

Potensi Cendawan Endofit sebagai Pengendali Hayati Penyakit Busuk Pangkal Batang (*Phytophthora capsici*) pada Bibit Cabai

Potency of Endophytic Fungi as Biocontrol Agents of Stem Rot Disease (*Phytophthora capsici*) on Chili Pepper Seedlings

Evan Purnama Ramdan^{1*}, Efi Toding Tondok², Suryo Wiyono²,
Sri Hendrastuti Hidayat², Widodo²

¹Universitas Gunadarma, Depok 16424

²Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan oleh *Phytophthora capsici* merupakan penyakit penting pada pertanaman cabai. Sebanyak 8 cendawan endofit yang telah diisolasi dan lolos uji patogenisitas, diuji potensinya sebagai agens hayati penyakit busuk batang pada bibit cabai. Suspensi cendawan endofit diinokulasikan sebanyak 2 kali, yaitu dengan perendaman 100 butir benih dalam 100 mL suspensi dan penyiraman 10 mL suspensi per bibit cabai berumur 3 minggu setelah semai. Konsentrasi cendawan endofit yang digunakan ialah 2.8×10^6 cfu mL⁻¹. Insidensi penyakit dan nilai *area under the disease progress curve* (AUDPC) dihitung selama 4 minggu setelah inokulasi *P. capsici*. Uji penghambatan pertumbuhan *P. capsici* dilakukan secara *in vitro* dan kemampuan kolonisasi cendawan endofit diamati pada bibit cabai umur 4 minggu. Delapan galur cendawan endofit menunjukkan penghambatan terhadap pertumbuhan *P. capsici* secara *in vitro*, di antaranya *Penicillium* galur MAG1 dan *Penicillium* galur PAB2 menunjukkan mekanisme antibiosis. Cendawan endofit memiliki kemampuan mengkolonisasi pada akar (26–60%) lebih besar daripada batang (20–40%). *Fusarium* galur MAGR1 merupakan galur yang paling besar tingkat kolonisasinya dibandingkan dengan galur cendawan endofit lainnya, yaitu sebesar 60%. Pada pengujian secara *in vivo* diperoleh enam cendawan endofit (*Fusarium* galur MAGR1, *Penicillium* galur MAG1, *Penicillium* galur PAB2, hifa steril HAJ1, hifa steril HAJ2, dan hifa steril PBG7) yang berpotensi mengendalikan penyakit busuk pangkal batang dengan penekanan sebesar 25.5–35.5%.

Kata kunci: agens hayati, antibiosis, *Capsicum annum*, kolonisasi akar

ABSTRACT

Stem rot disease caused by *Phytophthora capsici* is an important disease on chilli. Eight endophytic fungi that had been isolated and screened based on pathogenicity test were further tested for their potential as the biological control agent of the stem rot disease of chilli. The endophytic fungi suspension was applied twice during the trial. The first application was on 100 seed lot, by soaking them in 100 mL of suspension. The second application was on the 3 weeks-old chili seedlings by drenching them with 10 mL suspension per plant. The concentration of endophytic fungi in the suspension was 2.8×10^6 cfu mL⁻¹. The disease intensity and AUDPC value were measured for 4 weeks after the pathogen inoculation. The growth inhibition test of *P. capsici* was performed *in vitro* and the colonization abilities of endophytic fungi were observed at 4 weeks-old chilli seedlings. Eight endophytic fungi inhibited the growth of the *P. capsici*, and two of those isolates namely *Penicillium* strain MAG1 and *Penicillium* strain PAB2 showed antibiosis mechanism. Endophytic fungi has the ability more to colonize at the

*Alamat penulis korespondensi: Program Studi Agroteknologi, Fakultas Teknologi Industri, Universitas Gunadarma. Jalan Margonda Raya 100 Pondok Cina, Depok 16424.
Tel: 021-78881112, Faks: 021-78881071, Surel: evan_ramdan@staff.gunadarma.ac.id

root (26–60%) than in the stem (20–40%). *Fusarium* strain MAGR1 has the highest level of endophytic colonization i.e. 60% compared to others. Based on *in vivo* assay, six endophytic fungi isolates, i.e. *Fusarium* strain MAGR1, *Penicillium* strain MAG1, *Penicillium* strain PAB2, *sterile hyphae* HAJ1, *sterile hyphae* HAJ2, and *sterile hyphae* PBG7, showed the potency to control stem rot disease with inhibition level of 25.5–35.5%.

