Biology*', *Microbial Root Endophytes*, vol. 9, pp. 134-7.
21. Singh, UB, Sahu, A, Sahu, N, Singh, BP, Singh, RK, Renu, Singh, DP, Jaiswal, RK, Sarma, BK, Singh, HB, Manna, MC, Rao, AS & Prasad, SR 2013, 'Can endophytic *Arthrobotrys oligospora* modulate accumulation of defence related biomolecules and induced systemic resistance in tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) against root knot disease caused by *Meloidogyne incognita*', *Appli. Soil Ecol.*, vol. 63, pp. 56-45.
22. Sutariati, GAK & Safuan, LO 2012, 'Perlakuan benih dengan rizobakteri meningkatkan mutu benih dan hasil cabai (*Capsicum annuum* L.)', *J. Agron. Indones*, vol. 40, no. 2, hlm. 131-25.
23. Waqas, M, Khan, AL, Kamran M, Hamayun, M, Kang, SM, Kim, YH & In-Jung Lee IJ, 2012, 'Endophytic fungi produce gibberellins and indoleacetic acid and promotes host-plant growth during stress', *Molecules*, vol. 17, pp. 10773-54.
24. Windriyati, RDH 2015, 'Seleksi cendawan endofit untuk pengendalian penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman cabai', Tesis Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
25. Yuan, ZL, Zhang, CL & Lin, FC 2008, 'Recent advances on physiological and molecular basis of fungal endophyte-plant interactions', *Acta Eco. Sinica.*, vol. 28, no.9, pp. 4439-30.