



PEMANFAATAN BIOFUNGISIDA BERBAHAN AKTIF *Trichoderma* spp. UNTUK PENGENDALIAN PENYAKIT BUSUK BUAH KAKAO

The Utilization of Biofungicide Containing Active Ingredient of *Trichoderma* spp. Controlling Cocoa Black Pod Rot

Winda Nawfetrias*, Eka Nurhangga, Sutardjo

Pusat Teknologi Produksi Pertanian (PTPP), BPPT

Gedung LAPTIAB 611-612 Kawasan PUSPIPTEK Setu, Tangerang Selatan, Banten 15314

*E-mail: winda.nawfetrias@bppt.go.id

ABSTRACT

Cocoa black pod rot is caused by pathogenic fungi, Phytophthora palmivora, which decrease the cocoa production up to 90%. The use of biological control agents, Trichoderma spp., is one of the promising P. palmivora controllers since it is low-cost, easily found and safe for the environment. The aims of this research were to understand the compatibility, antagonistic and effectiveness of biofungicide containing active ingredient of Trichoderma spp. against P. palmivora in vitro and to test the effective concentration of biofungicide containing active ingredient of T. asperellum to control P. palmivora in vitro and in vivo. T. asperellum, T. harzianum, and T. viride were grown together on PDA medium to test their compatibility. Antagonistic and effectiveness test of Trichoderma spp. against P. palmivora were tested using the in vitro dual culture method. The effectiveness of T. asperellum biofungicide was tested in vivo on cocoa pot. Compatibility test showed that all three species were compatible and the best effectiveness showed by the combination of T. asperellum and T. viride. The result also showed that T. asperellum biofungicide had an ability to inhibit P. palmivora.

Keywords: *Trichoderma* spp., effectivity, compatibility, antagonistic, biofungicide

ABSTRAK

Penyakit busuk buah kakao disebabkan cendawan patogen *Phytophthora palmivora*, yang dapat menurunkan produksi kakao sampai 90%. Penggunaan agensia pengendali hayati (APH), *Trichoderma* spp., merupakan salah satu pengendalian *P. palmivora* yang menjanjikan karena murah, mudah didapat dan aman terhadap lingkungan. Penelitian ini bertujuan mengetahui kesesuaian, antagonistik, dan efektivitas biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* spp. secara *in vitro*. Di samping itu juga bertujuan mengetahui konsentrasi efektif biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* untuk mengendalikan *P. palmivora* secara *in vitro* dan *in vivo*. *T. asperellum*, *T. harzianum*, dan *T. viride*, ditumbuhkan bersama pada media PDA untuk mengetahui kesesuaian antarspesies. Antagonistik dan efektivitas *Trichoderma* spp. terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* diuji menggunakan metode *dual culture*. Biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* diuji efektivitasnya secara *in vivo* pada buah kakao. Hasil uji kesesuaian menunjukkan bahwa ketiga spesies yang diuji berkesesuaian dan efektivitas terbaik ditunjukkan pada kombinasi *T. asperellum* dan *T. viride*. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* dengan konsentrasi tertinggi terbukti dapat menghambat pertumbuhan *P. palmivora*.

Kata kunci: *Trichoderma* spp., efektivitas, kesesuaian, antagonis, biofungisida

PENDAHULUAN

Kakao (*Theobroma cacao* L.) merupakan salah satu tanaman perkebunan yang mempunyai peranan penting bagi perekonomian nasional, salah satunya sebagai penyumbang devisa negara peringkat ketiga di sektor perkebunan. Komoditas kakao menyumbang devisa sebesar USD 1,053 milyar dari ekspor biji kakao dan produk kakao olahan (Kementerian Perindustrian 2013). Indonesia menjadi negara penghasil kakao terbesar ketiga di dunia setelah Pantai Gading dan Ghana. Namun produksi kakao di Indonesia cenderung turun sampai dengan 405 ribu ton pada tahun 2013/2014. Evaluasi luas serangan penyakit busuk buah *Phytophthora* (BBP) pada tanaman kakao selama tiga tahun terakhir menunjukkan bahwa rata-rata serangan 87.378,61 ha dari enam propinsi yaitu Sulawesi Selatan, Sulawesi Barat, Sulawesi Tenggara, Sulawesi Tengah, Bali dan NTT (Ditjenbun 2013). Serangan penyakit pada tanaman menurunkan produktivitas kakao.