Key words: antibiosis, biocontrol agent, *Capsicum annum*, root colonization

PENDAHULUAN

Tanaman cabai merupakan komoditas hortikultura utama yang banyak ditanam di seluruh dunia, khususnya di Asia. Salah satu kendala budi daya tanaman ini ialah adanya penyakit busuk pangkal batang yang disebabkan *Phytophthora capsici*. Penyakit ini dapat menyerang tanaman dari pembibitan sampai tanaman tua. Penyakit ini mempunyai arti ekonomi penting dan menyebabkan kerusakan serius pada tanaman cabai di seluruh dunia (Lamour *et al.* 2012). Pada tanaman rentan, *P. capsici* menyebabkan kematian pada hari kesepuluh setelah inokulasi, sedangkan pada tanaman tahan menyebabkan timbulnya luka kecokelatan di bagian akar sekunder pada waktu yang sama (Dunn dan Smart 2015).

Infeksi *P. capsici* sulit dikendalikan, karena perkembangan awal dari penyakit ini sulit dideteksi dan penyakit cepat menyebar saat kondisi lingkungan mendukung. Oleh karena itu, strategi dan teknik pengendaliannya perlu dikembangkan, di antaranya ialah menggunakan cendawan endofit. Cendawan endofit asal tanaman cabai telah dilaporkan dapat menekan insidensi penyakit antraknosa sebesar 33–43%, dan penyakit layu bakteri lebih dari 50% (Irawati *et al.* 2016). Mekanisme penekanan penyakit oleh cendawan endofit, yaitu melalui produksi metabolit sekunder (Tellenbach *et al.* 2013), antibiotik (You *et al.* 2009), serta ketahanan tanaman melalui peningkatan aktivitas peroksidase dan fenilalanin amoniliasi (Redman *et al.* 1999).

Cendawan endofit telah dilaporkan mempunyai aktivitas antagonis terhadap *P. capsici* secara *in vitro* (Paul *et al.* 2012), sedangkan pada pengujian *in vivo* mampu memperlambat laju infeksi dan menekan intensitas serangan *P. capsici* pada

tanaman lada (Kusumawardani *et al.* 2015). Sementara ini belum ditemukan laporan ilmiah penggunaan cendawan endofit untuk mengendalikan penyakit busuk *P. capsici* pada tanaman cabai. Penelitian ini bertujuan menguji potensi cendawan endofit dalam menekan penyakit busuk pangkal batang pada pembibitan cabai.

BAHAN DAN METODE

Uji *in Vitro* Cendawan Endofit

Delapan cendawan endofit (*Aspergillus* galur HAG1, *Fusarium* galur MAGR1, *Penicillium* galur MAG1, *Penicillium* galur PAB2, hifa steril isolat HAJ1, HAJ2, PBG7, dan isolat CBG5) yang digunakan merupakan kultur koleksi dari Laboratorium Mikologi Tumbuhan IPB yang telah teruji tidak patogenik pada bibit cabai serta memiliki potensi sebagai agens pemacu pertumbuhan (Ramdan *et al.* 2013). Isolat *P. capsici* berasal dari koleksi Klinik Tanaman IPB.

Aktivitas penghambatan cendawan endofit terhadap pertumbuhan *P. capsici* diuji menggunakan metode biakan ganda pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK), mengikuti metode Li *et al.* (2007) yang dimodifikasi waktu inkubasinya. Waktu inkubasi diubah dari 1–3 minggu menjadi 3–4 hari pada suhu ruang, karena cendawan endofit yang diuji lebih cepat pertumbuhannya.

Pengujian disusun dalam rancangan acak lengkap, dengan ulangan 4 kali. Pada akhir inkubasi, peubah yang diamati ialah diameter koloni *P. capsici* dan penghambatan pertumbuhan *P. capsici* yang dihitung menggunakan rumus berikut:

$$\text{Persentase penghambatan} = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%$$

r1, diameter koloni *P. capsici* pada kontrol; dan r2, diameter koloni *P. capsici* yang diberi perlakuan cendawan endofit.

