

MEKANISME PARASITISME *TRICHODERMA HARZIANUM* TERHADAP *FUSARIUM OXYSPORUM* PADA SEMAI *ACACIA MANGIUM*

Susanti Tasik¹, Siti Muslimah Widyastuti², & Harjono²

¹Fakultas Kehutanan, Universitas Negeri Papua
Jl. Gunung Salju, Amban Manokwari, Papua Barat,

²Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada
Jl. Agro No. 1, Bulaksumur, Daerah Istimewa Yogyakarta 55281
E-mail : iselmom@yahoo.com

ABSTRACT

Mechanism of parasitism of *Trichoderma harzianum* on *Fusarium oxysporum* on *Acacia mangium* seedlings. *Fusarium oxysporum* is one of the most important soil-borne fungi the causal agent of damping-off disease. Detailed information it needed to know how the pathogen can be inhibited by *Trichoderma harzianum*. The objective of this research was to investigate the inhibition mechanism of *T. harzianum* on *F. oxysporum* *in vitro* and *in planta*. Green Fluorescent Protein (GFP) *T. harzianum* was used as biocontrol agent of *F. oxysporum*. An *in vitro* inhibition test of *T. harzianum* was performed using dual culture method. In the *in planta* inhibition tests, seedlings of *A. mangium* were applied with GFP *T. harzianum* two days before inoculation of *F. oxysporum*; GFP *T. harzianum* was simultaneously applied with *F. oxysporum* and GFP *T. harzianum* was applied two days after inoculation of *F. oxysporum*. The inhibition effect of *T. harzianum* GFP was observed at seven days incubation, indicated by attachment of *T. harzianum* to *F. oxysporum* hyphae. GFP *T. harzianum* hyphae covered the colonies of *F. oxysporum* at 12 days after incubation. The highest life percentage of *A. mangium* seedlings was found on the treatment of GFP *T. harzianum* two days before inoculation of *F. oxysporum* (82.22%), whereas the lowest life percentage was found on seedling applied with GFP *T. harzianum* two days after inoculation of *F. oxysporum* (64.44%).

Key words: *Acacia mangium*, damping-off, *Fusarium oxysporum*, green fluorescent protein (GFP), *Trichoderma harzianum*

ABSTRAK

Mekanisme parasitisme *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* pada semai *Acacia mangium*. *Fusarium oxysporum* adalah salah satu jamur patogen tular tanah yang penting dan dapat menyebabkan penyakit rebah kecambah. Informasi terperinci mengenai jamur tersebut diperlukan untuk mengetahui bagaimana pertumbuhan jamur tersebut dapat dihambat oleh *Trichoderma harzianum*. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui mekanisme penghambatan *T. harzianum* terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro* and *in planta*. *Trichoderma harzianum* green fluorescent protein (GFP) digunakan sebagai agen pengendali hayati terhadap *F. oxysporum*. Pengujian secara *in vitro* menggunakan metode kultur ganda. Susunan perlakuan pada pengujian secara *in planta* yaitu, aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari sebelum inokulasi *F. oxysporum*; aplikasi *T. harzianum* GFP 2 bersamaan dengan inokulasi *F. oxysporum*; aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari setelah inokulasi *F. oxysporum*. Pengaruh penghambatan *T. harzianum* GFP diamati pada tujuh hari setelah inkubasi, indikasinya ialah adanya penempelan hifa *T. harzianum* GFP pada hifa *F. oxysporum*. Hifa *T. harzianum* GFP menutupi koloni *F. oxysporum* pada 12 hari setelah inkubasi. Rata-rata persentase hidup semai *A. mangium* tertinggi ditunjukkan pada perlakuan aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari sebelum inokulasi *F. oxysporum* yaitu sebesar 82,22 %, dan terendah pada perlakuan aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari setelah inokulasi *F. oxysporum* sebesar 64,44%.

Kata kunci: *Acacia mangium*, *Fusarium oxysporum*, green fluorescent protein (GFP), rebah kecambah, *Trichoderma harzianum*

PENDAHULUAN

Pembangunan Hutan Tanaman Industri (HTI) merupakan salah satu model pengelolaan hutan yang dapat menjamin ketersediaan bahan baku kayu, terutama untuk kebutuhan industri secara kontinyu. Sejak dicanangkan tahun 1984, pembangunan HTI terus mengalami peningkatan. Salah satu faktor yang perlu diperhatikan dalam peningkatan produktivitas HTI adalah

penggunaan bibit yang unggul dari jenis yang unggul pula. Sebagai salah satu spesies pohon yang penting pada HTI (Hardiyanto & Arisman, 2004), Mangium (*Acacia mangium* Willd.) juga memiliki beberapa keunggulan. Keunggulan yang dimaksud adalah pertumbuhannya yang cepat (*fast growing species*) serta kayunya memiliki sifat yang sesuai untuk bahan baku *pulp* dan kertas, kayu pertukangan, konstruksi ringan dan arang. Untuk menunjang ketersediaan bahan baku, diperlukan

bibit *A. mangium* yang sehat dan jumlah yang cukup guna pencapaian target produksi maksimal yang diharapkan.