Penyakit busuk buah kakao disebabkan oleh cendawan *Phytophthora palmivora*. Penyakit ini dapat menyebabkan kehilangan hasil mencapai 90% terutama pada musim hujan atau pada musim kemarau pada lahan dengan populasi semut yang banyak (Rosmana et al. 2010). Menurut Acebo-Guerrero et al. (2012) *P. palmivora* merupakan spesies utama yang menyerang semua fase perkembangan buah kakao di Indonesia. Serangan penyakit yang disebabkan oleh *Phytophthora* dapat mematikan pohon kakao sampai 10% setiap tahunnya (Acebo-Guerrero et al. 2012).

Usaha pengendalian patogen tanaman telah banyak dilakukan, baik dengan penggunaan tanaman tahan maupun pestisida kimia, tetapi tanaman tahan terhadap patogen tanaman jarang tersedia sedangkan pestisida kimia jika digunakan dengan tidak bijaksana akan banyak menimbulkan masalah, baik terhadap lingkungan, produk tanaman maupun kesehatan manusia. Beberapa produk kimia yang diaplikasikan untuk mengontrol penyakit ini terbukti menyebabkan kerusakan yang serius pada lingkungan, tanah dan manusia (Lee et al. 2004). Oleh karena itu, agensia pengendali

hayati (APH) merupakan salah satu pilihan pengendalian patogen tanaman yang menjanjikan karena murah, mudah didapat dan aman terhadap lingkungan (Soesanto et al. 2013).

Eksplorasi APH telah banyak dilakukan dan pada umumnya ditemukan dari mikroba kelompok jamur (Soesanto et al. 2011). Salah satu mikroba yang dimanfaatkan sebagai APH adalah cendawan *Trichoderma* spp. Sifat antagonistik dari *Trichoderma* spp. mampu menekan penyakit yang disebabkan oleh cendawan *Phytophthora* (Harman 2006; Hermosa et al. 2013; Mbarga et al. 2014).

Keragaman kemampuan *Trichoderma* spp. untuk menghambat pertumbuhan patogen menjadi kendala saat aplikasi antagonis di lapangan. Kajian keragaman antarisolat ini penting dilakukan untuk lebih mengetahui sifat dan daya hambatnya. Kesesuaian antarisolat *Trichoderma* spp. dapat digunakan untuk penggabungan isolat dalam aplikasinya agar dapat diperoleh peningkatan daya kelolanya terhadap patogen tanaman (Soesanto et al. 2013). Penggunaan APH secara tunggal atau gabungan telah diteliti, dan umumnya penggunaan secara gabungan lebih efektif dibandingkan secara tunggal (Raupach dan Kloepper 1998). *Trichoderma* spp. cenderung lebih mudah diproduksi secara massal sebagai biofungisida dibandingkan cendawan antagonis lainnya, sehingga berpotensi untuk dijadikan sebagai biofungisida.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kesesuaian, sifat antagonistik dan efektivitas biofungisida berbahan aktif tiga spesies *Trichoderma* spp. koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman, PTPP-BPPT secara *in vitro*. Penelitian ini juga bertujuan untuk mengetahui efektivitas biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* terhadap *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao secara *in vitro* dan *in vivo*.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan yang digunakan untuk uji kesesuaian dan antagonistik adalah tiga spesies *Trichoderma* spp. yang terdiri atas: *T. asperellum*, *T. harzianum*, *T. viride*, koleksi Laboratorium Proteksi Tanaman, PTPP-

BPPT. Patogen yang digunakan adalah *P. palmivora*. Masing-masing biakan tersebut diremajakan dari *stock culture* pada media *potato dextrose agar* (PDA) dalam cawan petri. Selanjutnya biakan diinkubasi selama 5-7 hari pada suhu kamar (25–30°C). Bahan yang digunakan untuk uji efektivitas adalah biofungisida berbahan aktif kombinasi tiga spesies *Trichoderma* spp. Bahan yang digunakan untuk uji efektivitas secara *in vitro* dan *in vivo* adalah biofungisida berbahan aktif *T. asperellum*.

Uji kesesuaian

Uji kesesuaian tiga spesies *Trichoderma* spp. dilakukan dengan menumbuhkan secara bersama *Trichoderma* spp. pada medium PDA dalam cawan petri, dan diulang lima kali. Variabel yang diamati adalah ada tidaknya zona hambat.