Penghambatan *P. capsici* dikelompokkan sebagai mekanisme antibiosis jika terdapat zona hambat antara pertumbuhan miselium cendawan endofit dan *P. capsici*, serta kompetisi jika pertumbuhan cendawan endofit mendominasi medium ADK.

Uji *in Vivo* Cendawan Endofit

Kemampuan kolonisasi cendawan endofit dan penekanan penyakit busuk pangkal batang pada bibit cabai merah varietas Gelora disusun dalam rancangan acak kelompok dengan 4 ulangan, tiap ulangan terdiri atas 20 bibit cabai. Sebanyak 10 mL akuades steril ditambahkan pada cendawan endofit yang ditumbuhkan pada medium ADK dan telah membentuk massa konidium. Pemanenan konidium dilakukan dengan menggoreskan jarum ose untuk memisahkan konidium dari medium. Cendawan endofit yang berupa hifa steril ditumbuhkan pada medium dekstrosa kentang cair (DKC) yang diinkubasikan selama 7 hari pada inkubator bergoyang dengan kecepatan 130 rpm. Kumpulan miselium yang tumbuh dipisahkan dari DKC dan dibilas akuades steril sebanyak 3 kali. Miselium dimasukkan ke dalam 100 mL akuades steril, kemudian dihancurkan menggunakan *homogenizer* Ika Ultra Turrax T18 Basic pada kecepatan 3500 sampai 24 000 rpm selama 5 menit hingga didapatkan suspensi yang relatif homogen. Konsentrasi cendawan endofit yang digunakan ialah 2.8×10^6 cfu mL⁻¹.

Inokulasi cendawan endofit dilakukan 2 tahap, tahap ke-1 dengan perendaman benih dan tahap ke-2 penyiraman bibit. Benih terlebih dahulu disterilisasi permukaan menggunakan NaOCl 1% selama 2 menit, kemudian dibilas akuades steril sebanyak 2 kali. Setiap 100 butir benih direndam dalam 100 mL suspensi cendawan endofit selama 15 jam, kemudian disemai pada baki semai dengan medium semai komersial. Penyiraman suspensi cendawan endofit pada bibit cabai berumur 3 minggu setelah semai (MSS) sebanyak 10 mL

per tanaman. Pada kontrol digunakan akuades steril untuk perendaman dan penyiraman.

Inokulum *P. capsici* yang dipakai untuk pengujian berupa suspensi zoospora. Zoospora diproduksi mengikuti protokol *Asian Vegetable Research and Development Center* (AVRDC) seperti yang dilaporkan oleh Yunianti (2007). Sebanyak 5×10^5 cfu mL⁻¹ suspensi zoospora dipakai untuk perlakuan. Inokulasi dilakukan pada bibit cabai berumur 4 MSS dengan cara menyiramkan 5 mL suspensi pada daerah sekitar pangkal batang bibit cabai. Perkembangan insidensi penyakit diamati tiap minggu sejak munculnya gejala. Insidensi penyakit (IP) dihitung dengan menggunakan rumus berikut:

$$IP = \frac{n}{N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah tanaman yang terinfeksi dan N, jumlah tanaman yang diamati.

Aktivitas Kolonisasi Cendawan Endofit Pada Bibit Cabai.

Bibit cabai umur 4 MSS yang telah diinokulasi cendawan endofit diambil sebanyak 5 tanaman. Reisolasi cendawan endofit dari bagian akar dan pangkal batang mengikuti metode Rodrigues (1994) yang dimodifikasi pada sterilisasi permukaan bagian tanaman. Konsentrasi NaOCl untuk sterilisasi permukaan akar sebesar 1% dan batang sebesar 3%. Isolasi pada akar dilakukan dengan memilih secara acak bagian akar primer, akar lateral, rambut akar, dan ujung akar sebanyak 5 potongan, sedangkan isolasi pada pangkal batang diambil 5 cm dari pangkal batang. Pengamatan dilakukan terhadap koloni cendawan endofit yang keluar dari potongan sampel tanaman, kemudian dilakukan konfirmasi secara morfologi. Penghitungan kolonisasi cendawan endofit dilakukan dengan rumus:

$$\text{Kolonisasi CE} = \frac{\sum n}{\sum N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n, jumlah potongan sampel tanaman yang terinfeksi cendawan endofit dan N, jumlah potongan sampel tanaman yang diamati.

