

EVALUASI JAMUR ANTAGONIS DALAM MENGHAMBAT PERTUMBUHAN *Rigidoporus microporus* PENYEBAB PENYAKIT JAMUR AKAR PUTIH PADA TANAMAN KARET

EVALUATION OF ANTAGONISTIC FUNGI IN INHIBITING THE GROWTH OF *Rigidoporus microporus* CAUSING WHITE ROOT DISEASE IN RUBBER PLANTS

* Widi Amaria, Rita Harni, dan Samsudin

Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar
Jalan Raya Pakuwon Km 2 Parungkuda, Sukabumi 43357 Indonesia

* w_amarial@yahoo.com

(Tanggal diterima: 18 Desember 2014, direvisi: 12 Januari 2015, disetujui terbit: 13 Maret 2015)

ABSTRAK

Rigidoporus microporus merupakan patogen penyebab penyakit jamur akar putih (JAP) pada karet yang sangat sulit untuk dikendalikan. Penggunaan jamur antagonis diharapkan mampu mengendalikan patogen tersebut karena memiliki kemampuan penghambatan melalui mekanisme kompetisi, antibiosis, atau parasitisme. Penelitian ini bertujuan mengevaluasi 10 isolat jamur antagonis dalam menghambat *R. microporus* penyebab penyakit JAP pada tanaman karet serta mengidentifikasi mekanisme penghambatannya secara *in vitro*. Penelitian dilaksanakan bulan Januari sampai April 2013, di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar (Balittri) Sukabumi. Penelitian terdiri dari: (1) uji kecepatan pertumbuhan koloni, (2) uji daya hambat, (3) uji metabolit sekunder, dan (4) mekanisme antagonis. Setiap pengujian menggunakan rancangan acak lengkap. Jamur antagonis yang digunakan adalah *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, *Eupenicillium javanicum*, *Penicillium simplicissimum*, *P. citrinum*, *P. pinophilum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Aspergillus fijiensis*, dan *Hypocrea atroviridis* (= *T. atroviride*), masing-masing diulang 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa isolat jamur antagonis dari marga *Trichoderma* memiliki kemampuan daya hambat yang lebih kuat dibandingkan marga lainnya. Keempat jamur dari marga *Trichoderma* memiliki mekanisme kompetisi yang lebih baik terhadap *R. microporus* dibandingkan marga *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus*. Di samping itu, isolat *T. virens* dan *H. atroviridis* juga memiliki kemampuan parasitisme, sedangkan *P. lilacinus* dan *E. javanicum* memiliki mekanisme antibiosis terhadap *R. microporus*. Isolat jamur antagonis yang paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai agens hayati pengendali JAP pada tanaman karet, yaitu *T. virens*, *T. hamatum*, dan *H. atroviridis*.

Kata kunci: Karet, *Rigidoporus microporus*, jamur antagonis

ABSTRACT

Rigidoporus microporus is a pathogen causing white root disease in rubber plants, which is very difficult to control. The use of antagonistic fungi is expected to control this pathogen because it has the inhibitory ability through the competition, antibiosis or parasitism mechanisms. The objective of this research was to evaluate ten antagonistic fungi in inhibiting the growth of *R. microporus* *in vitro*. The research was conducted from January to April 2013, in the Laboratory of Plant Protection, Indonesian Industrial Beverages Crop Research Institute (IIBCRI) Sukabumi. The research consisted of: (1) the growth rate of colony, (2) inhibition, (3) secondary metabolites, and (3) antagonistic mechanism. Each test using a completely randomized design. The antagonist fungi used are: *Trichoderma virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, *Eupenicillium javanicum*, *Penicillium simplicissimum*, *P. citrinum*, *P. pinophilum*, *Paecilomyces lilacinus*, *Aspergillus fijiensis*, and *Hypocrea atroviridis* (= *T. atroviride*), in which each of these fungi repeated 3 times. The results showed that the *Trichoderma* genus have inhibitory capability against *R. microporus* stronger than the others. Four genera of *Trichoderma* fungi have better competition mechanism against *R. microporus* compared to *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, and *Aspergillus*. In addition, *T. virens* and *H. atroviridis* also have parasitism ability, while *P. lilacinus* and *E. javanicum* have antibiosis mechanism against *R. microporus*. The antagonistic fungi which were most potential to be developed as a biological control for white root disease, i.e.: *T. virens*, *T. hamatum*, and *H. atroviridis*.

Keywords: Rubber, *Rigidoporus microporus*, antagonistic fungi

PENDAHULUAN

Jamur *Rigidoporus* sp. merupakan patogen penyebab penyakit jamur akar putih (JAP) pada tanaman karet. JAP dapat menyerang tanaman karet di pembibitan, kebun entres, tanaman belum menghasilkan (TBM), dan tanaman menghasilkan (TM) melalui perakaran (Pawirosoemardjo, 2007). Penggunaan fungisida kimia sintetik untuk mengendalikan JAP selama ini terbukti kurang efektif, tidak ekonomis dan berdampak negatif pada lingkungan sehingga harus dicari teknologi pengendalian alternatif yang lebih efektif, ekonomis, dan ramah lingkungan.

Pengendalian biologi menggunakan jamur antagonis diharapkan lebih efektif dalam mengendalikan JAP karena memiliki beberapa kelebihan, antara lain: secara alami hidup di dalam tanah sehingga mudah beradaptasi, umumnya berfungsi sebagai dekomposer bahan organik, dan tidak menimbulkan pencemaran lingkungan. Beberapa marga jamur antagonis yang telah diketahui mampu menghambat perkembangan *Rigidoporus* sp. dan berpotensi untuk mengendalikan penyakit JAP pada tanaman karet antara lain: *Trichoderma*, *Aspergillus*, *Chaetomium*, *Botryodiplodia*, *Penicillium*, *Paecilomyces*, dan *Eupenicillium* (Suwandi, 2008; Kaewchai & Soyong, 2010; Fairuzah *et al.*, 2012; Amaria, Harni, & Taufik, 2013; Ubogu, 2013; Amaria & Wardiana, 2014).

