

Penapisan Cendawan *Trichoderma* spp. untuk Pengendalian *Phytophthora infestans* secara *in vitro*

In vitro Screening of *Trichoderma* spp. as Biocontrol Agents of *Phytophthora infestans*

Susiana Purwantisari^{1*}, Achmadi Priyatmojo²,
Retno Peni Sancayaningsih², Rina Sri Kasiamdari²

¹Universitas Diponegoro, Semarang 50267

²Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta 55281

ABSTRAK

Penyakit hawar daun yang disebabkan oleh cendawan patogen *Phytophthora infestans* merupakan penyakit yang paling penting pada tanaman kentang di Indonesia. Pengendalian yang ramah lingkungan terhadap penyakit dengan memanfaatkan cendawan antagonis *Trichoderma* spp. perlu dicobakan. Tujuan penelitian ialah mendapatkan isolat *Trichoderma* yang efektif mengendalikan pertumbuhan *P. infestans* secara *in vitro*. Cendawan antagonis diisolasi dari rhizosfer tanaman kentang di daerah Lembang, Bandung, Propinsi Jawa Barat, dengan metode pengenceran berseri, sedangkan cendawan patogen diisolasi langsung dari daun kentang yang terinfeksi *P. infestans*. Daya hambat pertumbuhan *P. infestans* oleh *Trichoderma* spp. diuji dengan metode biakan ganda dalam medium agar-agar V-8 pada suhu 18 °C selama 8 hari. Hasil isolasi cendawan antagonis diperoleh *T. viride* (2 isolat), *T. harzianum* (1 isolat), *T. aureoviride* (5 isolat) dan *T. atroviride* (1 isolat). Semua isolat *Trichoderma* mampu menghambat pertumbuhan *P. infestans* secara *in vitro* dengan tingkat penghambatan yang bervariasi. Daya hambat tertinggi adalah oleh cendawan *T. viride* isolat Ti 9, yaitu sebesar 68.6% pada 8 hari setelah inkubasi.

Kata kunci: cendawan antagonis, metode biakan ganda, penyakit hawar daun, rhizosfer tanaman kentang,

ABSTRACT

Late blight disease on potato caused by a plant pathogenic fungus (*Phytophthora infestans*) is the most important disease in Indonesia. The use of antagonist fungi *Trichoderma* is an environmentally friendly technology to control the potato disease. The purpose of this study was to determine the ability of *Trichoderma* spp. to control *P. infestans* *in vitro*. *Trichoderma* spp. have been isolated from suppressive soil at central potato areas in district of Lembang, Bandung, West Java Province. To determine the inhibition ability of *Trichoderma* spp against *P. infestans*, a dual culture method was performed. Variable observed was inhibition zone of *Trichoderma* spp. against *P. infestans*. The results showed that 9 isolates of *Trichoderma* were successfully isolated from suppressive soil, i.e. *T. viride* (2 isolates), *T. atroviride* (1 isolate), *T. harzianum* (1 isolate) and *T. aureoviride* (5 isolates). All the *Trichoderma* isolates revealed growth inhibition ability against *P. infestans*. The highest growth inhibition (68.6%) was observed by *T. viride* isolate (Ti 9).

Key words: antagonistic fungi, dual culture method, late blight disease, potato's plant rhizosphere

*Alamat penulis korespondensi: Jurusan Biologi, Fakultas Sains dan Matematika, Universitas Diponegoro. Jalan Prof. Soedarto SH Tembalang Semarang, 50267.
Tel: 024-76480923, Faks: 024-76480923, surel: Susiana_purwantisari@yahoo.co.id

PENDAHULUAN

Penyakit hawar daun disebabkan oleh cendawan *Phytophthora infestans* merupakan penyakit utama tanaman kentang di Indonesia. Kehilangan hasil akibat penyakit tersebut dapat mencapai 100% pada jenis tanaman yang rentan dan juga pada keadaan lingkungan yang mendukung pertumbuhan cendawan patogen tersebut (Ambarwati *et al.* 2012). Pengendalian secara hayati menjadi perhatian saat ini karena bersifat ramah lingkungan. Pengendalian penyakit hawar daun menggunakan cendawan antagonis *Trichoderma* spp. sangat berpotensi dilakukan karena *Trichoderma* spp. terbukti dapat mengendalikan pertumbuhan cendawan patogen pada banyak jenis tanaman budi daya. *T. viride* efektif untuk mengendalikan cendawan patogen busuk batang tanaman vanili (Rachmawati *et al.* 1995). *Trichoderma harzianum* menghasilkan antibiotik volatil yang mampu mengendalikan pertumbuhan cendawan *Rhizoctonia solani* (Lo *et al.* 1997).

