

POTENSI *Trichoderma harzianum* SEBAGAI PENGENDALI *Fusarium oxysporum* PENYEBAB BUSUK PANGKAL BATANG TANAMAN CABAI MERAH (*Capsicum annum L.*)

Sutarman

Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhamamdiyah Sidoarjo
Jl. Raya Gelam 250, Candi, Sidoarjo 61217
Email: sutarman@umsida.ac.id

ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efektivitas fungsi *Trichoderma harzianum* dalam mengendalikan *Fusarium oxysporum* penyebab busuk pangkal batang pada tanaman cabai merah (*Capsicum annum L.*). Percobaan pertama adalah pengujian daya hambat *T. harzianum* terhadap patogen secara *in vitro*. Percobaan selanjutnya di rumah kaca dengan perlakuan disusun dalam Rancangan Acak Lengkap (RAL), terdiri atas: tanpa inokulasi, inokulasi patogen, inokulasi *Trichoderma*, inokulasi *Trichoderma* dan patogen bersamaan, inokulasi *Trichoderma* diikuti patogen dengan jeda waktu 6 jam, inokulasi patogen kemudian *Trichoderma*. dengan jeda waktu 6 jam. Variabel yang diamati adalah luas luka batang tanaman dan intensitas serangan penyakit. Data percobaan *in vivo* dianalisis dengan sidik ragam yang dilanjutkan dengan uji BNJ taraf nyata 5%. Daya hambat *T. harzianum* terhadap patogen mencapai 71,3 % pada 144 jam setelah inokulasi secara *in vitro*. Secara *in vivo* inokulasi *Trichoderma* saja dan bersamaan dengan patogen menekan luka hingga 81,0% dan 68,0% dibandingkan dengan dinokulasi patogen serta menghambat serangan penyakit yang ditunjukkan dengan intensitas gejala 5,6 % dan 0,0 pada 6 dan 12 hari setelah inokulasi. *T. harzianum* efektif sebagai agen biokontrol bagi pengendalian penyakit busuk pangkal batang tanaman cabe merah yang disebabkan oleh *F. oxysporum*.

Kata kunci: cabai merah, *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma harzianum*,.

ABSTRACT

This study aims to determine the effectiveness of *Trichoderma harzianum* fungi in controlling *Fusarium oxysporum* causes stem rot at red pepper plant (*Capsicum annum L.*). The first experiment was a test of inhibitory power of *T. harzianum* againsts pathogen *in vitro*. Further experiments were performed at greenhouse with treatments prepared in Completely Randomized Design (RAL), consisting of: without inoculation, pathogen inoculation, *Trichoderma* inoculation, *Trichoderma* inoculation and common pathogens, *Trichoderma* inoculation followed by pathogens with a 6 hour time interval, inoculation of pathogens then *Trichoderma* with a lag time of 6 hours. The variables observed were the area of plant stem wound and the intensity of the disease. *In vivo* experimental data were analyzed by variance followed by a 5% BNJ test. *T. harzianum* inhibition of pathogens reached 71.3% at 144 hours after inoculation *in vitro*. *In vivo Trichoderma*

inoculation alone and simultaneously with pathogens suppressing the wound up to 81.0% and 68.0% compared with pathogenic dinoculation as well as inhibit disease attacks indicated by symptom intensity of 5.6% and 0.0 at 6 and 12 days after inoculation. *T. harzianum* is effective as a biocontrol agent for the control of red pepper stem base rot disease caused by *F. oxysporum*.

Key word: red pepper, *Fusarium oxysporum*, *Trichoderma harzianum*,

PENDAHULUAN

Cabe adalah salah satu komoditas hortikultur yang bernilai strategis di Indonesia. Namun cabe termasuk tanaman yang rawan terserang organisme pengganggu, termasuk fungi patogen penyebab penyakit. Saat ini sering dijumpai kasus serangan *Fusarium oxysporum* pada tanaman cabe merah yang berumur muda dengan gejala busuk pada pangkal batang. Hasil penelitian pendahuluan menunjukkan keganasan serangan patogen ini pada pangkal batang yang menyebabkan kematian tanaman muda. Patogen ini mampu menginfeksi dan menimbulkan nekrosis kerusakan pangkal batang tanaman cabe berbagai varietas (Wandani, Yuliani, dan Rahayu, 2015).