Jamur antagonis mempunyai kemampuan dalam menghambat perkembangan patogen dengan berbagai mekanisme, antara lain melalui kompetisi ruang dan nutrisi, antibiosis dengan menghasilkan antibiotik tertentu berupa senyawa kimia yang mudah menguap (*volatile*) dan tidak menguap (*non volatile*) (Ajith & Lakshmidhevi, 2010; Vinale *et al.*, 2014) atau *lytic enzyme* (kitinase, protease, dan glukonase), parasitisme dengan melilit hifa patogen, dan induksi ketahanan tanaman (Agrios, 2005; Pal & Gardener, 2006). Mekanisme penghambatan dari jamur-jamur tersebut terhadap *Rigidoporus* sp. penyebab penyakit JAP pada tanaman karet berbeda-beda. Hasil penelitian Kaewchai & Soyong (2010) menunjukkan bahwa *T. hamatum* dan *T. harzianum* mampu menekan pertumbuhan *R. microporus* melalui mekanisme kompetisi, sedangkan *Chaetomium cupreum* melalui mekanisme antibiosis.

Jamur antagonis pengendali JAP dapat ditemukan di sekitar perakaran tanaman karet (*rizosfir*) dan *endofit* tanaman karet. Tistama & Nograho (2007) mengemukakan bahwa di sekitar rizosfir terdapat mikroorganisme potensial yang berperan sebagai biofungisida. Hasil penelitian Amaria *et al.* (2013) di beberapa perkebunan karet di Lampung (LP), Sumatera Selatan (SS), Jawa Tengah (JT), dan Jawa Barat (JB)

diperoleh 134 jenis jamur rizosfir dan 75 jamur endofit. Hasil seleksi uji antagonis secara *in vitro* dari isolat-isolat tersebut diperoleh 10 isolat jamur yang berpotensi sebagai biofungisida karena dapat menghambat pertumbuhan patogen *R. microporus*. Tujuan dari penelitian adalah mengevaluasi 10 isolat jamur antagonis dalam menghambat *R. microporus* penyebab penyakit JAP pada tanaman karet serta mengidentifikasi mekanisme penghambatannya secara *in vitro*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai April 2013, di Laboratorium Proteksi Tanaman, Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar, Sukabumi. Jamur antagonis yang digunakan merupakan hasil eksplorasi dan seleksi dari beberapa kebun karet di Lampung, Sumatera Selatan, Jawa Tengah, dan Jawa Barat yang dilakukan oleh Amaria *et al.* (2013) (Tabel 1). Setiap pengujian menggunakan rancangan acak lengkap menggunakan 10 jamur antagonis dan masing-masing diulang 3 kali.

Tabel 1. Marga, jenis, dan kode isolat jamur antagonis yang dievaluasi

Table 1. Genera, species, and isolates code of antagonistic fungi being evaluated

Marga	Jenis jamur antagonis	Kode isolat
<i>Trichoderma</i>	<i>Trichoderma virens</i>	LP1
	<i>Trichoderma hamatum</i>	LP2
	<i>Trichoderma amazonicum</i>	LP3
	<i>Hypocrea atroviridis</i>	JB2
<i>Penicillium</i>	<i>Penicillium simplicissimum</i>	SS1
	<i>Penicillium citrinum</i>	SS2
	<i>Penicillium pinophilum</i>	JT3
<i>Eupenicillium</i>	<i>Eupenicillium javanicum</i>	LP4
<i>Paecilomyces</i>	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	JT4
<i>Aspergillus</i>	<i>Aspergillus fijiensis</i>	JB1

Uji Kecepatan Pertumbuhan Koloni

Pengujian pertumbuhan koloni jamur dilakukan dengan membuat biakan tunggal (*single culture*) untuk masing-masing jamur antagonis mengikuti metode Sunarwati & Yoza (2010). Biakan murni isolat jamur antagonis berukuran diameter 0,5 cm diambil kemudian ditempatkan di tengah cawan petri berisi media *potato dextrose agar* (PDA). Parameter pertumbuhan koloni yang diamati adalah diameter koloni jamur yang diukur setiap hari sampai terdapat koloni jamur yang telah memenuhi cawan petri.

Uji Daya Hambat

Uji daya hambat dilakukan dengan metode biakan ganda (*dual culture*) oposisi langsung mengikuti metode Dharmaputra, Gunawan, Wulandari, & Basuki (1999). Jamur patogen *R. microporus* dan isolat antagonis masing-masing berdiameter 0,5 cm diletakkan pada media PDA di bagian tepi cawan petri yang berbeda dengan jarak 4 cm, kemudian diinkubasi pada suhu ruang. Berdasarkan hasil pengujian sebelumnya diketahui bahwa pertumbuhan *R. microporus* pada media PDA lebih lambat dibandingkan jamur antagonis, oleh karena itu pada pengujian ini, jamur antagonis diletakkan 3 hari setelah jamur patogen. Pengamatan meliputi persentase daya hambat, yaitu dengan cara mengukur jari-jari patogen dan dihitung dengan menggunakan rumus (Dharmaputra *et al.*, 1999):

$$P = \frac{(r_1 - r_2)}{r_1} \times 100\%$$

Keterangan:

P = persentase hambatan

r1 = jari-jari koloni patogen yang tumbuh kearah berlawanan dengan isolat antagonis

r2 = jari-jari koloni patogen yang tumbuh mendekati isolat antagonis.

Uji Metabolit Sekunder

Jamur antagonis umumnya menghasilkan metabolit sekunder berupa senyawa volatil dan non volatil. Pengujian metabolit volatil dilakukan dengan mengikuti metode Dennis & Webster (1971a), yaitu mengambil potongan biakan berdiameter 0,5 cm dari masing-masing biakan murni jamur antagonis dan patogen *R. microporus*, kemudian diletakkan pada media PDA di tengah cawan petri secara terpisah. Selanjutnya kedua cawan petri tersebut ditangkupkan satu sama lain saling berhadapan, jamur patogen berada di atas dan jamur antagonis berada di bawah. Pengamatan dilakukan terhadap pertumbuhan koloni patogen *R. microporus* dengan cara mengukur diameter koloni biakan pada 7 hari setelah inokulasi (HSI).