Genus *Trichoderma* paling banyak diteliti sebagai agens hayati untuk mengendalikan berbagai penyakit tanaman. *T. harzianum* dan *T. viride* telah dikomersialkan untuk mengendalikan cendawan *Fusarium*, *Rhizoctonia*, dan *Pythium* penyebab penyakit busuk akar dan rebah kecambah (Alabouvette *et al.* 2006). *Trichoderma* mudah ditemukan pada ekosistem tanah dan rhizosfer perakaran tanaman yang mengandung banyak senyawa organik. Cendawan tersebut bersifat avirulen terhadap tanaman inang serta bersifat mikoparasit pada cendawan patogen (Harman *et al.* 2004). Cendawan antagonis *Trichoderma* mudah diperoleh dari rhizosfer tanaman kentang sehat (Purwantisari dan Hastuti 2009).

Mekanisme *Trichoderma* spp. dalam mengendalikan cendawan patogen ialah kompetisi, antibiosis, bersifat mikoparasit, dan memproduksi beberapa jenis metabolit sekunder yang berfungsi memacu pertahanan tanaman dengan mekanisme ketahanan terimbas (Harman 2006). Selain itu *Trichoderma* spp. memiliki kelebihan mudah diisolasi, mempunyai daya adaptasi yang luas, dan dapat tumbuh dengan cepat pada

berbagai substrat (Widyastuti 2007). Tujuan penelitian ialah memperoleh cendawan antagonis *Trichoderma* spp. dari rhizosfer tanaman kentang yang efektif mengendalikan pertumbuhan *P. infestans* secara *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

Isolasi *P. infestans*

P. infestans diisolasi dari daun kentang yang menunjukkan gejala penyakit hawar daun di kebun percobaan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (BALITSA) di Desa Cikole, Kecamatan Lembang, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat. Gejala penyakit hawar daun dicirikan berupa bercak nekrosis pada tepi daun yang terdapat di bagian bawah tanaman. Isolasi *P. infestans* dilakukan dengan memotong bagian daun yang berbatasan antara jaringan sakit dan yang sehat. Potongan daun dicuci dengan alkohol 70% selama 1 menit dan dibilas dengan akuades steril 2 kali masing-masing 1 menit, kemudian dikeringkan di atas tisu steril. Potongan daun yang sudah kering ditanam pada medium agar-agar V-8 dan diinkubasikan pada suhu 18 °C selama 8 hari. Koloni cendawan yang tumbuh diidentifikasi berdasarkan karakter morfologinya yang disesuaikan dengan deskripsi Alexopolous *et al.* (1996) dan Barnett dan Hunter (2006).

Isolasi dan Identifikasi *Trichoderma*.

Sampel tanah diambil dari lahan endemik penyakit hawar daun kentang di Balai Benih Kentang di Desa Kledung, Kecamatan Kledung, Kabupaten Temanggung, Provinsi Jawa Tengah dan di BALITSA di Desa Cikole, Lembang. Sampel tanah berasal dari daerah perakaran tanaman kentang yang sehat pada kedalaman 10 cm. Dari setiap lokasi diambil 3 sampel masing-masing sebanyak 10 g tanah dan diulang 3 kali dengan metode acak terpilih. Sampel tanah diambil menggunakan bor tanah dengan jarak 5 cm dari pangkal batang dengan kedalaman 10–15 cm. Pada setiap sampel tanaman diambil 3 titik sampel tanah dengan bobot masing-masing \pm 20 g. Sampel tanah dari kedua lahan digabungkan sebagai contoh komposit.

Cendawan diisolasi dari tanah rhizosfer tanaman kentang dengan metode pengenceran berseri. Sebanyak 1 mL suspensi pada pengenceran 10^{-3} , 10^{-4} , dan 10^{-5} dituangkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK) dan malt ekstrak agar (MEA) yang telah ditambahkan antibiotik kloramfenikol (100 mg L^{-1}) dan diinkubasi selama 48 jam. Koloni yang tumbuh dengan ciri cendawan berbeda, dipindah ke dalam medium ADK/MEA baru sehingga didapatkan biakan murni. Biakan murni isolat cendawan endofit diidentifikasi secara morfologi menggunakan buku identifikasi Gams dan Bissett (1998), Ganjar *et al.* (1999), Watanabe (2002), dan Barnett dan Hunter (2006).