Ketersediaan bibit *A. mangium* yang sehat, diawali dengan ketersediaan semai yang sehat terutama dari serangan penyakit di persemaian. Semai *A. mangium* di persemaian sangat rentan terutama terhadap patogen tular tanah (*soil born pathogen*). Salah satu patogen tular tanah yang sering menyerang semai di areal persemaian adalah *Fusarium oxysporum*. Beberapa semai di persemaian yang dilaporkan terserang patogen ini, diantaranya semai *Pinus merkusii* (Achmad et al., 1997), *P. Pinea* (Machón et al., 2009) dan *Eucalyptus viminalis* (Salerno et al., 2000).

Pengendalian terhadap patogen tular tanah dapat dilakukan secara kimia dan hayati. Pengendalian secara kimia menimbulkan dampak negatif lebih banyak dibandingkan dampak positif. Meningkatnya bahaya polusi kimia pada lingkungan, residu pestisida pada makanan dan meningkatnya patogen yang tahan terhadap fungisida merupakan beberapa dampak yang ditimbulkan (Widyastuti, 2007). Pengendalian secara hayati memiliki dampak negatif yang hampir tidak ada, karena merupakan metode pengendalian yang mencakup penggunaan patogen dengan jenis virulensi yang rendah, budidaya tanaman inang yang lebih tahan dan penggunaan mikroorganisme antagonis yang menghambat kelangsungan hidup atau aktivitas patogen dalam menyebabkan penyakit (Widyastuti, 2007). Sebagai salah satu agen pengendali hayati (Bio kontrol), *Trichoderma* spp. merupakan mikroorganisme yang memiliki beberapa keunggulan, salah satunya adalah sebagai mikoparasit yang agresif, dimana *Trichoderma* spp. mampu menyerang patogen yang sebelumnya telah berada di suatu habitat tertentu.

Trichoderma spp. merupakan salah satu agen pengendali hayati yang paling potensial untuk dikembangkan sebagai pengendali hayati jamur tanah (Nakas & Hagedorn, 1990). Penelitian yang dilakukan oleh Widyastuti et al. (2003) dan Widyastuti & Hariani (2006) mengindikasikan bahwa *Trichoderma* efektif untuk menghambat patogen tular tanah seperti *Sclerotium rolfsii*, *Fusarium* sp., *Rhizoctonia solani* dan *F. oxysporum* dengan berbagai mekanisme yaitu kompetisi, antibiosis dan mikoparasit. Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui mekanisme penghambatan terhadap *F. oxysporum* penyebab penyakit rebah semai pada semai *A. mangium* menggunakan *T. harzianum*.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan dan Kesehatan Hutan dan Laboratorium Struktur dan Sifat Kayu, Fakultas Kehutanan, Universitas Gadjah Mada serta Laboratorium Penelitian dan Pengujian Terpadu (LPPT) Unit III, Universitas Gadjah Mada pada bulan Januari hingga Maret 2010.

Isolasi *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma harzianum* GFP dan Semai *Acacia mangium*. Isolat *F. oxysporum* merupakan koleksi Laboratorium Perlindungan dan Kesehatan Hutan Universitas Gadjah Mada yang diisolasi dari semai *A. mangium* sakit umur 2 minggu yang menunjukkan gejala rebah semai. Isolat *T. harzianum* GFP merupakan koleksi Dr. Agus Purwantara peneliti pada Balai Bioteknologi Perkebunan Indonesia-Bogor). Semai *A. mangium* diperoleh dengan menumbuhkan bibit *A. mangium* pada media tanah steril.

Pengendalian *Fusarium oxysporum* dengan *Trichoderma harzianum* In Vitro. Daya antagonistik *T. harzianum* terhadap *F. oxysporum* diuji menggunakan metode *dual culture* yang dimodifikasi dari Goltapeh & Danesh (2006). *Fusarium oxysporum* ditumbuhkan 2 hari lebih awal dari *T. harzianum* GFP pada suhu ruangan 25 °C. Hal ini dikarenakan pertumbuhan koloni *T. harzianum* GFP lebih cepat dibandingkan koloni *F. oxysporum*. Jarak antara koloni *F. oxysporum* dan *T. harzianum* GFP adalah 3 cm, dengan jarak dari masing-masing tepi cawan Petri adalah 3 cm. Untuk pengamatan mikroskopis, diberi gelas benda di antara koloni *F. oxysporum* dan *T. harzianum* GFP. Pengamatan secara makroskopis dilakukan sebelum dan setelah terjadi kontak antar hifa serta setelah koloni *T. harzianum* GFP terlihat telah menutupi seluruh koloni *F. oxysporum*. Sedangkan pengamatan secara mikroskopis dilakukan setelah terjadi kontak antar hifa. Pengukuran terhadap daya hambat secara *in vitro* dari *T. harzianum* dilakukan dengan mengukur diameter koloni *F. oxysporum* (kontrol) yang ditumbuhkan pada media PDA tanpa *T. harzianum* GFP dan diameter koloni *F. oxysporum* yang ditumbuhkan dengan *T. harzianum* GFP pada waktu yang sama. Pengukuran dilakukan hingga masa inkubasi 10 hari.