Salah satu metode untuk mencegah dan menanggulangi berbagai penyakit pada tanaman cabe adalah dengan menggunakan pestisida. Aplikasi bahan kimia fungsida selain beresiko menekan mikroflora dan mikrofauna tanah yang menguntungkan (Gowtham *et al.*, 2016), juga membutuhkan tambahan biaya produksi. Setidaknya dibutuhkan biaya pembelian dan aplikasi pestisida hampir 25% dari total biaya produksi cabe merah (BPS, 2014). Alternatif

yang paling aman adalah memanfaatkan kemampuan agensia hayati untuk mengendalikannya, di antaranya adalah fungi *Trichoderma*.

Trichoderma merupakan 53% genus fungi yang dimanfaatkan aktivitasnya biokontrolnya terhadap fungi patogen termasuk *Fusarium* (Gajera *et al.*, 2013; Lecomte *et al.*, 2016). *Trichoderma* efektif mengendalikan patogen mengingat kemampuannya memproduksi enzim-enzim hidrolitik (Vinale *et al.*, 2008; Al-Taweil *et al.*, 2009) di samping menghasilkan senyawa yang berperan sebagai zat pengatur tumbuh tanaman (Benítez *et al.*, 2004; Gravel *et al.*, 2007; Verma *et al.*, 2007; Hu *et al.*, 2015), memproduksi enzim peroksidase dan polifenoloksidase (Srivastava *et al.*, 2010; Chowdappa *et al.*, 2013; dan Youssef *et al.*, 2016), serta mendekomposisi bahan organik yang menghasilkan nutrisi (Buysens *et al.*, 2016) yang dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap serangan penyakit.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui sejauh mana *T. harzianum* dapat mengendalikan penyakit busuk pangkal batang tanaman cabe merah melalui pengujian daya hambat secara *in vitro* serta kemampuannya menekan perkembangan luka infeksi pada jaringan pangkal batang dan

menekan intensitas gejala serangan pada tanaman cabe merah berusia muda atau berumur kurang dari 8 minggu.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium dan *Green House* Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sidoarjo pada Maret-Juli 2017.

Uji In Vitro

Pada percobaan in vitro ini kandidat agensia pengendali hayati yang digunakan adalah isolat *Trichoderma harzianum* Tc-Jjr-02 koleksi Laboratorium Mikrobiologi Prodi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Muhammadiyah Sidoarjo (Sutarman, 2016). Isolat dibiakkan pada media PDA-chloramphenicol (Vargas Gil, Pastorb, dan Marcha, 2009) hingga berumur 10 hari. Masing-masing isolat dicuplik dengan menggunakan *cork borer* dan ditempatkan secara berhadapan di atas media PDA dalam cawan petri berukuran 11 cm dengan jarak yang sama masing-masing antara titik pusat propagul dengan titik pusat dan tepi cawan petri (Gambar 1) (Nurudin dan Sutarmam, 2014). Pada saat yang sama *Fusarium oxysporum* yang diisolasi dari bagian pangkal batang tanaman cabe dibiakkan dengan periode inkubasi sama dengan isolat *Trichoderma* Tc-Jjr-02 yaitu selama 12 hari koleksi untuk siapakan diujikan setelah inokulasi. Sementara itu satu cuplikan propagul patogen ditempatkan di tengah-tengah cawan petri lainnya sebagai pembanding diameter koloni yang

tumbuh terhadap diameter koloni yang tumbuh pada posisi berhadapan dengan isolat kandidat agensia hayati. Pengujian diulang 4 kali, sehingga diperoleh rata-rata daya hambat Tc-Jjr-02 terhadap *F. oxysporum* tiap harinya. Selanjutnya data diameter patogen dari kedua keadaan tersebut dimasukkan dalam rumus (1) (Nurudin dan Sutarmam, 2014) untuk mengetahui daya hambat agensia hayati terhadap patogen;

$$Z = \frac{dk-dp}{dk} \times 100\% \dots\dots(1)$$

dengan ketentuan: Z adalah persentase daya hambat agen hayati terhadap patogen, dk adalah jari jari koloni patogen tanpa antagonis (kontrol), dan dp adalah jari jari koloni patogen dengan antagonis.