Uji Antagonis

Uji antagonis dilakukan secara *in vitro* dengan metode biakan ganda pada medium agar-agar V-8. Isolat *Trichoderma* dan *P. infestans* dibiakkan dalam satu cawan petri. Uji antagonis menggunakan metode biakan ganda dengan perbandingan 1:1 dalam 1 cawan petri atau modifikasi *co-culture method* dan masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Koloni *P. infestans* diinokulasikan dalam medium agar-agar V-8 terlebih dahulu, 3 hari sebelum inokulasi koloni *Trichoderma* spp. Isolat *Trichoderma* spp. ditumbuhkan pada cawan petri pada sisi yang berlawanan dengan jarak 4 cm dari koloni patogen dan diinkubasi selama 8 hari dalam inkubator dengan suhu $18 \text{ }^{\circ}\text{C}$. Sebagai kontrol ialah medium agar-agar V-8 yang hanya diinokulasi dengan *P. infestans*. Peubah yang diamati ialah jari-jari/ diameter koloni dari kedua isolat cendawan diukur setiap 24 jam sampai 8 hari setelah inokulasi (HSI). Persentase hambatan pertumbuhan cendawan *Trichoderma* spp dihitung berdasarkan rumus:

$$P = \frac{r_1 - r_2}{r_1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, persentase penghambatan pertumbuhan (%); r_1 , jari-jari koloni cendawan patogen *P. infestans* yang menjauhi koloni cendawan antagonis *Trichoderma*; r_2 , jari-jari koloni cendawan patogen *P. infestans* yang mendekati koloni cendawan antagonis *Trichoderma*.

HASIL

Isolat *P. infestans*

Koloni *P. infestans* yang diperoleh dari hasil isolasi terlihat seperti kelopak bunga, berwarna putih menyerupai kapas, pertumbuhan koloni melingkar konsentris, miselium lembut yang bagian ujungnya lebih tebal, bagian tepi koloni bergerigi, warna dasar koloni putih dan memenuhi cawan petri. Hifa *P. infestans* tidak bersekat dan tidak beraturan, sporangiofor tidak berwarna dan tidak bersekat. Sporangium berdinding tipis, tidak berwarna, berbentuk oval, berpapila, pada ujungnya seperti buah lemon pada ujung sporangiofornya dan berukuran $21\text{--}38 \times 12\text{--}23 \text{ }\mu\text{m}$. Sporangiofor membesar di beberapa titik (lebar $5 \text{ }\mu\text{m}$) dan bercabang *simpodial*. Ciri-ciri tersebut di atas merupakan ciri khas dari *P. infestans*. Di dalam sporangium kadang terdapat zoospora yang siap dikeluarkan.

Keanekaragaman jenis *Trichoderma*

Hasil isolasi dari rhizosfer tanaman kentang sehat, didapatkan 14 isolat. Sebanyak 9 isolat yang didapatkan diidentifikasi sebagai genus *Trichoderma* spp. (Tabel 1). Berdasarkan ciri morfologi yang ada, 9 isolat *Trichoderma* tersebut terdiri atas 4 spesies, yaitu *T. aureoviride* (5 isolat), *T. viride* (2 isolat), *T. atroviride* (1 isolat) dan *T. harzianum* (1 isolat). Warna koloni 9 isolat *Trichoderma* hampir sama. Pada awal perkembangan, koloni berwarna putih, kemudian berangsur-angsur menjadi hijau muda dan berwarna hijau tua pada akhir pengamatan (8 HSI), terutama pada bagian yang banyak konidianya. Semua jenis cendawan *Trichoderma* hasil isolasi mempunyai karakteristik mikroskopis sebagai berikut konidiofor dengan percabangan yang membentuk piramida, bagian bawah cabang lateral berulang-ulang, yang semakin ke ujung percabangannya semakin pendek (Tabel 2).