Perhitungan persentase penghambatan berdasarkan rumus :

$$C = \frac{a - b}{a} \times 100\%$$

dengan :

C = daya hambat

a = rerata luas kontrol (koloni *F. oxysporum*)

b = rerata luas koloni *F. oxysporum* dengan *T. harzianum* GFP

In Planta. Aplikasi *in planta* dilakukan dengan menggunakan 4 unit perlakuan, yaitu semai *A. mangium* sehat (kontrol), aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari sebelum inokulasi *F. oxysporum*; aplikasi *T. harzianum* GFP 2 bersamaan dengan inokulasi *F. oxysporum*; aplikasi *T. harzianum* GFP dua hari setelah inokulasi *F. oxysporum*. Ulangan yang dilakukan adalah sebanyak 3 ulangan/3 pot dengan jumlah semai *A. mangium* untuk tiap ulangan sebanyak 15 semai. Total benih semai *A. mangium* yang dibutuhkan untuk aplikasi *in planta* tiap ulangan sebanyak 45 semai. Selanjutnya semai *A. mangium* sehat diinokulasi dengan suspensi spora *F. oxysporum* dan *T. harzianum* GFP sesuai dengan kombinasi telah ditetapkan. Umur semai saat diinokulasi adalah 7 hari dan pengamatan dilakukan setelah 2, 6, dan 12 hari setelah inokulasi. Pengamatan yang dilakukan meliputi gejala dan tanda serta persentase jumlah semai yang hidup pada akhir pengamatan untuk masing-masing perlakuan.

HASIL DAN PEMBAHASAN

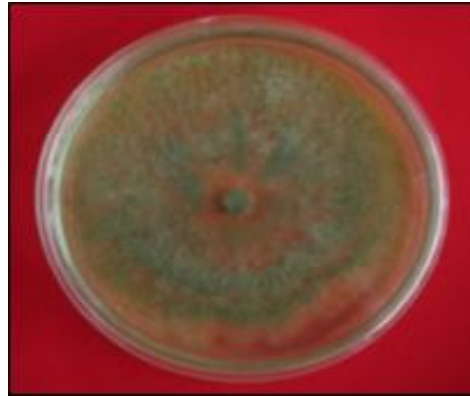
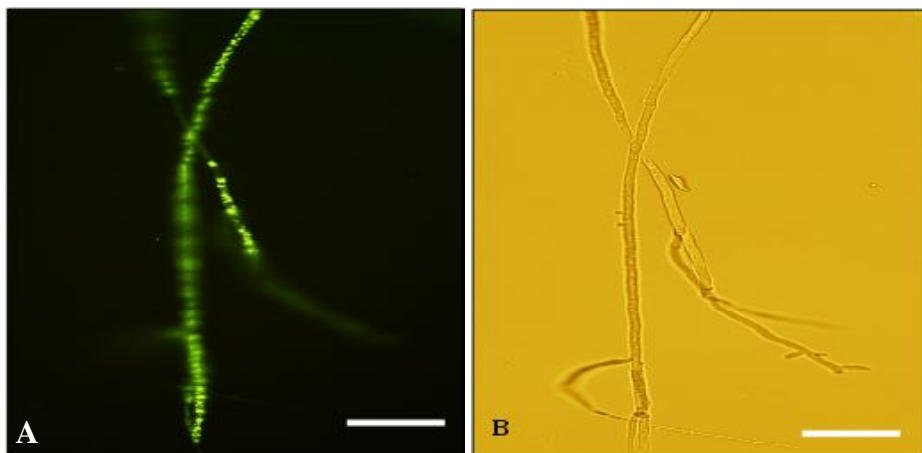
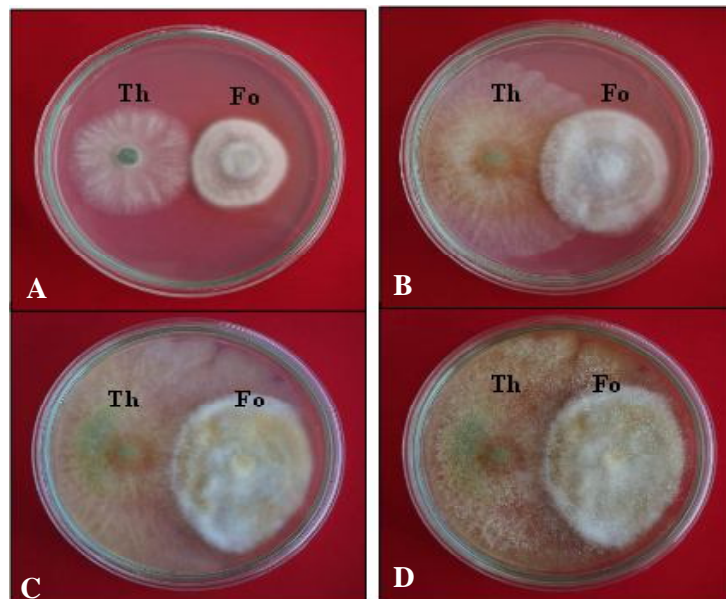
Penghambatan *Trichoderma harzianum* GFP terhadap *Fusarium oxysporum*. *Trichoderma harzianum* GFP digunakan sebagai agen pengendali hayati terhadap *F. oxysporum* sebagai jamur patogen pada semai *A. mangium*. Hasil pengamatan secara makroskopis menunjukkan bahwa biakan murni *T. harzianum* GFP (Gambar 1) berwarna hijau dan putih kekuning-kuningan, sedangkan secara mikroskopis hifa *T. harzianum* GFP terlihat berbeda ketika dilihat dibawah mikroskop fluoresen dan mikroskop cahaya (Gambar 2).