Analisis Data

Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan uji analisis ragam menggunakan program SAS versi 9.1. Apabila rerata menunjukkan adanya perbedaan nyata maka dilanjutkan dengan uji Tukey pada α 5% untuk pengujian *in vitro* dan diuji lanjut dengan uji Duncan pada α 5% untuk pengujian *in vivo*.

HASIL

Penghambatan Pertumbuhan *P. capsici* in Vitro

Delapan cendawan endofit dapat menghambat pertumbuhan *P. capsici* dibandingkan dengan kontrol (Tabel 1). Percobaan ini menunjukkan adanya

mekanisme penghambatan yang berbeda di antara cendawan endofit yang diuji, berupa mekanisme antibiosis dan kompetisi (Gambar 1). *Penicillium* galur MAG1 dan *Penicillium* galur PAB2 menunjukkan mekanisme antibiosis dengan daya hambat sebesar 46.8% dan 52.6%, sedangkan cendawan endofit lainnya menunjukkan mekanisme kompetisi dengan daya hambat mencapai 32.9–56.9% .

Kemampuan Cendawan Endofit Mengkolonisasi Bibit Cabai

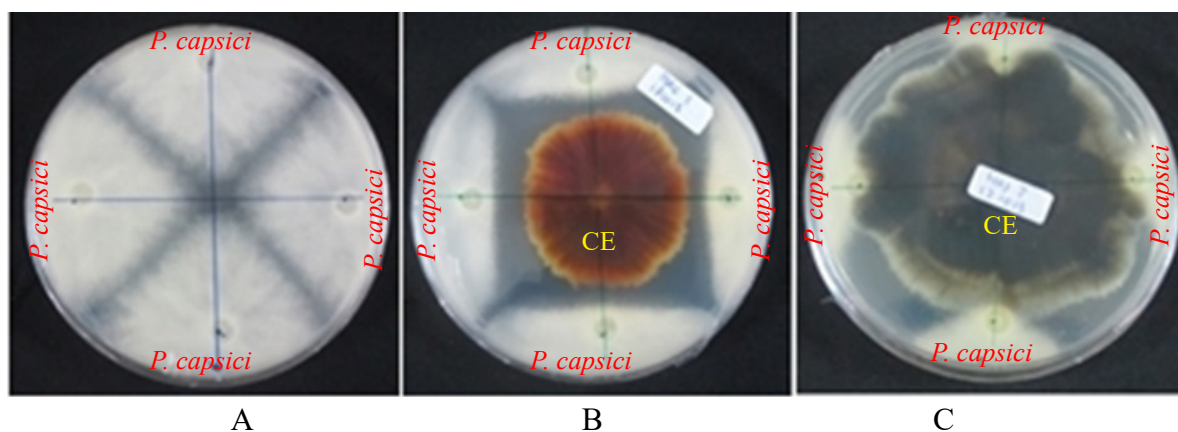
Kolonisasi cendawan endofit pada akar bibit cabai berkisar antara 26–60%, sedangkan pada pangkal batang 20–40%. *Fusarium* galur MAGR1 merupakan isolat yang paling tinggi

Tabel 1 Daya hambat cendawan endofit dan mekanismenya terhadap pertumbuhan *Phytophthora capsici* *in vitro*

Cendawan endofit	Daya hambat (%)	Mekanisme	
		Kompetisi	Antibiosis
<i>Aspergillus</i> galur HAG1	32.9±1.0 d	+	-
<i>Fusarium</i> galur MAGR1	48.9±1.4 b	+	-
<i>Penicillium</i> galur MAG1	46.8±1.7 bc	-	+(4.5 mm)*
<i>Penicillium</i> galur PAB2	52.6±1.0 ab	-	+(5.8 mm)
Hifa steril HAJ1	56.8±0.8 a	+	-
Hifa steril HAJ2	56.9±1.5 a	+	-
Hifa steril PBG7	48.1±1.4 b	+	-
Isolat CBG5	40.9±1.0 c	+	-
Kontrol	0.0±0.0 e	+	-

*lebar zona hambat.

Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada α 5%.



Gambar 1 Pertumbuhan *Phytophthora capsici* pada uji *in vitro*. A, tanpa perlakuan; B, tertekan oleh mekanisme antibiosis; dan C, tertekan oleh mekanisme kompetisi. CE, cendawan endofit.

persentase kolonisasi di bagian akar jika dibandingkan dengan perlakuan lain, yaitu sebesar 60%. Meskipun tidak berbeda nyata antar perlakuan, *Fusarium* galur MAGR1 dan hifa steril isolat HAJ2 merupakan cendawan yang lebih tinggi kolonisasinya pada bagian batang, yaitu sebesar 40% (Gambar 2).

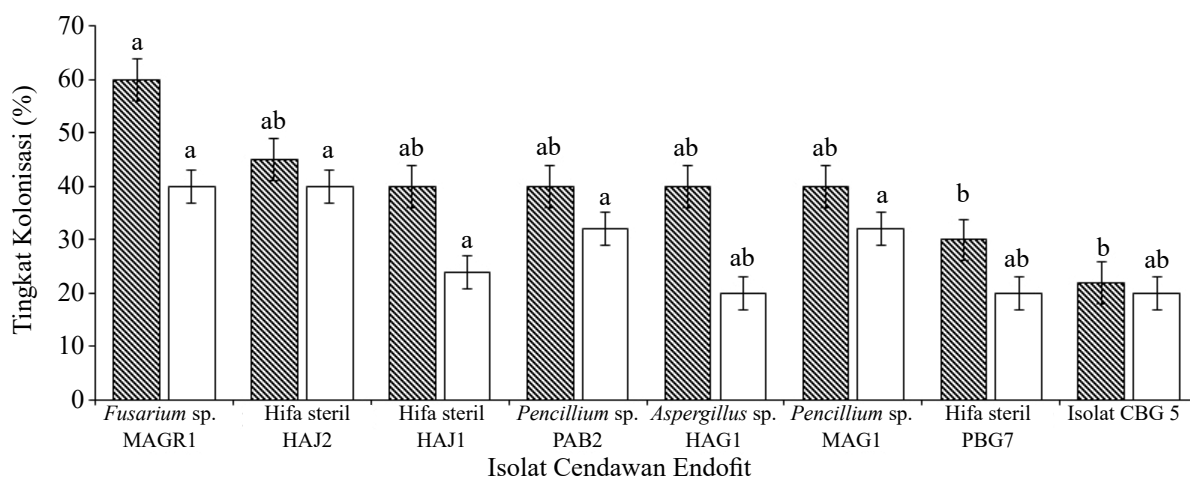
masing-masing perlakuan yang rendah dan berbeda nyata berdasarkan analisis ragam dibandingkan dengan kontrol. Pada akhir pengamatan, cendawan endofit memiliki efikasi atau kemampuan penekanan penyakit busuk pangkal sebesar 13.7–35.5%.

Penyakit Busuk Pangkal Batang pada Bibit Cabai

Pada akhir pengamatan *in vivo*, insidensi penyakit busuk pangkal batang yang diberi perlakuan cendawan endofit *Fusarium* galur MAGR1, *Penicillium* galur PAB2, hifa steril isolat HAJ1 dan PBG7 berbeda nyata dibandingkan dengan kontrol (Tabel 2). Hal tersebut berkorelasi dengan nilai AUDPC selama periode pengamatan dari

PEMBAHASAN

Pada penelitian ini *Penicillium* galur MAG1 dan *Penicillium* galur PAB2 menunjukkan adanya penghambatan pertumbuhan *P. capsici* secara antibiosis yang ditunjukkan dengan adanya zona hambat dengan lebar 4.5–4.8 mm. Hal ini sesuai dengan pendapat Wakana *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa *P. citrin* memiliki senyawa antifungi seperti citrinin yang ditunjukkan dengan adanya zona hambat



Gambar 2 Kolonisasi cendawan endofit pada bagian akar (▨) dan batang (□) bibit cabai. Huruf yang sama di atas grafik batang menunjukkan tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Tukey pada α 5%.