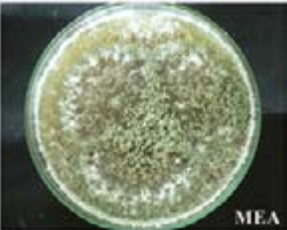
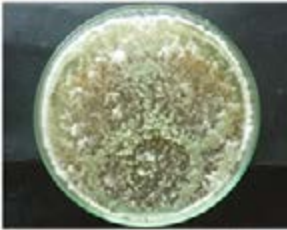
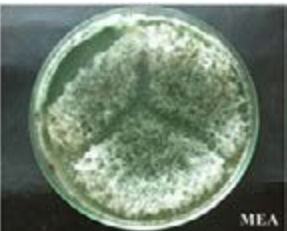
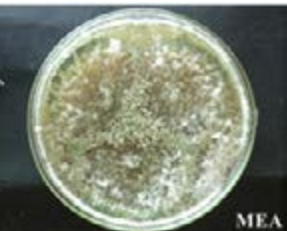
Kemampuan antagonis cendawan antagonis *Trichoderma* spp.

Persentase hambatan oleh *Trichoderma* spp. terhadap pertumbuhan *P. infestans* dari

Tabel 1 Keanekaragaman cendawan *Trichoderma* dalam rhizosfer tanaman kentang sehat

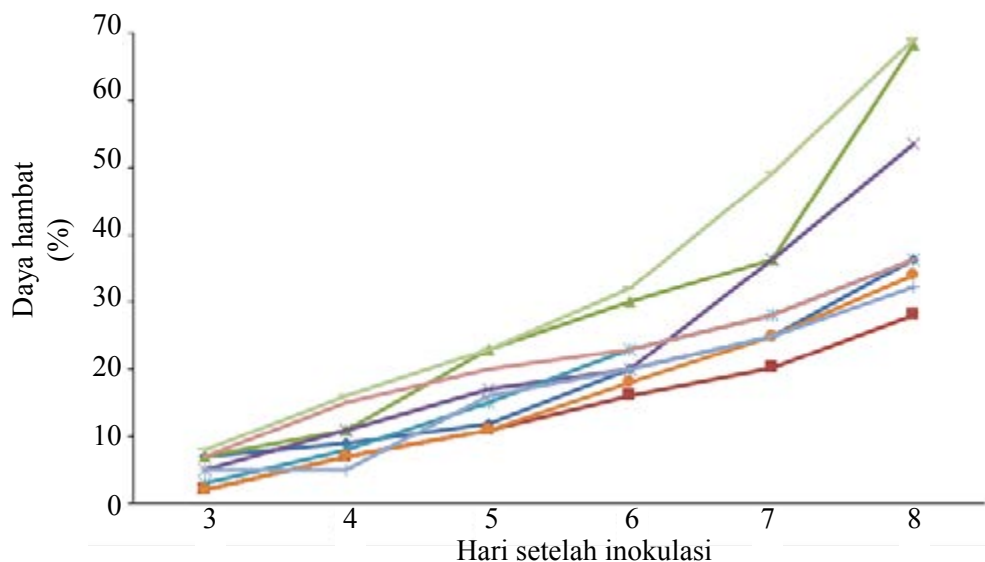
Kode Isolat	Jenis cendawan	Lokasi	Mekanisme penghambatan
Ti 1	<i>Trichoderma aureoviride</i>	Cikole Lembang	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 2	<i>Trichoderma aureoviride</i>	Cikole Lembang	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 3	<i>Trichoderma harzianum</i>	Kedu Temanggung	Kombinasi kompetisi ruang, nutrisi dan antibiosis
Ti 4	<i>Trichoderma atroviride</i>	Kedu Temanggung	Kombinasi kompetisi ruang, nutrisi dan antibiosis
Ti 5	<i>Trichoderma aureoviride</i>	Cikole Lembang	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 6	<i>Trichoderma aureoviride</i>	Cikole Lembang	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 7	<i>Trichoderma aureoviride</i>	Cikole Lembang	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 8	<i>Trichoderma viride</i>	Kedu Temanggung	Kompetisi ruang dan nutrisi
Ti 9	<i>Trichoderma viride</i>	Kedu Temanggung	Kombinasi kompetisi ruang, nutrisi dan antibiosis

Tabel 2 Deskripsi spesies cendawan *Trichoderma* dari rhizosfer tanaman kentang sehat