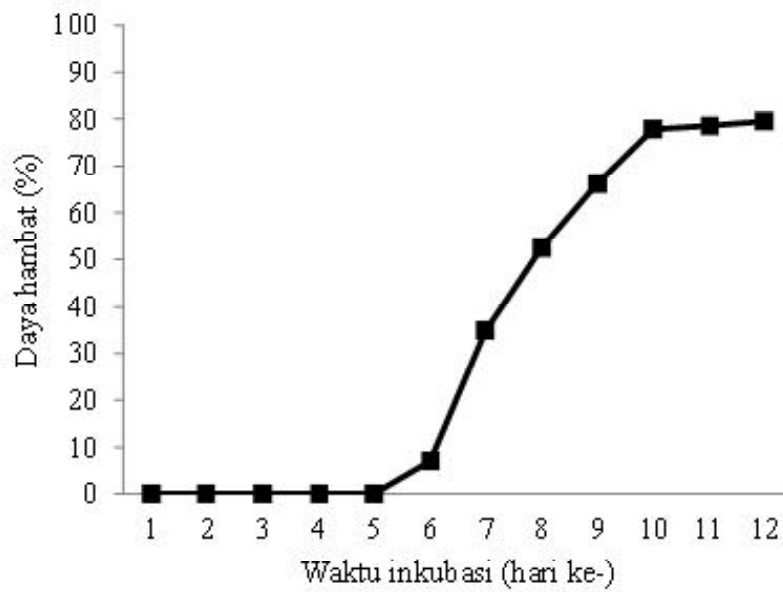
Aplikasi *in Vitro*. Miselium *F. oxysporum* dan *T. harzianum* GFP mulai bersinggungan dan terjadi kontak pada hari ke-4 setelah *T. harzianum* GFP ditanam. *Trichoderma harzianum* GFP mulai tumbuh dan menutupi koloni *F. oxysporum* pada hari ke-10 setelah terjadi kontak (Gambar 3). Persentase daya hambat mulai meningkat hingga mencapai 79,55% (masa inkubasi 12 hari) yang dimulai dari 6,99% (masa inkubasi

5 hari) (Gambar 4). Hal tersebut mengindikasikan adanya kemampuan *T. harzianum* GFP sebagai agen pengendali hayati yang mempunyai kemampuan mikoparasit, yaitu kemampuan dalam hal memproduksi enzim-enzim ekstraseluler yang dapat merusak dinding sel jamur lain dan kemudian digunakan sebagai sumber makanan (Harjono & Widyastuti, 2001).