Pengujian metabolit non volatil dilakukan dengan cara mengambil satu potong setiap isolat jamur antagonis berdiameter 0,5 cm, masing-masing diinokulasikan pada 100 ml media cair *potato dextrose broth* (PDB) dalam erlenmeyer berukuran 250 ml secara terpisah. Satu erlenmeyer lainnya hanya berisi media PDB yang akan digunakan sebagai kontrol. Kesepuluh isolat jamur antagonis pada media PDB tersebut dan kontrol diinkubasi pada *platform shaker* dengan suhu 27 °C dan kecepatan 120 rpm selama 14 hari (Dennis & Webster, 1971b). Setelah melalui masa inkubasi, selanjutnya dilakukan ekstraksi untuk memisahkan fraksi

air dengan miselium (biomassa) jamur antagonis menggunakan *filter syringe* 0,2 mm (*milipore*) dan didapatkan supernatan/filtrat yang ditempatkan pada erlenmeyer 50 ml. Masing-masing supernatan diambil sebanyak 5 ml dan dicampurkan ke dalam media PDA pada cawan petri yang terpisah sebelum media menjadi padat. Selanjutnya diambil biakan murni jamur patogen berdiameter 0,5 cm dan diletakkan di tengah media tersebut serta diukur diameter koloni pada 7 HSI.

Mekanisme Antagonis

Pengamatan mekanisme antagonis dilakukan secara makroskopis melalui pengamatan langsung pada biakan ganda (*dual culture*) dan secara mikroskopis dengan cara mengambil potongan hifa 1 cm × 1 cm di daerah kontak kedua jamur, kemudian diletakkan pada gelas obyek dan diamati di bawah *compound microscope*. Mekanisme interaksi yang terjadi antara jamur patogen dengan jamur antagonis didasarkan pada kriteria yang dikemukakan oleh Porter (1942), Skidmore & Dickinson (1976), dan Trigiano, Windham, & Windham (2008), yaitu:

- Kompetisi, apabila koloni jamur antagonis menutupi koloni patogen dan pertumbuhan jamur antagonis lebih cepat untuk memenuhi cawan petri berdiameter 9 cm. Pada daerah kontak, hifa patogen mengalami lisis.
- Antibiosis, apabila terbentuk zona kosong di antara jamur patogen dengan jamur antagonis, terdapat perubahan bentuk hifa patogen, dan dihasilkan pigmen di permukaan bawah koloni jamur antagonis.
- Parasitisme, apabila hifa jamur antagonis tumbuh di atas hifa patogen, pada daerah kontak ditemukan hifa jamur antagonis melilit hifa patogen, serta mengalami lisis.

Analisis Data

Data yang diperoleh kemudian dianalisis melalui sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji beda rata-rata perlakuan menggunakan Uji Tukey pada taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pertumbuhan Koloni Jamur Antagonis

Pertumbuhan koloni pada media PDA menunjukkan bahwa marga *Trichoderma*, yaitu isolat *T. virens* (LP1), *T. hamatum* (LP2), *T. amazonicum* (LP3), dan *H. atroviridis* (JB2) (= *T. atroviride*) (Dodd, Lieckfeldt, & Samuels, 2003) berbeda nyata dengan jamur lain dari marga *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus*. Pertumbuhan dari keempat jenis *Trichoderma* tersebut sangat cepat sehingga dalam

waktu 3 hari setelah inokulasi (HSI) telah memenuhi cawan petri berdiameter 9 cm, sedangkan isolat lainnya pada umur 3 HSI rata-rata hanya menutupi kurang dari setengah cawan petri (Tabel 2). Rata-rata diameter koloni dari marga *Trichoderma* pada hari ke-1 sekitar 2 cm, kemudian pada hari ke-2 menjadi sekitar 5 cm dan pada hari ke-3 sudah mencapai 9 cm (menutupi semua permukaan cawan petri), sedangkan marga lainnya pada hari ke-1 belum terlihat pertumbuhan dan pada hari ke-2 rata-rata diameternya sekitar 1 cm, kemudian pada hari ke-3 pertumbuhannya beragam antara 3,0–4,8 cm (Gambar 1).

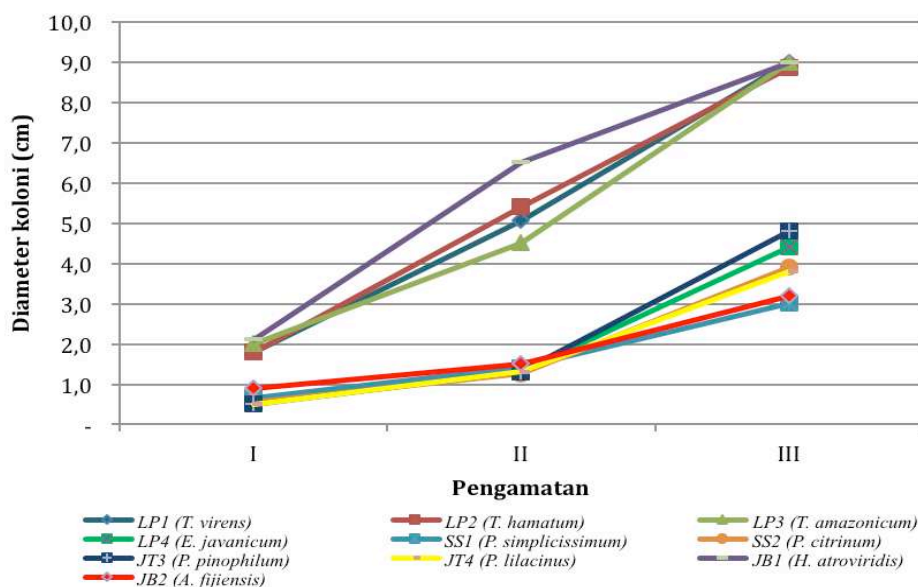
Pola pertumbuhan koloni jamur dari marga *Trichoderma* berbeda bila dibandingkan dengan marga *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus*. Pola pertumbuhan *T. virens* (LP1), *T. hamatum* (LP2), *T. amazonicum* (LP3), dan *H. atroviridis* (JB2) (= *T. atroviride*) menyebar dengan cepat ke segala arah,