Uji antagonis

Pengujian antagonisme tiga spesies *Trichoderma* spp. terhadap patogen *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao dilakukan dengan metode *dual culture* berdasarkan Benhamou dan Chet (1993) dengan modifikasi. Patogen *P. palmivora* pada medium PDA berumur 7-10 hari dipotong dengan *cork borer* diameter 5 mm lalu diletakkan pada PDA *dual culture* dengan jarak 2 cm dari tepi cawan petri, kemudian diinkubasi pada suhu 25-30°C. Setiap spesies antagonis *Trichoderma* spp. diinokulasi 3 hari setelah inokulasi patogen pada *dual culture* yang sama, dengan diameter 5 mm dan diletakkan 4 cm dari antagonis atau 2 cm dari tepi cawan petri (diameter 9 cm). Perlakuan tersebut diulang sebanyak 5 kali. *Dual culture* tersebut kemudian diinkubasi selama 7 hari pada suhu 25-30°C. Pertumbuhan patogen diamati dan dicatat dari presentase penghambatan pertumbuhan jejari dengan rumus:

$$PP = \frac{R1 - R2}{R1} \times 100$$

di mana :

- PP = Penghambatan pertumbuhan (%)
- R1 = Pertumbuhan jejari patogen kontrol
- R2 = Pertumbuhan jejari patogen dalam *dual culture* dengan antagonis (Royse dan Ries 1977).

Uji efektivitas *Trichoderma* spp. *in vitro*

Uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* spp. terhadap cendawan patogen *P. palmivora* secara *in vitro* dilakukan dengan menggunakan biakan murni *Trichoderma* spp. yang ditumbuhkan bersama pada media *potato dextrose broth* (PDB) sesuai dengan kombinasi perbanyakkan *Trichoderma* spp. (Tabel 1) dan diinkubasi *shaker* pada suhu ruang selama 4 hari. Biakan murni diinokulasikan pada beras sebagai substrat pembawa dengan formulasi 1:4 (v/w), diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari, dikeringkan dan dihaluskan. Uji efektivitas dilakukan menggunakan metode Tondje et al. (2007), dan setiap perlakuan diulang tiga kali. Perlakuan diinkubasi selama 7 × 24 jam, kemudian pertumbuhan patogen diamati dan dicatat dari presentase penghambatan pertumbuhan jejari dengan rumus Royse dan Ries (1977).

Uji efektivitas *T. asperellum* *in vitro*

Uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* terhadap cendawan patogen *P. palmivora* secara *in vitro* dilakukan dengan menggunakan biakan murni *T. asperellum* yang ditumbuhkan pada media PDB dan diinkubasi pada *shaking incubator* dengan suhu 25-30°C selama 4 hari. Biakan murni diinokulasikan pada beras sebagai substrat pembawa dengan formulasi 1:4 (v/w), diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari, dikeringkan dan dihaluskan. Kerapatan spora biofungisida dihitung menggunakan *haemocytometer* dan diuji efektivitasnya menggunakan metode Tondje et al. (2007) dengan perlakuan 10 g/mL; 1 g/mL; 0,1 g/mL. Perlakuan diinkubasi selama 7 × 24 jam, kemudian pertumbuhan patogen diamati dan dicatat dari presentase penghambatan pertumbuhan jejari dengan rumus Royse dan Ries (1977).

Tabel 1. Kombinasi biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* spp.

Kombinasi <i>Trichoderma</i> spp.	Kode
<i>T. asperellum</i> + <i>T. viride</i>	Ta_Tv
<i>T. asperellum</i> + <i>T. harzianum</i>	Ta_Th
<i>T. harzianum</i> + <i>T. viride</i>	Th_Tv
<i>T. asperellum</i> + <i>T. viride</i> + <i>T. Harzianum</i>	Ta_Tv_Th

Uji efektivitas *T. asperellum* in vivo

Uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* terhadap cendawan patogen *P. palmivora* secara *in vivo* dengan menggunakan biakan murni *T. asperellum* yang ditumbuhkan pada media PDB dan diinkubasi pada *shaking incubator* dengan suhu 25-30°C selama 4 hari. Biakan murni diinokulasikan pada beras sebagai substrat pembawa dengan formulasi 1:4 (v/w), diinkubasi pada suhu ruang selama 7 hari, dikeringkan, dan dihaluskan. Kerapatan spora biofungisida dihitung menggunakan *haemocytometer*. Efektivitas diuji menggunakan metode Umrah et al. (2009). Rancangan percobaan yang digunakan merupakan Rancangan Acak Lengkap dengan perlakuan Kontrol (infeksi *P. palmivora* tanpa biofungisida); 10 g/mL; 1 g/mL; 0,1 g/mL. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Parameter yang diamati adalah jejeri bercak buah.