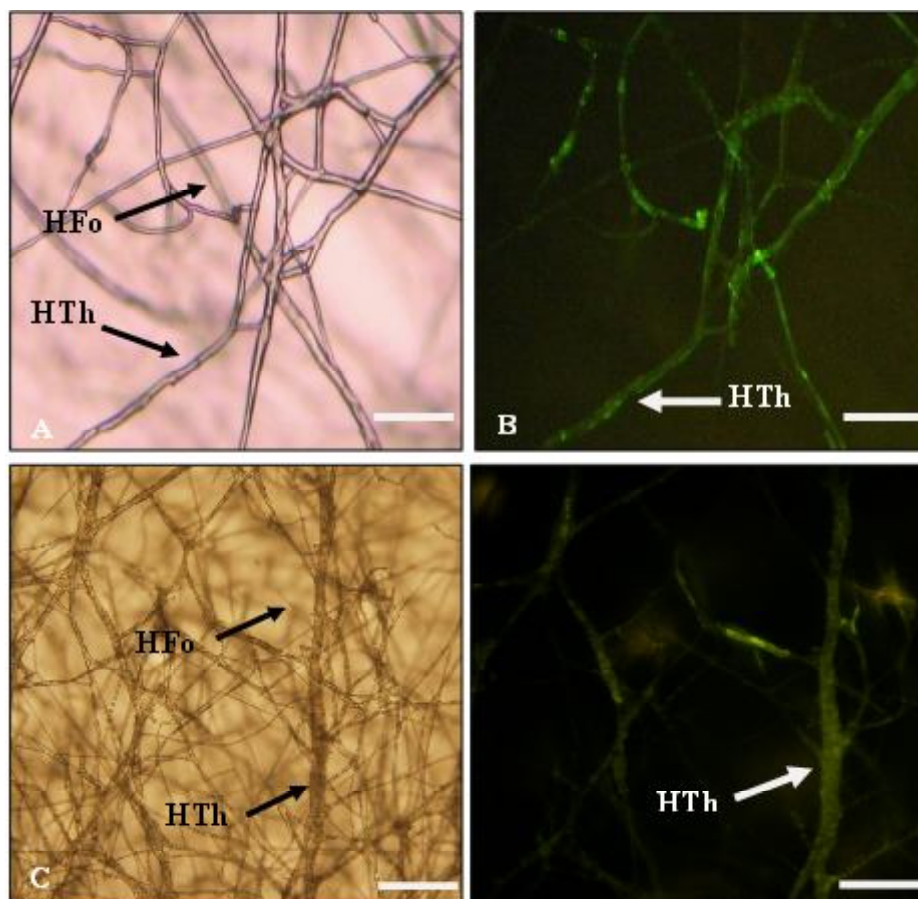
Daya antagonistik *T. harzianum* GFP terhadap *F. oxysporum* dengan metode *dual culture* pada 7 hari masa inkubasi menunjukkan bahwa terjadi proses penempelan hifa *T. harzianum* GFP terhadap hifa *F. oxysporum* pada daerah kontak (Gambar 5A) dan tidak terjadi pelilitan. Penempelan merupakan tahapan ketiga dari pola interaksi mikoparasitisme yang dimiliki oleh *Trichoderma* spp. Tahapan pertama dari pola interaksi mikoparasitisme antara *Trichoderma* spp. dengan jamur patogen adalah pertumbuhan kemotropik, dimana pada tahap ini terjadi proses rangsangan kimiawi dari inang terhadap fungsi antagonis. Tahap kedua adalah pengenalan atau rekognisi, pada tahap ini pada beberapa kasus bersifat spesifik sehingga sifat antagonistik *Trichoderma* spp. hanya efektif untuk fungsi patogen tertentu. Tahap keempat adalah penguraian dinding sel inang, terkait dengan enzim-enzim yang dihasilkan. Kemampuan *Trichoderma* spp. dalam menghasilkan enzim pengurai dinding sel (kitinolitik, selulolitik dan glukanolitik) telah diteliti dan diuji kemampuannya (Kucuk & Kivan, 2003; Widyastuti *et al.*, 2001; Witkowska & Maj, 2002). Selanjutnya seiring dengan bertambahnya masa inkubasi (Gambar 5C) interaksi antara *T. harzianum* GFP dengan *F. oxysporum* ditunjukkan melalui kemampuan mikoparasitisme yaitu *T. harzianum* GFP mampu tumbuh dan menutupi sebagian besar koloni *F. oxysporum*. Kemampuan mikoparasitisme adalah kemampuan mikroba memproduksi enzim ekstraseluler untuk merusak dinding sel fungi lain yang kemudian digunakan sebagai sumber makanan (Harjono & Widyastuti, 2001).

Aplikasi *in Planta*. Aplikasi *in planta* dilakukan untuk mengetahui efektivitas *T. harzianum* GFP terhadap *F. oxysporum* di lapangan, karena kedua jamur tersebut hidup pada rhizosfer. Inokulasi semai *A. mangium* dengan *T. harzianum* GFP terlebih dahulu yaitu 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum*, terlihat bahwa semai dalam kondisi sehat yaitu saat semai berumur 9 hari (Gambar 6A). Miselium *F. oxysporum* mulai terlihat pada hari ke-6 setelah inokulasi yaitu pada saat umur semai *A. mangium* 13 hari (Gambar 6B). Pada akhir pengamatan yaitu pada hari ke-12 setelah inokulasi, yaitu saat semai berumur 19 hari terdapat semai *A. mangium* yang mati (Gambar 6C).