sedangkan jamur dari marga *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus* pertumbuhan koloninya cenderung mengelompok dan menyebar tidak teratur (Amaria *et al.*, 2013). Jamur marga *Trichoderma* diketahui mempunyai kemampuan tumbuh yang cepat dan mudah berkembang pada berbagai media. Pertumbuhan koloni dan spora yang berlimpah menyebabkan *Trichoderma* mudah diisolasi walaupun dengan metode yang sederhana (Gams & Bissett, 2002 cited in Kubicek & Harman, 2002). Sementara itu, pertumbuhan koloni *Penicillium* dan *Aspergillus* walaupun cenderung lambat, namun koloni jamur terlihat padat oleh massa spora. Hal ini sejalan dengan yang dikemukakan oleh Houbraken, de Vries, & Samson (2014) bahwa *Penicillium* dan *Aspergillus* menghasilkan spora kering (*dry spore*) yang berlimpah sehingga mudah menyebar di udara (*air borne fungi*) dan selanjutnya akan membentuk koloni baru.

Tabel 2. Diameter koloni jamur antagonis pada media PDA
Table 2. The colony diameter of antagonistic fungi on PDA

Kode isolat	Isolat jamur antagonis	Diameter koloni (cm)
LP1	<i>Trichoderma virens</i>	9,00 a
LP2	<i>Trichoderma hamatum</i>	8,87 a
LP3	<i>Trichoderma amazonicum</i>	9,00 a
JB2	<i>Hypocrea atroviridis</i>	9,00 a
SS1	<i>Penicillium simplicissimum</i>	3,00 c
SS2	<i>Penicillium citrinum</i>	3,90 bc
JT3	<i>Penicillium pinophilum</i>	4,80 b
LP4	<i>Eupenicillium javanicum</i>	4,40 b
JT4	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	3,80 b
JB1	<i>Aspergillus fijiensis</i>	3,20 c

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%
Notes : Numbers followed by the same letters are not significantly different according to Tukey test at 5% levels



Gambar 1. Diameter koloni jamur antagonis pada pengamatan hari ke-1, 2, dan 3
Figure 1. The colony diameter of antagonistic fungi on 1st, 2nd, and 3th days

Tabel 3. Daya hambat jamur antagonis terhadap patogen pada 7 HSI
Table 3. Inhibition rates of antagonist fungi against pathogen at 7 DAI

Kode isolat	Isolat jamur antagonis	Daya hambat (%)
LP1	<i>Trichoderma virens</i>	74,23 ab
LP2	<i>Trichoderma hamatum</i>	72,40 ab
LP3	<i>Trichoderma amazonicum</i>	75,53 a
JB2	<i>Hypocrea atroviridis</i>	77,93 a
SS1	<i>Penicillium simplicissimum</i>	68,77 bc
SS2	<i>Penicillium citrinum</i>	66,07 cd
JT3	<i>Penicillium pinophilum</i>	56,57 e
LP4	<i>Eupenicillium javanicum</i>	61,53 de
JT4	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	58,83 e
JB1	<i>Aspergillus fijiensis</i>	71,93 ab

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey taraf 5%; HSI = hari setelah inokulasi

Notes : Numbers followed by the same letters are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; DAI = days after inoculation

Kecepatan pertumbuhan jamur antagonis merupakan indikator mekanisme kompetisi ruang dan nutrisi dengan patogen. Semakin cepat pertumbuhan jamur antagonis maka semakin efektif menekan pertumbuhan patogen. Menurut Djafaruddin (2000) kecepatan pertumbuhan koloni jamur merupakan salah satu faktor penting dalam menentukan potensinya sebagai agens hayati terhadap patogen. Elbert, Taylor, Andreae, & Poschi, (2007) menyatakan bahwa pertumbuhan koloni jamur yang dihasilkan memiliki peranan penting dalam proses siklus hidupnya karena spora/konidia merupakan alat reproduksi aseksual, penyebaran, dan pertahanan hidup jamur pada lingkungannya.

Daya Hambat Jamur Antagonis terhadap Patogen

Hasil pengujian daya hambat jamur antagonis terhadap patogen menunjukkan bahwa semua isolat jamur antagonis yang diuji memiliki daya hambat lebih dari 50% terhadap patogen *Rigidoporus microporus* penyebab penyakit JAP. Daya hambat dari 4 isolat marga *Trichoderma*, *A. fijiensis* (JB1), dan *P. simplicissimum* (SS1) lebih tinggi dibandingkan *E. javanicum* (LP4), *P. citrinum* (SS2), *P. pinophilum* (JT3), dan *P. lilacinus* (JT4). Daya hambat isolat marga *Trichoderma* terhadap pertumbuhan koloni patogen *R. microporus* sebesar 72,40%–77,93%, *A. fijiensis* (JB1) 71,93%, sedangkan *P. simplicissimum* (SS1) sebesar 68,77% (Tabel 3).

Daya hambat marga *Trichoderma* dan *Aspergillus* juga diteliti oleh Kaewchai & Soyong (2010) yang melaporkan kedua marga jamur tersebut mampu menghambat *R. microporus* sebesar >50%. Hasil penelitian lain oleh Ubogu (2013) menyatakan bahwa

marga *Trichoderma*, *Aspergillus*, dan *Penicillium* mempunyai daya hambat tertinggi terhadap pertumbuhan *R. lignosus* penyebab jamur akar putih pada klon karet dibandingkan jamur dari marga lain yang diuji. Daya hambat jamur antagonis terhadap patogen secara *in vitro* ini menjadi salah satu indikator kemampuannya untuk menekan pertumbuhan patogen di lapangan.