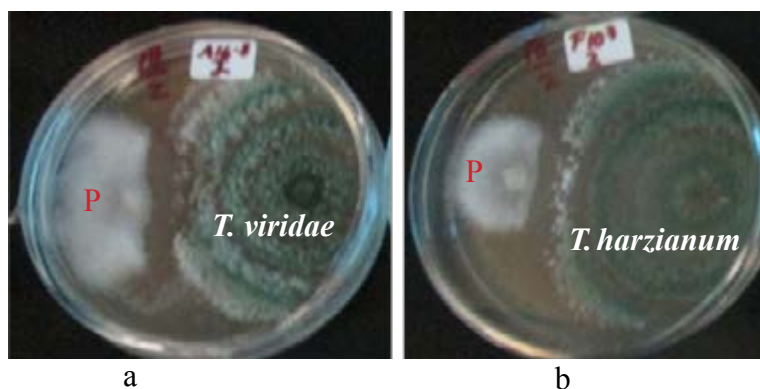
Cendawan endofit	Deskripsi morfologi cendawan	Gambar
<i>Trichoderma aureoviride</i>	Koloni pada media MEA berwarna hijau tua, permukaannya lembut dan berbentuk bulat yang membentuk zona lingkaran seperti cincin yang terlihat dalam cahaya. Konidiofor bercabang, fialid pendek, tebal dan vertikal sedangkan konidia berada pada setiap fialid, berwarna hijau dan berbentuk oval.	
<i>Trichoderma atroviride</i>	Pertumbuhan koloni mula-mula berwarna putih dan menjadi hijau setelah 5 hari, permukaan <i>granular</i> , <i>reverse of colony</i> putih, koloni yang bulat membentuk zona lingkaran seperti cincin yang terlihat dalam cahaya. Konidia berwarna putih dan menjadi hijau pucat (<i>dull green</i>) dengan bertambahnya hari. Konidiofor bercabang, fialid bentuk labu menggebu di ujungnya, dan konidia <i>sub globose</i> .	
<i>Trichoderma viride</i>	Koloni berwarna putih dan hijau tua (PDA) dan berwarna kuning dalam medium MEA (<i>reverse colony</i>). Bentuk koloni bulat yang membentuk zona lingkaran seperti cincin yang terlihat dalam cahaya. Konidiofor bercabang-cabang, <i>verticillate</i> , tegak, fialid bentuk labu/botol dan konidia bergerombol membentuk bola, bentuk bulat dan berwarna hijau cerah.	
<i>Trichoderma harzianum</i>	Koloni tumbuh dengan cepat dan lebat, berwarna putih dengan spora hijau muda seperti beludru yang lama-kelamaan berwarna hijau tua, <i>reverse of colony</i> berwarna putih – kekuningan. Koloni bulat yang membentuk zona lingkaran seperti cincin yang terlihat dalam cahaya. Konidiofor tegak, bercabang tersusun piramid, fialid bentuk labu dan konidia berbentuk oval.	

3-8 HSI menunjukkan kecenderungan yang semakin tinggi/ meningkat seiring lamanya waktu pengamatan, tetapi terlihat adanya daya antagonis yang beragam diantara isolat *Trichoderma* tersebut. Daya hambat *Trichoderma* spp. berkisar antara 28.1–68.6% 8 HSI. Sebanyak 3 isolat cendawan *Trichoderma*, yaitu isolat *T. viride* (Ti 9), *T. harzianum* (Ti 3) dan *T. atroviride* (Ti 4) mempunyai daya hambat lebih dari 50% berturut-turut 68.6%, 68.2% dan 53.5%. Cendawan *T. viride* (Ti 9) mampu menekan pertumbuhan cendawan patogen *P. infestans* paling tinggi diantara kesembilan isolat *Trichoderma* yang lain dengan kemampuan daya hambat sebesar 68.6 % (Gambar 1).

Mekanisme penghambatan pertumbuhan *P. infestans* oleh keempat jenis cendawan antagonis *Trichoderma* diduga adalah kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis serta kombinasi antara kompetisi ruang dan nutrisi serta antibiosis. Kemampuan penghambatan cendawan *T. harzianum* dan *T. viride* ditunjukkan dengan adanya zona bening antara koloni cendawan patogen *P. infestans* dan koloni cendawan *Trichoderma* (Gambar 2). Pada pengamatan lebih lanjut koloni *T. viride* terlihat mampu terus tumbuh menutupi koloni *P. infestans*. Sembilan isolat *Trichoderma* yang diuji mempunyai kemampuan tumbuh lebih cepat dibandingkan dengan *P. infestans*.