Gambar 1. *Trichoderma harzianum* GFPGambar 2. Hifa *Trichoderma harzianum* GFP. (A) Hifa *T. harzianum* GFP (mikroskop fluoresen), (B) Hifa *T. harzianum* GFP (mikroskop cahaya). (Bar = 200 μ m)Gambar 3. Daya antagonistik *Trichoderma harzianum* GFP terhadap *Fusarium oxysporum* secara makroskopis. (Th) *T. harzianum* GFP; (Fo) *F. oxysporum*; 4 hari inkubasi (A); 7 hari inkubasi (B); 10 hari inkubasi (C); 12 hari inkubasi (D)



Gambar 4. Daya hambat *Trichoderma harzianum* GFP terhadap *Fusarium oxysporum*



Gambar 5. Daya Parasitisme *Trichoderma harzianum* GFP terhadap *Fusarium oxysporum* secara mikroskopis. (A) Hasil foto dengan mikroskop cahaya umur 7 hari inkubasi; (B) Hasil foto dengan mikroskop fluoresen umur 7 hari inkubasi; (C) Hasil foto dengan mikroskop cahaya umur 12 hari inkubasi; (D) Hasil foto dengan mikroskop fluoresen umur 12 hari inkubasi; (HFo) Hifa *F. oxysporum*, (HTh) Hifa *T. harzianum* GFP. (Bar = 200 μ m)



Gambar 6. Pengaruh *Trichoderma harzianum* GFP 2 hari sebelum inokulasi *Fusarium oxysporum* terhadap semai *Acacia mangium*. Umur semai (A) 9 hari, (B) 13 hari, (C) 19 hari

Perlakuan semai *A. mangium* yang diinokulasi *F. oxysporum* dan *T. harzianum* GFP secara bersamaan menunjukkan bahwa pada hari ke-2 setelah diinokulasi, yaitu saat semai *A. mangium* berumur 9 hari masih terlihat berada dalam kondisi sehat dan belum terlihat adanya miselium *F. oxysporum* berwarna putih yang menutupi semai *A. mangium* (Gambar 7A). Pada hari ke-6 setelah diinokulasi yaitu pada saat semai *A. mangium* berumur 13 hari sudah mulai terlihat adanya tanda yang ditunjukkan, yaitu dengan munculnya miselium *F. oxysporum* yang berwarna putih (Gambar 7B). Pada hari ke-13 (Gambar 7C) setelah inokulasi atau pada akhir pengamatan yaitu saat berumur 19 hari sebagian besar semai telah mati.

Inokulasi semai *A. mangium* dengan *F. oxysporum* 2 hari sebelum aplikasi *T. harzianum* GFP, menunjukkan bahwa pada hari ke-2 setelah inokulasi saat semai berumur 9 hari masih terlihat sehat (Gambar 8A), namun pada hari ke-6 setelah inokulasi miselium *F. oxysporum* terlihat menutupi semai *A. mangium* (Gambar 8B), begitu juga pada akhir pengamatan yaitu 12 hari setelah inokulasi saat semai berumur 19 hari, miselium *F. oxysporum* terlihat menutupi permukaan tanah dan sebagian besar telah menutupi semai *A. mangium* sehingga lebih banyak semai yang mati (Gambar 8C).

Berdasarkan tiga unit perlakuan yang diaplikasikan pada semai *A. mangium*, terbukti bahwa aplikasi *T. harzianum* GFP 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum* lebih efektif dibandingkan aplikasi *T. harzianum* GFP dan *F. oxysporum* bersamaan dan inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum inokulasi *T. harzianum* GFP. Hal ini ditunjukkan dengan keberadaan miselium *F. oxysporum* yang cenderung lebih sedikit (Gambar 6) seiring bertambahnya umur semai dibandingkan dua unit perlakuan lainnya (Gambar 7 dan 8). Grondona *et al.* (1997) menyatakan bahwa pemanfaatan *T. harzianum* telah terbukti menghambat

beberapa jamur tular-tanah diantaranya patogen *F. oxysporum*. Inokulasi *T. harzianum* GFP dan *F. oxysporum* secara bersamaan juga menunjukkan hasil yang lebih baik dibandingkan inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum inokulasi *T. harzianum* GFP. Jamur di dalam tanah hidup bersama-sama dengan mikroba antagonis yang menyebabkan lingkungan menjadi miskin zat makanan dan terdapatnya metabolit yang beracun, yang berakibat pada ketidakmampuan spora jamur dalam berkecambah dan bereproduksi (Agrios, 2005). Pernyataan tersebut mengindikasikan adanya pengaruh dari keberadaan *T. harzianum* GFP yang walaupun diaplikasikan bersamaan dengan *F. oxysporum*, namun dapat menunjukkan daya antagonisnya yang ditandai dengan berkurangnya miselium *F. oxysporum* pada akhir pengamatan bila dibandingkan dengan perlakuan inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum aplikasi *T. harzianum* GFP. Inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum aplikasi *T. harzianum* GFP menunjukkan hasil yang paling tidak efektif. Hal ini dikarenakan *F. oxysporum* terlebih dahulu berada di semai dan tanah sehingga kemampuan *T. harzianum* GFP sebagai agen pengendali hayati tidak terlalu berpengaruh nyata, terlihat dengan banyaknya miselium *F. oxysporum* pada akhir pengamatan, baik pada semai maupun permukaan tanah dibanding dua unit perlakuan lainnya (Gambar 8).