Analisis Data

Data uji kesesuaian dan uji antagonis *Trichoderma* spp. terhadap *P. palmivora* dianalisis secara deskriptif. Data uji efektivitas dianalisis menggunakan SAS 9.1.3 Portable. Perlakuan yang berpengaruh nyata akan diuji lebih lanjut menggunakan Uji Duncan dengan taraf 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji kesesuaian

Tiga spesies *Trichoderma* spp. yang ditumbuhkan bersama pada tempat dan media PDA yang sama tidak menunjukkan penghambatan pertumbuhan pada masing-masing spesies (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa semua spesies *Trichoderma* spp. yang diuji mempunyai kesesuaian satu dengan yang lain. Kesesuaian antar spesies menunjukkan bahwa antar spesies yang diuji diduga dapat digabungkan dan dapat diaplikasikan

Tabel 2. Kesesuaian tiga spesies *Trichoderma* spp.

<i>Trichoderma</i> spp.	<i>T. asperellum</i>	<i>T. harzianum</i>	<i>T. viride</i>
<i>T. asperellum</i>	+	+	+
<i>T. harzianum</i>	+	+	+
<i>T. viride</i>	+	+	+

+: sesuai/kompatibel, - : tidak sesuai

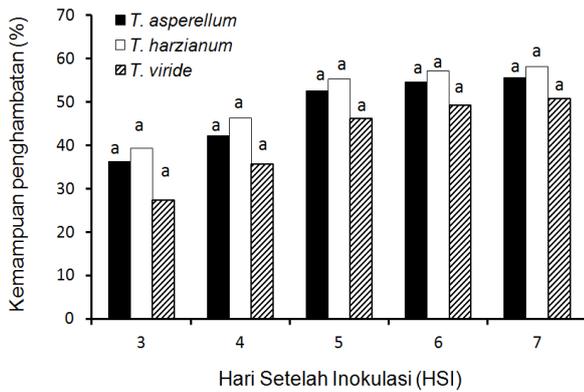
bersama untuk memaksimalkan aplikasi di lapang. Ketiga spesies *Trichoderma* spp. yang diuji menunjukkan laju pertumbuhan yang hampir sama, tidak saling menghambat, tidak saling menutupi, serta mempunyai pola sporulasi dan warna spora yang serupa.

Uji kesesuaian menunjukkan bahwa ketiga spesies *Trichoderma* spp. yang diuji mempunyai sifat dan ciri-ciri makroskopik yang hampir sama serta mempunyai kemampuan untuk bersesuaian satu sama lain. Kemampuan bersesuaian antar *Trichoderma* spp. diduga tidak dipengaruhi oleh kedekatan kekerabatan antar *Trichoderma* spp. tetapi karena kemampuan individu masing-masing spesies. Penelitian El-Refai et al. (2013) menunjukkan tingkat ketidaksesuaian yang tinggi antar 13 isolat *Trichoderma* spp. dari 7 spesies. Hal ini menunjukkan bahwa tidak semua strain *Trichoderma* spp. mempunyai kemampuan untuk bersesuaian walaupun berasal dari spesies yang sama. Ketiga spesies *Trichoderma* spp. yang diuji diduga berpotensi digabungkan untuk memaksimalkan aplikasinya.

Uji antagonis

Uji antagonis pada hari pertama dan kedua inkubasi menunjukkan belum terjadi mekanisme antagonis antara kedua cendawan. Hari ketiga inkubasi terbentuk zona bening sebagai zona penghambatan pertumbuhan bagi *P. palmivora* (antibiosis). Zona bening yang menandai mekanisme antibiosis semakin menyempit dari hari keempat sampai hari ketujuh setelah inokulasi. Sebaliknya pertumbuhan *Trichoderma* spp. semakin cepat dengan pertumbuhan koloni secara radial sehingga *P. palmivora* semakin terdesak dan kehabisan ruang tumbuh bahkan menutup pertumbuhan *P. palmivora* (hiperparasit).

Kemampuan antagonis ketiga spesies *Trichoderma* spp. untuk menghambat patogen *P. palmivora* semakin meningkat dari hari ketiga sampai hari ketujuh inkubasi (Gambar 1). Kemampuan antagonis dari hari ketiga sampai hari ketujuh berkisar antara 36,22-55,66% (*T. asperellum*); 39,36-58,11% (*T. harzianum*) dan 27,41-50,74% (*T. viridae*). Penelitian ini menunjukkan *T. harzianum* mempunyai daya hambat