Gambar 1 Perkembangan daya hambat 9 isolat *Trichoderma* spp. terhadap perkembangan *Phytophthora infestans*. ◆, Ti 1; ■, Ti 2; ▲, Ti 3; ✕, Ti 4; ◆, Ti 5; ◆, Ti 6; ◆, Ti 7; ◆, Ti 8; ◆, Ti 9. Kode isolat dilihat pada Tabel 1.



Gambar 2 Uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap perkembangan *Phytophthora infestans* dalam medium agar-agar V-8 pada 7 HSI. a, *Trichoderma viridae*; b, *Trichoderma harzianum*; P, *P. infestans*.

Pertumbuhan koloni cendawan patogen *P. infestans* baru terlihat pada 3 HSI, namun pertumbuhan cendawan antagonis *Trichoderma* hanya membutuhkan waktu 5 hari untuk menutupi seluruh permukaan cawan petri. Pada hari ketiga, diameter koloni cendawan antagonis *T. viride* (Ti 9) lebih besar dibandingkan dengan diameter cendawan patogen *P. infestans*. Perbedaan diameter koloni kedua cendawan tersebut terus meningkat, dimulai dari 3 sampai 8 HSI.

PEMBAHASAN

Cendawan *Trichoderma* adalah jenis cendawan saprofit yang secara alami hidup di tanah, dan mudah diisolasi dari perakaran tanaman. Pada rhizosfer tanaman tomat ditemukan *Trichoderma* diantara genus cendawan yang lain (Menzies 1993). Indrayoga *et al.* (2013) melaporkan *Trichoderma* spp. juga ditemukan pada rhizosfer tanah supresif pertanaman kubis di Pacung, Baturiti Kaja dan Pekarangan.

Keanekaragaman cendawan tanah dapat menekan dominasi cendawan patogen dan menurunkan insidensi penyakit, serta memberikan pengaruh kesuburan pada tanaman inang (Muhibuddin *et al.* 2011). *Trichoderma* merupakan cendawan antagonis spesifik lokasi yang mampu mengendalikan pertumbuhan cendawan patogen *P. infestans* sampai 58% dalam uji antagonis secara *in vitro* (Purwantisari *et al.* 2004). Matroudi *et al.* (2009) melaporkan bahwa *T. atroviride* mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen *Sclerotinia sclerotiorum* hingga 93% pada uji *in vitro*. Desfina (2008) juga mendapatkan *T. viride* menekan pertumbuhan cendawan *P. palmivora* secara *in vitro*. Antibiotik yang bersifat volatil yang dikeluarkan oleh *T. viride* menghambat secara nyata pertumbuhan cendawan akar putih *Rigidoporus lignosus* (Widyastuti 2007; Bailey *et al.* 2008).

Trichoderma spp. menghasilkan enzim dan senyawa antibiotik seperti gliotoksin, glioviridin dan trichodermin yang mampu menghambat pertumbuhan cendawan patogen dengan senyawa volatil dan nonvolatil

antibiotik yang diproduksinya (Arya dan Parello 2010). Pada penelitian uji antagonis ini, mekanisme penghambatan *Trichoderma* spp. terhadap *P. infestans* berupa kompetisi ruang, nutrisi, dan antibiosis atau kombinasi ketiganya. Senyawa antibiotik volatil dan nonvolatil mampu memengaruhi dan menghambat banyak sistem fungsional sel patogen sehingga membuat patogen rentan. (Vey *et al.* 2001).

Zona bening yang terbentuk antara dua koloni cendawan disebabkan adanya senyawa metabolit sekunder yang dihasilkan koloni cendawan antagonis sehingga cendawan patogen tidak dapat tumbuh mendekati cendawan antagonis. Metabolit sekunder yang dihasilkan oleh *T. hamatum* WS01 berupa enzim selulase yang dapat menghambat pembentukan spora *F. oxysporum* f. sp. *cucumeris* dan *F. oxysporum* f. sp. *licopersicy* dengan mekanisme antibiosis (Srinon *et al.* 2006).

Jenis *Trichoderma* yang telah diketahui efektif sebagai agens hayati ialah *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. koningii* (Yuniati 2005). *T. viride* mempunyai kemampuan yang tinggi dalam memproduksi antibiotik (Harman 2006). *Trichoderma* spp. memproduksi senyawa anticendawan seperti *harzianic acid*, *alamethicins*, *tricholin*, *peptaibols*, *6-pentyl- α -pyrone*, dan *massoilactone* (Vey *et al.* 2001). *T. viride* mengeluarkan substansi aktif yang berperan dalam mekanisme antibiosis yang disebut trikolin yang menyebabkan hilangnya formasi organ liposom yang terdapat di dalam sel cendawan patogen (Suwahyono 2010).