Pengaruh Metabolit Volatil dan Non volatil Jamur Antagonis terhadap Pertumbuhan Patogen

Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua jamur antagonis yang dievaluasi menghasilkan metabolit volatil dan mampu menghambat pertumbuhan patogen. Metabolit volatil yang dihasilkan oleh 4 jenis dari marga *Trichoderma* (LP1, LP2, LP3 dan JB2), *P. simplicissimum* (SS1), *E. javanicum* (LP4), *P. lilacinus* (JT4), dan *A. fijiensis* (JB1) mempunyai pengaruh yang sama dalam menghambat *R. microporus*. Namun demikian, metabolit volatil *T. virens* (LP1) dan *H. atroviridis* (JB2) mempunyai perbedaan daya hambat dengan *P. citrinum* (SS2) dan *P. pinophilum* (JT3), sedangkan *T. amazonicum* (LP3) berbeda dengan *P. citrinum* (SS2). Kemampuan metabolit volatil jamur antagonis dalam menghambat *R. microporus* tertinggi dihasilkan dari *T. virens* (LP1) dan *H. atroviridis* (JB2) (= *T. atroviride*), masing-masing 56,29% dan 55,92%, sedangkan terendah pada *P. citrinum* (SS2) (9,63%). Metabolit volatil yang dihasilkan oleh marga *Trichoderma* mampu menghambat *R. microporus* sebesar 44,44%–56,29% lebih tinggi dibandingkan marga jamur lainnya (Tabel 4).

Tabel 4. Daya hambat metabolit sekunder jamur antagonis terhadap patogen pada 7 HSI
Table 4. Inhibition rates of fungal secondary metabolite against pathogen at 7 DAI

Kode isolat	Isolat jamur antagonis	Daya hambat (%)	
		Metabolit volatil	Metabolit non volatil
LP1	<i>Trichoderma virens</i>	56,29 a	88,52 a
LP2	<i>Trichoderma hamatum</i>	44,44 abc	77,78 a
LP3	<i>Trichoderma amazonicum</i>	47,04 ab	48,89 b
JB2	<i>Hypocrea atroviridis</i>	55,92 a	26,66 c
SS1	<i>Penicillium simplicissimum</i>	22,96 abc	38,89 bc
SS2	<i>Penicillium citrinum</i>	9,63 c	48,15 b
JT3	<i>Penicillium pinophilum</i>	13,33 bc	50,00 b
LP4	<i>Eupenicillium javanicum</i>	22,22 abc	46,30 b
JT4	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	21,48 abc	51,11 b
JB1	<i>Aspergillus fijiensis</i>	30,00 abc	51,85 b

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut uji Tukey pada taraf 5%; HSI=hari setelah inoculasi

Notes : Numbers followed by the same letters in each column are not significantly different according to Tukey test at 5% levels; DAI=days after inoculation

Potensi penghambatan jamur antagonis *Trichoderma* terhadap patogen karena pengaruh dari metabolit volatil juga telah diteliti dengan menggunakan *Trichoderma saturnisporum*, *T. harzianum*, *T. viride*, dan *T. reesei* yang menghambat pertumbuhan *Colletotrichum capsici* sebesar 30%–67% (Ajith & Lakshmidewi, 2010). *T. harzianum* juga mampu menghambat *Bipolaris oryzae* sebesar 72,4% (Khalil, Sadravi, Naeimi, & Khosravi, 2012), sedangkan penelitian lainnya melaporkan bahwa *T. harzianum*, *T. virens*, dan *T. atroviride* dapat menghambat *Fusarium moniliforme* sebesar 26,27%–32,86% (Kumar, Misra, Modi, & Gupta, 2012).

Hasil pengujian metabolit non volatil menunjukkan semua jamur antagonis dapat menghasilkan antibiotik yang menghambat pertumbuhan jamur patogen. Penghambatan metabolit non volatil terhadap *R. microporus* yang dihasilkan dari *T. virens* (LP1) dan *T. hamatum* (LP2) berbeda nyata dibandingkan jamur antagonis lainnya. Di antara jamur antagonis tersebut, metabolit non volatil *T. virens* (LP1) dan *T. hamatum* (LP2) mempunyai kemampuan tertinggi dalam menghambat jamur patogen, yaitu 88,52% dan 77,78%, sedangkan yang dihasilkan *H. atroviridis* (JB2) mempunyai penghambatan terendah (26,6%). Selanjutnya jamur *T. amazonicum* (LP3) serta marga *Penicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus* mempunyai kemampuan yang sama dalam menghambat *R. microporus*, yaitu 38,89%–51,85%.

Kemampuan penghambatan jamur marga *Trichoderma* terhadap jamur patogen oleh metabolit non volatil, juga telah dilaporkan oleh Ajith & Lakshmidewi (2010). *T. viride* menghambat perkembangan *C. capsici* sebesar 3%–4%, sedangkan *T. harzianum*, *T. saturnisporum*, dan *T. reesei* menghambat *C. capsici* sebesar 21%–68%. Sementara itu, hasil penelitian Khalil *et al.*

(2012) menunjukkan bahwa *T. virens* dan *T. harzianum* mampu menghambat *Bipolaris oryzae* sampai 100%, sedangkan menurut Kumar *et al.* (2012) penghambatan *T. virens* terhadap *F. moniliforme* hanya sebesar 35,5%.

Metabolit sekunder baik volatil maupun non volatil yang dihasilkan 10 jamur antagonis menunjukkan kemampuannya dalam menghambat pertumbuhan koloni jamur patogen *R. microporus* dalam satu ruang dan nutrisi yang sama, sehingga miselium jamur patogen sulit berkembang pada media. Perbedaan kemampuan penghambatan jamur antagonis dapat disebabkan oleh perbedaan jenis, strain jamur antagonis, serta jenis patogen. Metabolit sekunder yang dihasilkan jamur *Trichoderma* dalam menghambat pertumbuhan patogen juga dipengaruhi oleh faktor-faktor lainnya seperti jenis dan konsentrasi senyawa antibiotik yang dihasilkan, jenis dan strain jamur, kehadiran jamur lain, laju keseimbangan biosintesis, serta biotransformasi (Degenkolb *et al.*, 2008; Vinale *et al.*, 2009). Hasil penelitian menunjukkan bahwa metabolit sekunder yang dihasilkan oleh marga *Trichoderma* di antaranya adalah *harzianic acid*, *alamethicins*, *peptaibols* (*trichor-zianine*), *6-penthy- α -pyrone*, *viridin*, *gliovirin*, *glio-toxin*, *heptelidic acid* atau *koningic acid*, *isocyano derivatives* (*dermadin acid*) (Schuhmacher *et al.*, 2007; Zeilinger & Omann, 2007).