Uji In Vivo

Isolat *F. oxysporum* yang sudah dibiakkan selama 10 hari di media PDA (Cao *et al.*, 2016) dikultivasi dan diencerkan di dalam *beaker glass* 200 ml serta diaduk rata. Cara yang sama juga dilakukan terhadap isolat Tc-Jjr-02. Sebelum diaplikasikan, masing-masing isolat dihitung kepadatan sporanya, sehingga diperoleh 10^6 spora patogen dan 10^7 konidiospora Tc-Jjr-02 per ml. Setelah ditentukan kepadatan propagul aktifnya, maka kedua isolat ini siap diujikan pada tanaman cabe merah. Semua tanaman yang akan digunakan bebas dari adanya gejala gangguan hama dan patogen dan sudah diinkubasi masing-masing

dalam sungkup plastik selama satu minggu untuk menghindari adanya kontaminasi. Batang tanaman cabe usia 42 hari setelah tanam (HST) dibasuh selama 30 detik dengan menggunakan lembaran tisu yang sudah direndam dalam alkohol 50% untuk membunuh organisme apapun yang terdesposisi di permukaan batang. Pembilasan dilakukan tiga kali dengan cara pembasuhan dengan lembaran tisu yang sudah direndam dalam air destilat steril. Ketika batang tanaman tampak tidak dijumpai lapisan atau titik partikel air, maka dilakukan pelukaan seluas $\pm 2 \text{ cm}^2$ pada bagian pangkal batang dengan menggunakan *cotton bud* yang sudah dilumuri karborundum. Setelah itu dibersihkan dengan tisu steril dan sudah bebas dari lapisan/partikel air, maka dilakukan inokulasi sesuai perlakuan yaitu: tanpa inokulasi (TOF0), diinokulasi *F. oxysporum* (TOF1), diinokulasi *Trichoderma* (T1F0), diinokulasi *Trichoderma* dan *F. oxysporum*

secara bersamaan (T1F1), diinokulasi *Trichoderma*, 6 jam kemudian diinokulasi dengan *F. oxysporum* (T1F2), serta diinokulasi *F. oxysporum*, 6 jam kemudian diinokulasi dengan *Trichoderma* (T2F1). Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 4 ulangan. Variabel yang diamati adalah luas luka nekrotik yang disebabkan aktivitas patogen dan indeks seragan yang diukur dengan menggunakan rumus (2) (You *et al.*, 2016) berdasarkan kriteria seperti dideskripsikan pada Tabel 1;

$$I = \sum_{i=1}^{k=4} (i \cdot n_i) / Nk \times 100\% \dots\dots(2)$$

dengan ketentuan: *I* adalah intensitas gejala serangan, *i* adalah nilai skor terendah, *k* adalah skor tertinggi dengan kriteria gejala serangan terberat, *n_i* adalah jumlah bibit dengan skor yang sama, *N* adalah keseluruhan jumlah tanaman tiap satuan percobaan.

Tabel 1. Skor dan kriteria gejala serangan busuk pangkal batang tanaman cabe merah

Skor	Kriteria gejala nekrosis
0	Tidak ada gejala penyakit
1	Timbul nekrosis < 0,5 cm, tidak melingkari batang
2	Nekrosis $0,5 \leq x \leq 1$ cm, tidak melingkari batang
3	Nekrosis > 1 cm, tidak melingkari batang
4	Nekrosis hampir melingkari $\frac{3}{4}$ batang, tanaman mulai layu dan/atau mati

Analisis Data

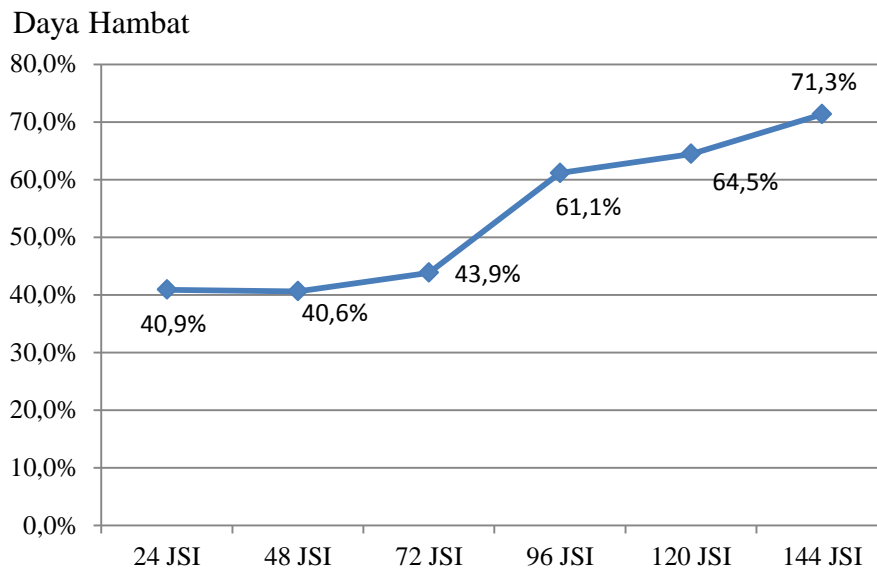
Data uji *in vivo* dianalisis menggunakan ANOVA pada tingkat kepercayaan 95%; untu mengetahui perbedaan antarperlakuan diajuka dengan uji BNJ pada taraf nyata 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Uji In Vitro