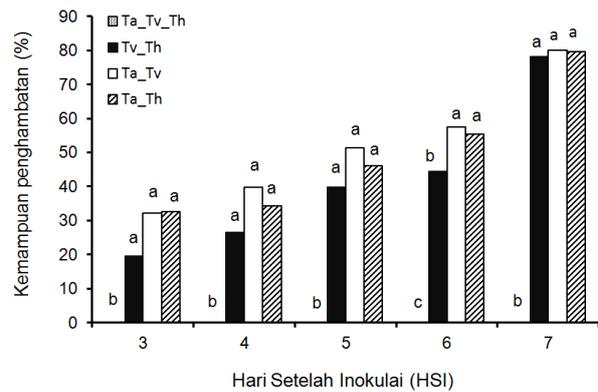


Gambar 1. Kemampuan penghambatan (%) *Trichoderma* spp. terhadap pertumbuhan *P. palmivora* 3-7 HSI

tertinggi pada hari ketujuh setelah inokulasi meskipun tidak berbeda nyata dibandingkan spesies *Trichoderma* spp. yang lain. Hal ini menunjukkan secara umum ketiga spesies *Trichoderma* spp. yang diuji berpotensi dijadikan sebagai agen pengendali hayati untuk mengendalikan penyakit yang disebabkan oleh cendawan patogen.

Uji antagonis tiga spesies *Trichoderma* spp. terhadap cendawan patogen *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah kakao menunjukkan adanya mekanisme antibiosis sampai hari ketiga setelah inokulasi. Antibiosis adalah mekanisme antagonis yang melibatkan hasil metabolit penyebab lisis, enzim, senyawa folatil dan non-folatil atau toksin yang dihasilkan oleh suatu mikroorganisme (Chet et al. 2005). Mekanisme yang terjadi pada hari keempat sampai hari ketujuh setelah inokulasi adalah mekanisme persaingan (parasitisme). Persaingan terjadi ketika terdapat dua mikroorganisme atau lebih yang secara langsung memerlukan nutrisi yang sama (Maryono 2007). Hal ini sesuai dengan pendapat Soesanto et al. (2013) bahwa kemampuan antagonis *Trichoderma* spp. untuk menghambat pertumbuhan cendawan patogen *P. palmivora* adalah melalui mekanisme persaingan dan antibiosis.

Kemampuan antagonis masing-masing spesies *Trichoderma* spp. terhadap cendawan patogen yang sama berbeda-beda meskipun secara statistik tidak berbeda nyata, bahkan menurut Latifah et al. (2012) antarisolat *T. harzianum* diduga mempunyai keragaman kemampuan dalam mengendalikan cendawan patogen yang dipengaruhi oleh tingkat induksi enzim



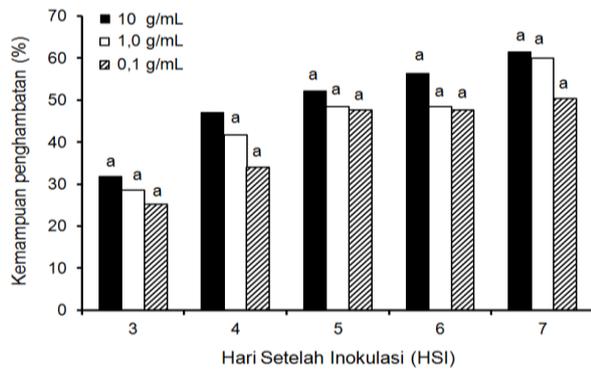
Gambar 2. Kemampuan penghambatan (%) biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* spp. terhadap *P. palmivora* 3-7 HSI

proteolitik (Cuervo-Parra et al. 2011). Hal ini sesuai dengan penelitian Sharfuddin dan Mohanka (2012), efikasi *T. harzianum* terhadap fitopatogen penyebab layu kacang-kacangan secara *in vitro* menggunakan metode *dual culture* lebih antagonis dibandingkan *T. viride*. Kemampuan antagonis *T. asperellum* mampu menghambat *P. megakarya*, cendawan patogen penyebab penyakit busuk buah kakao (Mpika et al. 2009), dan terhadap *P. myriotylum*, agen penyebab busuk umbi pada talas (Mbarga et al. 2012).

Uji efektivitas *Trichoderma* spp. *in vitro*

Keempat kombinasi *Trichoderma* spp. yang ditumbuhkan pada substrat pembawa menunjukkan bahwa tidak semua *Trichoderma* spp. dapat digabungkan untuk memaksimalkan aplikasinya. *T. asperellum*, *T. viride* dan *T. harzianum* (Ta_Tv_Th) yang ditumbuhkan bersama pada substrat pembawa beras, tidak menunjukkan pertumbuhan, hal ini dibuktikan sampai dengan pengamatan hari ketujuh setelah inokulasi kombinasi Ta_Tv_Th tidak dapat tumbuh pada media PDA (Gambar 2). Kombinasi *T. viride* dan *T. harzianum* (Tv_Th), *T. asperellum* dan *T. viride* (Ta_Tv), *T. asperellum* dan *T. harzianum* (Ta_Th) dapat tumbuh pada media PDA yang menandakan bahwa mengkombinasikan dua *Trichoderma* spp. menggunakan substrat pembawa beras bisa menjadi salah satu alternatif untuk memaksimalkan aplikasi *Trichoderma* spp. sebagai agen pengendali hayati.