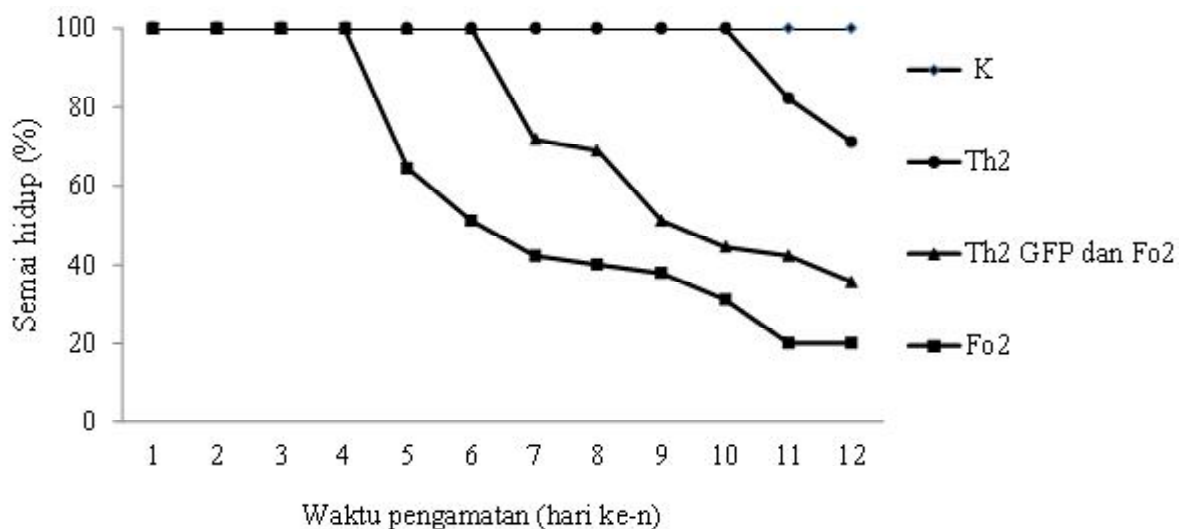
Persentase hidup semai *A. mangium* setelah diinokulasi dengan tiga unit perlakuan yang berbeda menunjukkan pola yang berbeda (Gambar 9). Semai *A. mangium* yang diaplikasikan dengan *T. harzianum* GFP 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum* menghasilkan rata-rata persentase hidup semai yang lebih tinggi (82,22%), dilanjutkan dengan semai *A. mangium* yang diaplikasikan dengan *T. harzianum* GFP dan *F. oxysporum* secara bersamaan (71,11%) dan semai *A. mangium* yang diinokulasi dengan *F. oxysporum* 2 hari sebelum aplikasi *T. harzianum*



Gambar 7. Pengaruh inokulasi *Trichoderma harzianum* GFP dan *Fusarium oxysporum* secara bersamaan terhadap semai *A. mangium*. Umur semai (A) 9 hari, (B) 13 hari, (C) 19 hari setelah berkecambah.



Gambar 8. Pengaruh inokulasi *Fusarium oxysporum* 2 hari sebelum inokulasi *Trichoderma harzianum* GFP terhadap semai *Acacia mangium*. Umur semai 9 hari (A), 13 hari (B), 19 hari (C)



Gambar 9. Persentase hidup semai *Acacia mangium* setelah diinokulasi *Trichoderma harzianum* GFP dan *Fusarium oxysporum*. (K) Kontrol, (Th2) Inokulasi *T. harzianum* GFP 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum*, (Th2 GFP dan Fo2) Inokulasi *T. harzianum* GFP dan *F. oxysporum* secara bersamaan, (Fo2) Inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum inokulasi *T. harzianum* GFP

GFP yang menunjukkan rata-rata persentase hidup semai terendah (64,44%). Hasil tersebut membuktikan bahwa keberadaan *T. harzianum* GFP sangat efektif dan berpengaruh nyata terhadap persentase hidup semai *A. mangium* bila diaplikasikan terlebih dahulu ke tanah di sekitar perakaran semai *A. mangium*. Mousseaux *et al.* (1998) melaporkan bahwa aplikasi *T. harzianum* terlebih dahulu lalu dilanjutkan dengan inokulasi campuran *T. harzianum* dan *F. oxysporum* pada semai Douglas-fir (*Pseudotsuga menziesii* var. *glauca* [Beissn.] Franco) terbukti efektif mengurangi tingkat kematian semai hingga 50%.

Kesimpulan secara keseluruhan menunjukkan bahwa *F. oxysporum* secara *in vitro* melakukan penetrasi melalui stomata pada permukaan pangkal batang semai *A. mangium*, masuk hingga ke jaringan pembuluh floem dan xylem secara interseluler melalui ruang antar sel. Terjadi reaksi hipersensitif dan akumulasi lignin akibat infeksi *F. oxysporum*. Secara *in vitro*, kemampuan antagonistik *T. harzianum* GFP terlihat yaitu melalui penempelan pada hifa *F. oxysporum* kemudian menguasai koloni *F. oxysporum* dengan cara tumbuh memenuhi koloni *F. oxysporum* (12 hari inkubasi). Secara *in planta*, rata-rata persentase hidup semai *A. mangium* tertinggi ditunjukkan pada perlakuan inokulasi *T. harzianum* GFP 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum* (82,22%) dan terendah pada perlakuan inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum inokulasi *T. harzianum* GFP (64,44%).