Mekanisme penghambatan pertumbuhan *P. infestans* oleh *T. viride* lainnya ialah lisis, karena cendawan ini juga menghasilkan berbagai jenis enzim seperti eksoglukanase, endoglukanase, selobiose dan kitinase yang dapat menghancurkan dinding sel cendawan patogen secara langsung (Harman 2006). *Trichoderma* juga merupakan cendawan yang memiliki aktivitas selulolitik yang cukup tinggi karena menghasilkan komponen enzim selulase secara lengkap, yaitu eksoglukanase (β -1,4 glikanhidrolase), dan cellulbiase (β -glukosidase) yang mampu merusak dinding sel cendawan patogen, seperti *P. infestans*.

Selulosa merupakan komponen utama penyusun dinding sel cendawan patogen *P. infestans* (Papavizas 1985; Sitepu *et al.* 2011).

Daya hambat semua cendawan antagonis *Trichoderma* hasil isolasi terhadap pertumbuhan cendawan patogen *P. infestans* menunjukkan peningkatan seiring dengan bertambahnya masa inkubasi. Hal ini menunjukkan bahwa *Trichoderma* spp. bersifat antagonis terhadap *P. infestans*, terutama 2 isolat cendawan *Trichoderma* yaitu *T. viride* dan *T. harzianum*. Kemampuan *T. viride* menghambat pertumbuhan *P. infestans* secara *in vitro* dapat digunakan sebagai dasar penelitian selanjutnya dalam mengendalikan penyakit hawar daun tanaman kentang di lapangan.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan penghargaan dan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada Kepala Laboratorium beserta segenap staf Laboratorium Bakteri dan Cendawan Balai Penelitian Tanaman Sayuran (BALITSA) di Desa Cikole Kecamatan Lembang, Kota Bandung, Provinsi Jawa Barat yang telah banyak membantu terlaksananya penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Alabouvette C, Olivain C, Steinberg C. 2006. Biological control of plant diseases: the European situation. *Eur J Plant Pathol.* 114: 329–341. DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s10658-005-0233-0>.
- Alexopoulos CJ, Mims CW, Blackwell M. 1996. *Introductory Mycology*. Canada (CA): John Wiley and Sons Inc.
- Ambarwati AD, Herman, Listanto M, Suryaningsih E, Sofiari E. 2012. Pengujian ketahanan klon-klon hasil silangan tanaman kentang transgenik dengan nontransgenik terhadap penyakit hawar daun *Phytophthora infestans* di lapangan uji terbatas. *J Hortikultur.* 22(2):187–196.
- Arya A, Perello AE. 2010. *Management of Fungal Plant Pathogen*. London (UK): CAB International. DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/9781845936037.0000>.
- Barnett HL, Hunter BB. 2006. *Illustrated Genera of Imperfect Fungi*. Ed ke-4. Minnesota (US): APS.
- Bailey BA, Bae H, Strem MD, Crozier J, Thomas SE, Samuels GJ, Vinyard BT, Holmes KA. 2008. Antibiosis, mycoparasitism and colonization success for endophytic *Trichoderma* isolates with biological control potential in *Theobroma cacao*. *J Biol Control.* 46(1):24–35. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontrol.2008.01.003>.
- Desfina I. 2008. Uji antagonis *Trichoderma viride* terhadap *Phytophthora palmivora* penyebab busuk buah kakao secara *in vitro* [skripsi]. Bandar Lampung (ID): Universitas Lampung.
- Gams W, Bissett J. 1998. Morphology and identification of *Trichoderma*. Di dalam Kubicek CP, Harman GE, editor. *Trichoderma and Gliocladium*. volume 1. Abingdon, Oxfordshire (UK): Taylor and Francis Ltd. hlm 3–34.
- Gandjar I, Samson RA, Tweel-Vermeulen K, Oetari A, Santoso I. 1999. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia (ID). Universitas Indonesia. hlm 133–134.
- 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>.
- Harman GE, Howell CR, Viterbo A, Chet I, Lorito M. 2004. *Trichoderma* species opportunistic, avirulent plant symbionts. *Nat Rev Microbiol.* 2:43–56. DOI: <http://dx.doi.org/10.1038/nrmicro797>.
- Indrayoga PM, I Made S, Ni Made P. 2013. Identifikasi jenis dan populasi jamur tanah pada habitat tanaman kubis (*Brassica oleracea* L.) sehat dan sakit akar gada pada sentra produksi kubis di Kecamatan Baturiti Tabanan. *J Agroekotek Trop.* 2(3):184–194
- Lo CT, Nelson EB, Harman GE. 1997. Improved biocontrol efficacy of *Trichoderma harzianum* for foliar phases