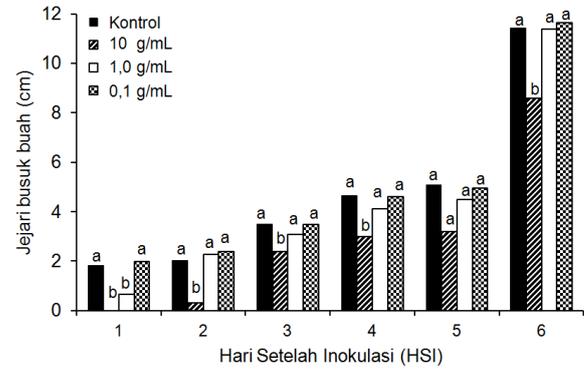
Kemampuan biofungisida kombinasi Tv_Th, Ta_Tv dan Ta_Th untuk



Gambar 3. Kemampuan penghambatan (%) biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* terhadap *P. palmivora* secara *in vitro* 3-7 HSI

menghambat pertumbuhan cendawan patogen *P. palmivora* pada hari ketiga sampai hari ketujuh setelah inokulasi berkisar antara 19,61-78,18%; 32,39-80,06%; 32,68-79,74%. Secara umum kombinasi Ta_Tv menunjukkan kemampuan menghambat *P. palmivora* tertinggi dibandingkan kombinasi lainnya.

Hasil uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *Trichoderma* spp. terhadap cendawan *P. palmivora* secara *in vitro* menunjukkan hasil yang berbeda dengan uji kesesuaian. Tiga spesies *Trichoderma* spp. saling berkesesuaian pada media PDA menunjukkan respon berbeda apabila ditumbuhkan pada substrat pembawa. Hal ini menunjukkan kemampuan yang berbeda antar spesies *Trichoderma* spp. untuk digabungkan dengan substrat pembawa. Pengamatan deskriptif terhadap efektivitas biofungisida menunjukkan adanya mekanisme kompetisi ruang dan mikoparasit. Menurut Gusnawaty et al. (2014) mekanisme kompetisi ruang dan mikoparasit ditunjukkan dengan pertumbuhan *Trichoderma* spp. yang mengungguli patogen pada media sehingga patogen tidak mendapatkan ruangan untuk tumbuh, bahkan tumbuh di atas permukaan koloni patogen. Penelitian ini membuktikan bahwa mengkombinasikan dua spesies dapat meningkatkan kemampuan *Trichoderma* spp. Kemampuan antagonis kultur murni *T. asperellum* tunggal (55,66%) pada hari ketujuh pengamatan lebih rendah dibandingkan *T. asperellum* yang digabungkan dengan *T. harzianum* (79,74%) dan *T. viride* (80,86%) dalam substrat pembawa. Hal ini sesuai dengan pendapat Sjam et al. (2014) bahwa penggabungan



Gambar 4. Variasi konsentrasi biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* untuk menekan busuk buah kakao secara *in vivo* 3-7 HIS

antara dua jenis isolat cendawan antagonis memperlihatkan kemampuan untuk menekan perkembangan penyakit busuk buah pada kakao. Penelitian ini juga menunjukkan meskipun aplikasi tunggal *T. harzianum* mempunyai kemampuan antagonis tertinggi dibandingkan *T. asperellum* dan *T. viride*, namun ketika *T. harzianum* digabungkan dengan spesies *Trichoderma* spp. yang lain, maka kemampuan antagonisnya bisa menjadi berbeda. Secara umum biofungisida kombinasi *T. asperellum* mempunyai kemampuan antagonis yang lebih baik dibandingkan biofungisida kombinasi *T. harzianum*.

Uji Efektivitas *T. asperellum* *in vitro*

Hasil penelitian menunjukkan bahwa biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* dengan konsentrasi 10 g/mL mempunyai kemampuan penghambatan *P. palmivora* tertinggi meskipun tidak berbeda nyata dengan konsentrasi lainnya. Kemampuan penghambatan biofungisida dengan konsentrasi 10 g/mL lebih tinggi pada 3 HSI sampai dengan 7 HSI dibandingkan konsentrasi yang lain (Gambar 3).

Uji efektivitas *T. asperellum* *in vivo*

Secara umum aplikasi biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* pada konsentrasi 10 g/mL berbeda nyata dengan perlakuan lainnya dalam menekan pertumbuhan bercak buah kakao (Gambar 4). Pertumbuhan bercak buah pada perlakuan konsentrasi biofungisida 1 g/mL dan 0,1 g/mL tidak berbeda nyata dengan kontrol, hal ini menunjukkan bahwa konsentrasi tersebut belum mampu menekan pertumbuhan *P. palmivora*.