SIMPULAN

Mekanisme penghambatan terhadap *Fusarium oxysporum* oleh *Trichoderma harzianum* pada semai *Acacia mangium* adalah mekanisme parasitisme. Hal ini terlihat dengan adanya penempelan pada umur 7 hari masa inkubasi hingga pertumbuhan hifa *T. harzianum* yang tumbuh dan menutupi hifa *F. oxysporum* umur 12 hari masa inkubasi (secara *in vitro*). Secara *in planta*, daya parasitisme *T. harzianum* terhadap *F. oxysporum* terlihat melalui rata-rata persen hidup semai *A. mangium*. Rata-rata persentase hidup semai *A. mangium* tertinggi ditunjukkan pada perlakuan aplikasi *T. harzianum* 2 hari sebelum inokulasi *F. oxysporum* sebesar 82,22%, dan terendah pada perlakuan inokulasi *F. oxysporum* 2 hari sebelum aplikasi *T. harzianum* sebesar 64,44%.

SANWACANA

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Tanoto Foundation atas dana yang diberikan, sehingga penelitian ini dapat terlaksana.

DAFTAR PUSTAKA

- Achmad SH, Harran S, Sa'id EG, Satiawihardja B, & Kardin K. 1997. Biochemical defense of *Pinus merkusii* seedlings against damping-off pathogens. *Proceedings of the 6th International Workshop of BIO-REFOR*. Brisbane. Australia. December 2-5, 1997.
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. Elsevier Academic Press USA.
- Goltapeh EM & Danesh YR. 2006. Pathogenic interactions between *Trichoderma* species and *Agaricus bisporus*. *J. Agric. Technol.* 2(1): 29–37.
- Grondona I, Hermosa R, Tejada M, Gomis MD, Mateos PF, Bridge PD, Monte E, & Garcia-acha I. 1997. Physiological and biochemical characterization of *Trichoderma harzianum*, a biological control agent against soilborne fungal plant pathogens. *Appl. Environ. Microbiol.* 63: 3189–3198.
- Hardiyanto EB & Arisman H. 2004. *Pembangunan Hutan Tanaman Acacia mangium: Pengalaman di Sumatera Selatan Musi Hutan Persada*. PT. Musi Hutan Persada. Palembang. Sumatera Selatan.
- Harjono & Widyastuti SM. 2001. Permurnian dan karakteristik enzim endokitinase dari agen pengendali hayati *Trichoderma reesei*. *J. Perlind. Tan. Indones.* 7(1): 114–120.
- Küçük Ç & Kivanç M. 2003. Isolation of *Trichoderma* spp. and determination of their antifungal, biochemical and physiological features. *Turk. J. Biol.* 27: 247–253.
- Machón P, Pajares JA, Diez JJ, & Alves-Santos FM. 2009. Influence of the ectomycorrhizal fungus *Laccaria laccata* on pre-emergence, post-emergence and late damping-off by *Fusarium oxysporum* and *F. verticillioides* on stone pine seedlings. *Symbiosis* 49(2): 101–109.

- Mousseaux MR, Dumroese RK, James RL, Wenny DL, & Knudsen GR. 1998. Efficacy of *Trichoderma harzianum* as a biological control of *Fusarium oxysporum* in container-grown Douglas-fir seedlings. *New Forest*. 15(1): 11–21.
- Nakas JP & Hagedorn C. 1990. *Biotechnology of Plant-Microbe Interactions*. McGraw-Hill. New York.
- Salerno ML, Gianinazzi S, & Gianinazzi-Pearson V. 2000. Effects on growth and comparison of root tissue colonization patterns of *Eucalyptus viminalis* by pathogenic and nonpathogenic strains of *Fusarium oxysporum*. *New Phytol*. 146(2): 317–324.
- Widyastuti SM. 2007. *Peran Trichoderma dalam Revitalisasi Kehutanan di Indonesia*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Widyastuti SM, Harjono, Sumardi, & Yuniarti D. 2003. Biological control of *Sclerotium rolfsii* damping-off with three isolates of *Trichoderma* spp. *Online J. Biol. Sci.* 3(1): 95–102.
- Widyastuti SM, Sumardi, & Sumantoro P. 2001. Efektivitas *Trichoderma* spp. sebagai pengendali hayati terhadap tiga patogen tular tanah pada beberapa jenis tanaman kehutanan. *J. Perlind. Tan. Indones.* 7(2): 98–107.
- Witkowska D & Maj A. 2002. Production of lytic enzymes by *Trichoderma* spp. and their effect on the growth of phytopathogenic fungi. *Folia Microbiol.* 47(3): 279–282.