Mekanisme Penghambatan Jamur Antagonis terhadap Patogen

Hasil pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis terhadap mekanisme penghambatan jamur antagonis terhadap patogen *R. microporus* terlihat dalam Tabel 5. Semua jamur antagonis yang dievaluasi mempunyai satu atau lebih mekanisme penghambatan, yaitu kompetisi, antibiosis, dan parasitisme. Mekanisme hambatan dari marga *Trichoderma* menyebabkan hifa patogen membesar dan lisis, sedangkan marga

Aspergillus, *Penicillium*, dan *P. lilacinus*, menyebabkan hifa patogen lisis (Gambar 2). Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan bahwa hampir semua isolat jamur antagonis mempunyai mekanisme kompetisi, kecuali *E. javanicum* (LP4). Isolat *P. lilacinus* (JT4), dan *E. javanicum* (LP4) memiliki mekanisme antibiosis, karena pada ketiga isolat ini ditemukan zona kosong di antara koloni jamur antagonis dan koloni patogen. Sementara itu, hasil pengamatan secara mikroskopis terlihat bahwa isolat *T. virens* (LP1) dan *H. atroviridis* (JB2) memiliki kemampuan parasitisme yang ditandai dengan lilitan hifa jamur antagonis terhadap hifa patogen. Isolat *T. virens* (LP1) dan *H. atroviridis* (JB2) memiliki dua mekanisme penghambatan, yaitu kompetisi dan parasitisme, sedangkan *P. lilacinus* (JT4) mekanismenya kompetisi dan antibiosis.

Mikroorganisme antagonis dapat menggunakan satu atau lebih mekanisme untuk menekan patogen dan kinerjanya dapat berbeda terhadap jenis patogen yang lain. Lebih lanjut dikemukakan bahwa kompetisi adalah

mekanisme yang terjadi antara dua atau lebih mikroorganisme yang menggunakan atau memperebutkan makanan (karbon dan nitrogen) atau sumber mineral yang sama, maupun menempati habitat atau inang yang sama. Mikroorganisme yang satu dapat mengalahkan mikroorganisme lainnya karena pertumbuhannya lebih cepat sehingga dapat menggunakan secara efisien sumber makanannya (Trigiano *et al.*, 2008).

Jamur dari marga *Trichoderma* yang mempunyai mekanisme kompetisi dan parasitisme, umumnya memiliki spektrum penghambatan yang lebih luas dan lebih kuat sehingga menyebabkan patogen tidak dapat tumbuh. Aktivitas parasitisme dari jamur antagonis marga *Trichoderma* menghasilkan senyawa kimia yang bersifat toksik dan enzim yang mampu mendegradasi sel patogen (Benítez, Rincón, Limón, & Codon, 2004). Berdasarkan hasil penelitian sebelumnya dapat diketahui

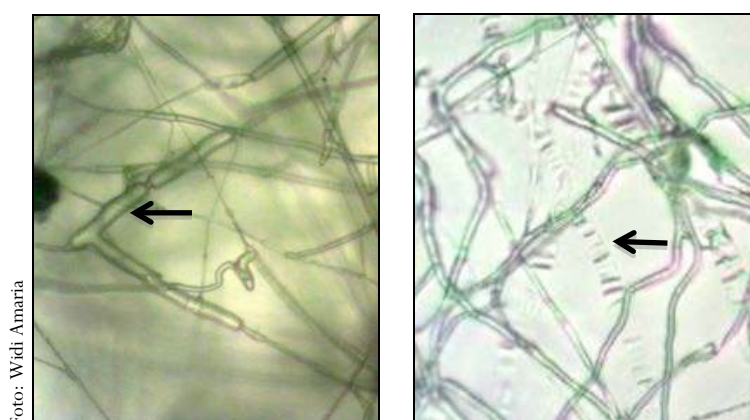
Tabel 5. Mekanisme daya hambat jamur antagonis terhadap patogen pada *potato dextrose agar* (PDA)

Table 5. Mechanism of antagonistic fungi against pathogen on *potato dextrose agar* (PDA)

Kode isolat	Isolat jamur antagonis	Kompetisi	Antibiosis	Parasitisme
LP1	<i>Trichoderma virens</i>	+	-	+
LP2	<i>Trichoderma hamatum</i>	+	-	-
LP3	<i>Trichoderma amazonicum</i>	+	-	-
JB2	<i>Hypocrea atroviridis</i>	+	-	+
SS1	<i>Penicillium simplicissimum</i>	+	-	-
SS2	<i>Penicillium citrinum</i>	+	-	-
JT3	<i>Penicillium pinophilum</i>	+	-	-
LP4	<i>Eupenicillium javanicum</i>	-	+	-
JT4	<i>Paecilomyces lilacinus</i>	+	+	-
JB1	<i>Aspergillus fijiensis</i>	+	-	-

Keterangan : + (memiliki mekanisme penghambatan), - (tidak memiliki)

Notes : + (has a mechanism of inhibition), - (does not have)



Gambar 2. Respon hifa jamur patogen akibat interaksi dengan jamur antagonis: (a) hifa membesar dan (b) lisis
Figure 2. Response of pathogenic fungal hyphae due to interaction with fungal antagonistic: (a) hyphae swell and (b) lysis

adanya mekanisme mikoparasit pada *T. virens* terhadap patogen karena jamur ini menghasilkan enzim yang berfungsi sebagai antifungal, antara lain trichodermin, gliotoxin, dan gliovirin (Kubicek & Harman, 2002; Viterbo, Inbar, Hadar, & Chet, 2007; Gupta *et al.*, 2014). Sementara itu, *H. atroviridis* (= *T. atroviride*) memparasit patogen dengan cara membentuk kumparan yang mengelilingi hifa patogen, serta menghasilkan enzim hydrolytic seperti β -1,3-glucanases, β -1,6-glucanases, kitinase, dan protease untuk proses penetrasi (Kullnig, Mach, Lorito, & Kubicek, 2000; Gupta *et al.*, 2014).