Hasil uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* secara *in vitro* berbeda dengan uji efektivitas secara *in vivo*. Uji efektivitas biofungisida secara *in vitro* menunjukkan bahwa semua konsentrasi tidak berbeda nyata sedangkan pada uji efektivitas secara *in vivo* menunjukkan konsentrasi 10 g/mL berbeda nyata dengan konsentrasi 1 g/mL dan 0,1 g/mL. Pengujian *in vitro* harus diimbangi pengujian *in vivo* karena respon biofungisida di media PDA bisa menjadi berbeda bila diujikan pada buah kakao. Gejala infeksi *P. palmivora* ditunjukkan dengan adanya bercak bulatan coklat kehitaman pada jaringan buah, selanjutnya berkembang hingga terjadi perubahan warna buah dari hijau menjadi coklat kehitaman. Hasil penelitian ini sesuai dengan hasil penelitian Umrah et al. (2009) bahwa pemberian kultur murni *Trichoderma* spp. dalam bentuk tunggal maupun gabungan terbukti dapat menekan pertumbuhan *P. palmivora* pada buah kakao. Penelitian ini membuktikan bahwa penggunaan biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* berpotensi untuk dijadikan sebagai salah satu solusi untuk mengendalikan cendawan *P. palmivora* penyebab busuk buah kakao.

KESIMPULAN

T. harzianum, *T. asperellum* dan *T. viride* yang diuji mempunyai kemampuan untuk menghambat satu sama lain. Kemampuan antagonis *T. harzianum* paling tinggi dibandingkan dengan *T. asperellum* dan *T. viride* terhadap cendawan patogen *P. palmivora* penyebab penyakit busuk buah pada kakao. Kombinasi *T. asperellum* dan *T. viride* mempunyai kemampuan menghambat *P. palmivora* tertinggi dibandingkan dengan kombinasi lainnya. Semua perlakuan konsentrasi pada uji efektivitas biofungisida berbahan aktif *T. asperellum* secara *in vitro* tidak berbeda nyata dalam menghambat pertumbuhan *P. palmivora*. Konsentrasi biofungisida 10 g/mL dapat menghambat pertumbuhan bercak buah kakao pada uji efektivitas secara *in vivo*.

DAFTAR PUSTAKA

Acebo-Guerrero Y, Hernandez-Rodriguez A, Heydrich-Perez M, El-Jaziri M,

- Hernandez-Lauzardo AN (2012) Management of black pod rot in cacao (*Theobroma cacao* L.): a review. *Fruits* 67:41-48. doi: 10.1051/fruits/2011065
- Benhamou N, Chet I (1993) Hyphal interactions between *Trichoderma harzianum* and *Rhizoctonia solani*: Ultrastructure and gold cytochemistry of the mycoparasitic process. *Phytopathology* 83:1062-1071
- Chet I, Benhamou N, Haran S (2005) Mycoparasitism and lytic enzymes In: GE Harman, CP Kucibek CP (Eds). *Trichoderma and Gliocladium enzymes biological control and commercial applications*, volume 2. Taylor and Francis, London
- Cuervo-Parra JA, Ramirez-Suero M, Sanchez-Lopez V, Ramirez-Lepe M. (2011) Antagonistic effect of *Trichoderma harzianum* VSL291 on phytopathogenic fungi isolated from cocoa (*Theobroma cacao* L.) fruits. *Afr J Biotech* 10:10657-10663
- Ditjenbun (2013) Peta penyebaran organisme pengganggu tumbuhan (OPT) utama kakao. 3 hlm. <http://ditjenbun.pertanian.go.id/perlindungan/berita-143-peta-penyebaran-opt-utama-kakao.html>. Dikunjungi 17 Mei 2015
- El-Refai IM, Amer SM, Assawah SMW, Sraz MS (2013) Vegetative compatibility and strain improvement of some Egyptian *Trichoderma* isolates. *Life Sci J* 10: 187–197
- Gusnawaty HS, Taufik M, Herman (2014) Efektifitas *Trichoderma* indigenus Sulawesi Tenggara sebagai biofungisida terhadap *Colletotrichum* sp. secara *in vitro*. *J Agroteknos* 4:38-43
- Harman GE (2006) Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 92:190-194
- Hermosa R, Rubio MB, Cardoza RE, Nicolás C, Monte E, Gutiérrez S (2013) The contribution of *Trichoderma* to balancing the costs of plant growth and defense. *Int Microbiol* 16:69–80. doi:10.2436/20.1501.01.181
- Kementerian Perindustrian (2013) Industri Kakao Mampu Meningkatkan Devisa Negara. Siaran Pers Kementerian Perindustrian Republik Indonesia, 18 September 2013. <http://www.kemen->