- of turf diseases by use of spray application. *Plant Dis.* 81(10):1132–1138. DOI: <http://dx.doi.org/10.1094/PDIS.1997.81.10.1132>.
- Matroudi S, Zamani MR, Motallebi M. 2009. Antagonistic effects of three species of *Trichoderma* sp. on *Sclerotinia sclerotiorum*, the causal agent of canola stem rot. *J Egyptian Biology.* 11:37–44.
- Menzies JG. 1993. A strain of *Trichoderma viride* pathogenic to germinating seedlings of cucumber, pepper and tomato. *Plant Pathol.* 42:784–791. DOI: <http://dx.doi.org/10.1111/j.1365-3059.1993.tb01565.x>.
- Muhibuddin A, Addina AL, Abadi AL, Ahmad A. 2011. Biodiversity of soil fungi on integrated pest management farming system. *Agrivita.* 33(22):111–118.
- Papavizas GC. 1985. *Trichoderma* and *Gliocaldium*: biology, ecology and potential for biocontrol. *Ann Rev Phytopathol.* 23:23–54. DOI: <http://dx.doi.org/10.1146/annurev.py.23.090185.000323>.
- Purwantisari S, Ferniah RS, Pujiyanto S. 2004. Pengendali hayati kapang patogen *Phytophthora infestans* penyebab penyakit utama tanaman kentang. Laporan penelitian. Semarang (ID): Universitas Diponegoro.
- Purwantisari S, Hastuti RB. 2009. Isolasi dan identifikasi cendawan indigenous rhizosfer tanaman kentang dari lahan pertanian kentang organik di desa pakis, magelang. Semarang. *Jurnal BIOMA.* 11(2):45–53
- Rachmawati A, Harsoyo A, Martoredjo T. 1995. Kajian pengendalian penyakit busuk batang vanili dengan *Trichoderma viride*. Di dalam: *Risalah Kongres Nasional XIII dan Seminar Ilmiah Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*; 1995 Sep 25–27; Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada Press.
- Rivai MA. 1969. *A Revision of Genus Trichoderma.* Kew, Surrey (UK): Commonwealth Mycological Institute.
- Sitepu H, Suryanti U, Purwantisari S. 2011. Eksplorasi jamur antagonis spesifik lokal untuk pengendalian jamur patogen penyebab busuk daun dan umbi tanaman kentang. *Agromedia.* 29(1):50–57
- Srinon W, Chuncheon K, Jirattiwatukul K, Soyong K, Kanotmedhakul S. 2006. Efficacies of antagonistic fungi against fusarium wilt disease of cucumber and tomato and the assay of its enzyme activity. *J Agric Tech.* 2(2):191–201.
- Suwahyono U. 2010. *Cara Membuat dan Petunjuk Penggunaan Biopestisida.* Jakarta (ID): Penebar Swadaya.
- Vey A, Hoagland RE, Butt TM. 2001. Toxic metabolites of fungal biocontrol agents. CAB International. Di dalam: Butt TM, Jackson C, Magan N, editor. *Fungi As Biocontrol Agents : Progress, Problems, and Potential.* New York (US): CAB International. DOI: <http://dx.doi.org/10.1079/9780851993560.0311>.
- Watanabe T. 2002. *Pictorial Atlas of Soil and Seed Fungi Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species.* Florida (US): CRC Press LLC. DOI: <http://dx.doi.org/10.1201/9781420040821>
- Widyastuti SM. 2007. *Peran Trichoderma spp. dalam Revitalisasi Kehutanan di Indonesia.* Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada Press.
- Yuniati. 2005. Pengaruh pemberian beberapa spesies *Trichoderma* sp. dan pupuk kandang kambing terhadap penyakit layu *Fusarium oxysporum* f. sp *lycopersici* pada tanaman tomat (*Lycopersicon esculentum* Mill) [Skripsi]. Malang (ID): Universitas Muhammadiyah Malang.