Mekanisme antibiosis jamur antagonis dapat menghambat mikroorganisme lain dengan menghasilkan metabolit sekunder berupa senyawa kimia/antibiotik untuk menekan pertumbuhan dan perkecambahan mikroorganisme lainnya (Trigiano *et al.*, 2008). Mekanisme *E. javanicum* dan *P. lilacinus* terhadap patogen *R. microporus* secara antibiosis ditunjukkan oleh adanya zona kosong di antara koloni jamur antagonis dan patogen. Domsch, Gams, & Anderson (1980) serta Haryati, Purwadaria, Darma, & Tangendjaja (1997) mengemukakan bahwa *E. javanicum* dapat memproduksi 1,4- β -glucanase pada media *sellulosa*, dan menghasilkan enzim *P-D-glucosidase*, *p-D-mannanase*, *P-D-mannosidase*, dan *a-D-galactosidase*. Hasil penelitian Tagawa, Tamaki, Manome, Koyama, & Kamagata (2010) menunjukkan bahwa *E. javanicum* sebagai jamur antagonis mampu menghambat patogen *Streptomyces* penyebab penyakit kudis pada tanaman kentang.

Jamur *P. lilacinus* yang mempunyai mekanisme antibiosis terhadap jamur patogen *R. microporus* juga berpotensi sebagai agens hayati. *P. lilacinus* saat ini telah banyak digunakan sebagai agens hayati untuk mengendalikan penyakit nematoda (Mukhtar, Hussain, & Kayani, 2013), dan penyakit busuk batang *Rhizoctonia* (Cartwright & Benson, 1997).

KESIMPULAN

Isolat jamur antagonis dari marga *Trichoderma* memiliki kemampuan daya hambat yang lebih kuat dibandingkan dengan marga lainnya. Keempat jamur dari marga *Trichoderma* (*T. virens*, *T. hamatum*, *T. amazonicum*, dan *H. atroviridis*) memiliki mekanisme kompetisi yang lebih baik terhadap *R. microporus* dibandingkan dengan marga *Penicillium*, *Eupenicillium*, *Paecilomyces*, dan *Aspergillus*. Di samping itu, isolat *T. virens* dan *H. atroviridis* juga memiliki kemampuan parasitisme, sedangkan jamur *P. lilacinus* dan *E.*

javanicum memiliki mekanisme antibiosis terhadap *R. microporus*.

Berdasarkan hasil evaluasi dari semua parameter yang diuji maka diperoleh 3 isolat jamur antagonis yang paling berpotensi untuk dikembangkan sebagai agens hayati pengendali JAP pada tanaman karet, yaitu *T. virens*, *T. hamatum*, dan *H. atroviridis*.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis menyampaikan terima kasih kepada Bapak Sumantri sebagai Teknisi Litkayasa di Balai Penelitian Tanaman Industri dan Penyegar yang telah membantu dalam pelaksanaan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios, G. N. (2005). *Plant pathology* (p. 922). Fifth Edition. USA: Elsevier Academic Press.
- Ajith, P.S., & Lakshmidevi, N. (2010). Effect of volatile and non-volatile compounds from *Trichoderma* spp. against *Colletotrichum capsici* incitant of anthracnose on bell peppers. *Nature and Science*, 8(9), 265–269.
- Amaria, W., Taufiq, E., & Harni, R. (2013). Seleksi dan identifikasi jamur antagonis sebagai agens hayati jamur akar putih *Rigidoporus microporus* pada tanaman karet. *Buletin Riset Tanaman Rempah dan Aneka Tanaman Industri*, 4(1), 55–64.
- Amaria, W., & Wardiana. (2014). Pengaruh waktu aplikasi dan jenis *Trichoderma* terhadap penyakit jamur akar putih pada bibit tanaman karet. *Jurnal Tanaman Industri dan Penyegar*, 1(1), 45–54.
- Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C., & Codón, A.C. (2004). Biocontrol mechanisms of *Trichoderma* strains. *Int Microbiol.*, 7(4), 249–60.
- Christopher, D. J., Suthin Raj, T., Usha Rani, S., & Udhayakumar, R. (2010). Role of defense enzymes activity in tomato as induced by *Trichoderma virens* against Fusarium wilt caused by *Fusarium oxysporum* f sp. lycopersici. *Journal of Biopesticides*, 3(1 Special Issue), 158–162.
- Degenkolb, T., von Dohren, H., Nielsen, K.F., Samuels, G.J., Bruckner, H. (2008). Recent advances and future prospects in peptaibiotics, hydrophobin, and mycotoxin research, and their importance for chemotaxonomy of *Trichoderma* and *Hypocrea*. *Chem. Biodiversity*, 5, 671–680.
- Dennis, C., & Webster, J. (1971a). Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma* II, production of volatile antibiotics. *Trans Br Mycol Soc*, 57, 41–48.
- Dennis, C., & Webster, J. (1971b). Antagonistic properties of species groups of *Trichoderma* I, production of non-volatile antibiotics. *Trans Br Mycol Soc*, 57, 25–39.