- perin.go.id/artikel/7454/Industri-Kakao-Mampu-Meningkatkan-Devisa-Negara. Dikunjungi 6 September 2016
- Latifah A, Kustantinah, Soesanto L (2012) Pemanfaatan beberapa isolat *Trichoderma harzianum* sebagai agensia pengendali hayati penyakit layu Fusarium pada bawang merah *in planta*. *Eugenia* 17:86–94
- Lee WJ, Hoppin JA, Blair A, Lubin JH, Dosemeci M, Sandler DP, Alavanja MCR (2004) Cancer incidence among pesticide applicators exposed to alachlor in the agricultural health study. *Am J Epidemiol* 159:373–380
- Maryono T (2007) Uji antagonis *Trichoderma* sp. terhadap *Phytophthora palmivora* penyebab busuk buah kakao. *Fitomedika* 11:1–7
- Mbarga JB, Hoopen GMT, Kuate J, Adiobo A, Ngonkeu MEI, Ambang Z, Akoa A, Tondje PR, Begoude BAD (2012) *Trichoderma asperellum*: a potential biocontrol agent for *Pythium myriotylum*, causal agent of cocoyam (*Xanthosoma sagittifolium*) root to disease in Cameroon. *Crop Prot* 36:18–22
- Mbarga JB, Begoude BAD, Ambang Z, Meboma M, Kuate J, Schiffers B, Ewbank W, Dedieu L, ten Hoopen GM (2014) A new oil-based formulation of *Trichoderma asperellum* for the biological control of cacao black pod disease caused by *Phytophthora megakarya*. *Biol Control* 77:15–22 doi:10.1016/j.biocontrol.2014.06.004
- Mpika J, Kebe IB, Issali AE, Guessan, Druzhinina S, Komon-Zelazowska, Kubicek CP, Ake S (2009) Antagonist potential of *Trichoderma* indigenous isolates for biological control of *Phytophthora palmivora* the causative agent of black pod disease on cocoa (*Theobroma cacao* L.) in Cote d'Ivoire. *Afr J Biotechnol* 8:5280–5293
- Raupach GS, Kloepper JW (1998) Mixture of plant growth-promoting *rhizobacteria* enhance biological control of multiple cucumber pathogens. *Phytopathology* 88:1158–1164
- Rosmana A, Waniada C, Junaid M, Gassa A (2010) Peranan semut *Iridomirmex cordatus* (Hymenoptera: Formicidae) dalam menularkan patogen busuk buah *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkebunan* 26:169–176
- Royse DJ, Ries SM (1977) Rusty spot of peach in Illinois. *Plant Disease Reporter*. USA
- Sharfuddin C, Mohanka R (2012) *In vitro* antagonism of indigenous *Trichoderma* isolates against phytopathogen causing wilt of lentil. *Int J Life Pharma Res* 2:195–202
- Sjam S, Rosmana A, Rahim MD, Dewi VS, Surapati U (2014) Isolasi mikroba dari ekstrak buah nenas dan aplikasinya terhadap penyakit busuk buah *Phytophthora palmivora*. *Pelita Perkeb* 30:47–54
- Soesanto L, Utami DS, Rahayuniati RF. (2011) Morphological characteristics of four *Trichoderma* isolates and two endophytic *Fusarium* isolates. *Can J Sci Ind Res* 2:294–304
- Soesanto L, Mugiastuti E, Rahayuniati RF, Dewi RS (2013) Ujian kesesuaian empat isolat *Trichoderma* spp. dan daya hambat *in vitro* terhadap beberapa patogen tanaman. *J Hama Penyakit Tumbuh Trop* 13:117–123
- Tondje PR, Robert DP, Bon MC, Widmer T, Samuels GJ, Ismaiel A, Begoude AD, Tchana T, Nyemb-Tshomb E, Ndoumbe-Nkeng M, Bateman R, Fontem D, Hebban KP (2007) Isolation and identification of mycoparasitic isolate of *Trichoderma asperellum* with potential for suppression of black pod disease of cacao in Cameroon. *Biol Control* 43:202–212. www.elsevier.com/locate/ybcon. 7 Juli 2008
- Umrah, Anggraeni T, Esyanti RR, Aryantha INP (2009) Antagonisitas dan efektivitas *Trichoderma* sp. dalam menekan perkembangan *Phytophthora palmivora* pada buah kakao. *J Agroland* 16:9–16. ISSN: 0854-641X