Tabel 2 Pengaruh cendawan endofit terhadap insidensi penyakit busuk pangkal batang

Cendawan endofit	Insidensi penyakit (%)*	Nilai AUDPC	Penekanan penyakit di akhir pengamatan (%)
<i>Aspergillus</i> galur HAG1	70.0 ± 4.0 ab	106.5 b	17.7
<i>Fusarium</i> galur MAGR1	63.3 ± 5.7 b	90.0 b	25.5
<i>Pencillium</i> galur MAG1	61.7 ± 5.7 b	90.8 b	27.5
<i>Pencillium</i> galur PAB2	65.0 ± 4.5 ab	97.5 b	35.5
Hifa steril HAJ1	61.7 ± 4.7 b	89.2 b	27.5
Hifa steril HAJ 2	65.0 ± 6.0 ab	95.2 b	23.5
Hifa steril PBG7	63.3 ± 5.7 b	90.8 b	25.5
Isolat CBG5	73.3 ± 3.6 ab	103.3 b	13.7
Kontrol	85.0 ± 2.7 a	144.0 a	0.0

*Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Duncan pada α 5%

sebesar 13–17 mm pada pengujian terhadap *Candida albicans* dan *Aspergillus fumigatus*. Biakan ganda ujiantara *Penicillium* dan *P. capsici* menunjukkan adanya abnormalitas miselium *P. capsici*, yaitu miselium menjadi lebih tebal, ujung hifa memilin atau memutar dan bercabang (Ma *et al.* 2008).

Tingkat kolonisasi cendawan endofit ditemukan lebih tinggi pada bagian akar dibandingkan dengan pada bagian batang. Hal ini diduga berkaitan dengan perlakuan perendaman benih dan penyiraman cendawan endofit yang dilakukan di sekitar perakaran. Windriyati (2015) juga melaporkan bahwa cendawan endofit asal cabai memiliki tingkat kolonisasi pada akar lebih tinggi (40–52%) dibandingkan dengan pada bagian batang (20–28%). Pada pengujian ini *Fusarium* galur MAGR1 merupakan cendawan yang memiliki kemampuan mengkolonisasi akar paling tinggi karena pertumbuhannya cepat dan mampu menyebar secara sistemik di dalam jaringan tanaman. Istikorini (2008) menyatakan bahwa *Fusarium* memiliki kemampuan mengkolonisasi yang baik pada akar, batang, dan daun cabai.

Efikasi cendawan endofit untuk menekan penyakit busuk pangkal batang masih rendah, yaitu 13.7–35.5%. Hal ini berkaitan dengan masih rendahnya kolonisasi pada akar dan batang yaitu berkisar 20–60%. cendawan endofit yang mampu mengkolonisasi di semua bagian tanaman dengan cepat akan mampu berkompetisi dengan mikroorganisme lain sehingga berpotensi sebagai agens pengendali hayati yang efektif. Selain itu, di alam cara kerja cendawan endofit tidaklah tunggal tetapi dalam komunitas untuk menghasilkan multi-mekanisme yang melindungi inangnya dari lingkungan biotik dan abiotik yang tidak mendukung (Malinowski dan Belesky 2000).

Berdasarkan pengamatan dari serangkaian pengujian *in vitro* dan *in vivo* diperoleh enam cendawan endofit (*Fusarium* galur MAGR1, *Penicillium* galur MAG1, *Penicillium* galur PAB2, hifa steril isolat HAJ1, HAJ2 dan PBG7) yang memiliki potensi sebagai agens pengendali penyakit busuk pangkal batang. Potensi cendawan endofit tersebut dapat

dimaksimalkan untuk menekan penyakit melalui kombinasi perlakuan, cara aplikasi yang tepat, formulasi yang mendukung dan perawatan tanaman yang tepat.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai melalui Hibah Penelitian Unggulan Strategis Nasional, Direktorat Perguruan Tinggi, Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan Republik Indonesia tahun 2011–2012.