- Dharmaputra, O. S., Gunawan, A. W., Wulandari, R., & Basuki, T. (1999). Cendawan kontaminan dominan pada bedengan jamur merang dan interaksinya dengan jamur merang secara in-vitro. *Jurnal Mikrobiologi Indonesia*, 4(1), 14–18.
- Djafaruddin. (2000). *Dasar-dasar pengendalian penyakit tanaman*. Jakarta: PT Bumi Aksara.
- Dodd, S. L., Lieckfeldt, E., & Samuels, G. J. (2003). *Hypocrea atroviridis* sp. nov., the teleomorph of *Trichoderma atroviride*. *Mycologia*, 95(1), 27–40.
- Domsch, K. H., Gams, W., & Anderson, Traute-Heidi. (1980). *Compendium of soil fungi* (p. 859). New York: Academic Press.
- Elbert, W., Taylor, P.E., Andreae, M.O., & Pöschl, U. (2007). Contribution of fungi to primary biogenic aerosols in the atmosphere: Wet and dry discharged spores, carbohydrates and inorganic ions. *Atmos. Chem. Phys.*, 7, 4569–4588.
- Fairuzah, Z., Dalimunthe, C.I., Karyudi, Suryaman, S., & Widhayati, W. (2012). Efektivitas endohevea dalam mengendalikan penyakit jamur akar putih pada tanaman karet. *Prosiding Koferensi Nasional Karet* (pp. 259–268). Yogyakarta, 19-20 September 2012.
- Gupta, V.K., SchMoll, M., Herrera-Estrella, A., Upadhyay, R.S., Druzhinina, I., & Tuohy, M.G. (2014). *Biotechnology and Biology of Trichoderma* (p. 527). Amsterdam, Netherlands: Elsevier B.V.
- Haryati, T., Purwadaria, T., Darma, J., & Tangendjaja, B. (1997). Production of extracellular glycosidase by *Eupenicillium javanicum* and *Aspergillus niger* NRRL 337 on the coconut meal substrate. In *Proceeding Second Conf. on Agricultural Biotechnology* (pp. 517-522). Jakarta, Indonesia, 13–15 Juni 1995.
- Houbraken, J., de Vries, R.P., & Samson, R.A. (2014). Modern taxonomy of biotechnologically important *Aspergillus* and *Penicillium* species. *Advances in Applied Microbiology*, 86, 199–249. Retrieved from <http://dx.doi.org/10.1016/B978-0-12-800262-9.00004-4>.
- Kaewchai, S., & Soyong, K. (2010). Application of biofungicides against *Rigidoporus microporus* causing white root disease of rubber trees. *Journal of Agricultural Technology*, 6(2), 349–363.
- Khalil, E., Sadravi, M., Naeimi, S., & Khosravi, V. (2012). Biological control of rice brown with native isolates of three *Trichoderma* species. *Brazilian Journal of Microbiology*, 297–305.
- Kubicek, C. P., & Harman, G. E. (2002). *Trichoderma & Gliocladium. Basic biology, taxonomy and genetics* (p. 278). Vol 1. The Taylor & Francis e-Library.
- Kullnig, C., Mach, R. L., Lorito, M., & Kubicek, C. P. (2000). Enzyme diffusion from *Trichoderma atroviride* (= *T. harzianum* P1) to *Rhizoctonia solani* is a prerequisite for triggering of *Trichoderma* ech42 gene expression before mycoparasitic contact. *Appl. Environ. Microbiol.*, 66, 2232–2239.
- Kumar, P., Misra, A.K., Modi, D.R., & Gupta, V.K. (2012). Biocontrol potential of *Trichoderma* species against mango malformation pathogens. *Archives of Phytopathology and Plant Protection*, 45(10), 1237–1245.
- Mukhtar, T., Hussain, M.A., & Kayani, M.Z. (2013). Biocontrol potential of *Pasteuria penetrans*, *Pochonia chlamydosporia*, *Paecilomyces lilacinus* and *Trichoderma harzianum* against *Meloidogyne incognita* in okra. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(1), 66–76.
- Ubogu, M. (2013). Assessment of root zone mycoflora of three *Hevea brasiliensis* (Rubber) clones at Akwete plantations and their in vitro growth inhibition of *Rigidoporus lignosus*. *European Journal of Experimental Biology*, 3(2), 618–623.
- Pal, K. K., & Gardener, B. McSpadden. (2006). Biological control of plant pathogens. *The Plant Health Instructor*, 1-25. doi: 10.1094/PHI-A-2006-1117-02.
- Pawirosoemardjo, S. (2007). Perilaku patogen dan epidemi beberapa penyakit pada tanaman karet. *Warta Perkaratan*, 26(1), 27–39.
- Porter, C.L. (1942). Concerning the characters of certain fungi as exhibited by their growth in the presence of other fungi. *AMJ.Bot.*, 11, 168–188.
- Schuhmacher, R., Stoppacher, N., & Zeilinger, S. (2007). Peptaibols of *Trichoderma atroviride*: Screening, identification, and structure elucidation by liquid chromatography-tandem mass spectrometry. In Méndez Vilas, A. (Ed.), *Communicating current research and educational topics and trends in applied microbiology* (pp. 609–617).
- Skidmore, A.M., & Dickson, C.M. (1976). Colony interactions and hyphae interferences between *Septoria nodorum* and phylloplane fungi. *Trans.Br.Mycol.Soc.*, 66, 57–64.
- Sunarwati, D., & Yoza, R. (2010). Kemampuan *Trichoderma* dan *Penicillium* dalam menghambat pertumbuhan cendawan penyebab penyakit busuk akar daun (*Phytophthora palmivora*) secara in vitro. In *Seminar Nasional Program dan Strategi Pengembangan Buah Nusantara*. Solok. Sumatera Barat.
- Suwandi. (2008). Evaluasi kombinasi isolat *Trichoderma* mikoparasit dalam mengendalikan penyakit akar putih pada bibit karet. *J. HPT Tropika*, 8(1), 55–62.
- Tagawa, M., Tamaki, H., Manome, A., Koyama, O., & Kamagata, Y. (2010). Isolation and characterization of antagonistic fungi against potato scab pathogens from potato field soils. *Fems Microbiology Letter*, 305, 136–142.
- Tistama, R., & Nogroho, P. A. (2007). Mikrobial potensial untuk perkebunan karet. *Warta Perkaratan*, 26(1), 40–51.
- Trigiano, R. N., Windham, M. T., & Windham, A. S. (2008). *Plant pathology: Concepts and laboratory exercises* (p. 558). Second Edition. New York: CRC Press.
- Vinale, F., Ghisalberti, E.L., Sivasithamparam, K., Marra, R., Ritieni, A., Ferracane, R., ...Lorito, M. (2009). Factors affecting the production of *Trichoderma harzianum* secondary metabolites during the interaction with different plant pathogens. *Lett. Appl. Microbiol.*, 48, 705–711.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E. L., Woo, S. L., Nigro, M., Marra, R., ...Lorito, M. (2014). *Trichoderma* secondary metabolites active on plants and fungal pathogens. *The Open Mycology J.*, 8(Suppl-1, M5), 127–139.

Viterbo, A., Inbar, J., Hadar, Y., & Chet, I. (2007). Plant disease biocontrol and induced resistance via fungal mycoparasites. In C. P. Kubicek and I. Druzhinina (Ed.), *The Mycota IV: Environmental and microbial relationships* (pp. 127–146). Heidelberg, Germany: Springer.

Zeilinger, S., & Omann, M. (2007). *Trichoderma* biocontrol: Signal transduction pathways involved in host sensing and mycoparasitism. *Gene Regul. Syst. Biol.*, 1, 227–234.