DAFTAR PUSTAKA

- Dunn AR, Smart CH. 2015. Interactions of *Phytophthora capsici* with resistant and susceptible pepper roots and stems. *Mycology*. 105(10):1355–1361. DOI: <https://doi.org/10.1094/PHYTO-02-15-0045-R>.
- Irawati AFC, Sastro Y, Sulastri, Suhartono MT, Mutaqin KH, Widodo. 2016. Cendawan endofit yang potensial meningkatkan ketahanan cabai merah terhadap penyakit layu bakteri. *J Fitopatol Indones*.12(4):133–141.
- Istikorini Y. 2008. Potensi cendawan endofit untuk mengendalikan penyakit antraknosa pada cabai (*Capsicum annum* L.) [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kusumawardani Y, Sulistyowati L, Cholil A. 2015. Potensi antagonis jamur endofit pada tanaman lada (*Piper nigrum* L.) terhadap jamur *Phytophthora capsici* Leonian penyebab busuk pangkal batang. *JHPT*. 3(1):21–29.
- Lamour KH, Stam R, Jupe J, Huitema E. 2012. The oomycete broad-host range pathogen *Phytophthora capsici*. *Mol Plant Pathol*. 13:329–337. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1364-3703.2011.00754.x>.
- Li C, Gao J, Nan Z. 2007. Interactions of *Neotyphodium gansuense*, *Achnatherum inebrians*, and plant-pathogenic fungi. *Mycol Res*. 3:1220–1227. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.mycres.2007.08.012>.

- Ma Y, Chang Z, Zhao J, Zhou M. 2008. Antifungal activity of *Penicillium striatisporum* Pst10 and its biocontrol effect on *Phytophthora* root rot of chili pepper. *Biol Cont.* 44:24–31. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2007.10.005>.
- Malinowski DP, Belesky DP. 2000. Review and interpretation: adaptations of endophyte-infected cool-season grasses to environmental stresses: mechanisms of drought and mineral stress tolerance. *Crop Sci.* 40(4):923–940. DOI: <https://doi.org/10.2135/cropsci2000.404923x>.
- Paul NC, Deng JX, Sang HK, Choi YP, Yu SH. 2012. Distribution and antifungal activity of endophytic fungi in different growth stages of chili pepper (*Capsicum annuum* L.) in Korea. *Plant Pathol J.* 28:10–19. DOI: <https://doi.org/10.5423/PPJ.OA.07.2011.0126>.
- 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.* 9(5):138–144. DOI: <https://doi.org/10.14692/jfi.9.5.139>.
- Redman RS, Freeman S, Clifton DR, Morrel J, Brown G, Rodrigues R. 1999. Biochemical analysis of plant protection afforded by a nonpathogenic endophytic mutant of *Colletotrichum magna*. *Plant Physiol.* 115:795–804. DOI: <https://doi.org/10.1104/pp.119.2.795>.
- Rodrigues KF. 1994. The foliar fungal endophytes of the Amazonian palm. *Euterpe oleracea*. *Mycologia.* 86:376–385. DOI: <https://doi.org/10.2307/3760568>.
- Tellenbach C, Sumarah MW, Grunig CR, Miller JD. 2013. Inhibition of *Phytophthora* species by secondary metabolites produced by the dark septate endophyte *Phialocephala europaea*. *Fungal Ecol.* 6:12–18. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.funeco.2012.10.003>.
- Wakana D, Hosoe T, Itabashi T, Okada K, Takiki CM, Yaguchi T, Fukusima K, Kawai K. 2006. New citrin derivatives isolated from *Penicillium citrinum*. *J Nat Med.* 60:279–284. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11418-006-0001-2>.
- Windriyati Y. 2015. Seleksi cendawan endofit untuk pengendalian penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tanaman cabai [tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- You F, Han T, Wu JZ, Huang BK, Qin LP. 2009. Antifungal secondary metabolites from endophytic *Verticillium* sp. *Biochem Syst Ecol.* 37:162–165. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.bse.2009.03.008>.
- Yunianti R, Sastrosumarjo S, Sutjiprihati S, Surahman M, Hidayat SH. 2007. Ketahanan 22 genotipe cabai (*Capsicum* spp) terhadap *Phytophthora capsici* Leonan dan keanekaragaman genetiknya. *Bul Agron.* 35:103–111.