Berdasarkan pengujian secara *in vitro* kemampuan *T. harzianum* dalam menghambat *F. oxysporum* menunjukkan potensinya sebagai agensia hayati. Pada

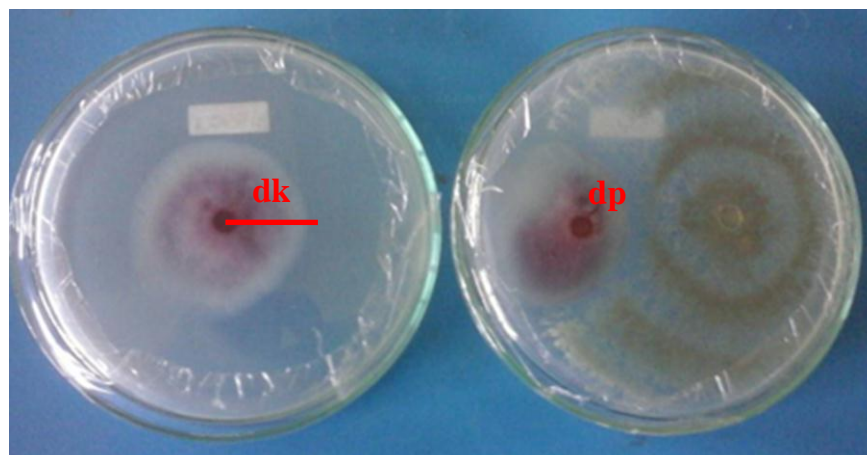
akhir pengamatan yaitu 144 jam setelah inokulasi (JSI) *T. harzianum* mampu menghambat rata-rata 71,3%. Pertumbuhan daya hambat sejak 24 JSI hingga 144 JSI terasi pada Gambar 1.



Gambar 1. Pertumbuhan daya hambat *T. harzianum* terhadap *F. oxysporum* secara *in vitro*.

Rerata daya hambat dalam 24 jam mencapai 40,9% dan relatif tidak tumbuh hingga 72 JSI. Pertumbuhan dari 72 hingga 96 JSI meningkat tajam dari 43,9% menjadi 61,1%. Saat itu telah terjadi overlapping koloni *T. harzianum* ke permukaan koloni patogen serta menghambat dengan

kuat pertumbuhan koloni, sehingga jari-jari koloni patogen yang menghadap koloni agensia hayati tidak tumbuh (Gambar 2). Rerata pertumbuhan menjadi maksimal pada 144 JSI yaitu 71,3% dan tidak relatif tidak bertambah sesudahnya.



Gambar 2. Penghambatan *T. harzianum* terhadap *F. oxysporum* pada 96 JSI; dp dan dk masing-masing adalah panjang garis tengah diameter koloni patogen yang tumbuh dihadapan koloni *T. harzianum* dan yang kontrol.

Uji In Vivo

Hasil analisis ragam pengaruh cara inokulasi antara *T. harzianum* dan *F. oxysporum* terhadap luas nekrotik pada 6 dan 12 hari setelah inokulasi (HSI) menunjukkan adanya perbedaan nyata pada taraf uji 5%. Rerata luas luka nekrotik akibat serangan patogen

ditunjukkan pada Tabel 2. Nilai luas luka masing-masing perlakuan dikonversi sesuai rumus (2) menjadi persentasi peningkatan atau penurunan terhadap luas luka kontrol (TOF1) yang memiliki arti suatu daya pulih luka atau daya tumbuh infeksi.

Tabel 2. Rerata pengaruh inokulasi *Tricho* (*T. harzianum*) dan patogen (*F. oxysporum*) terhadap luas nekrotik akibat infeksi *F. oxysporum*.

Perlakuan	Rata-rata luas nekrotik 6 HSI (cm ²)	Peningkatan (+) atau penurunan (-) terhadap kontrol (TOF1) (%)	Rata-rata luas nekrotik 12 HSI (cm ²)	Peningkatan (+) atau penurunan (-) terhadap kontrol (TOF1) (%)
Tanpa inokulasi patogen dan <i>Tricho</i> (TOF0)	0,063 ab	-56	0,063	-79
Tanpa inokulasi <i>Tricho</i> dan inokulasi patogen TOF1	0,141 ab	-	0,295	-
Inokulasi <i>Tricho</i> (T1F0)	0,028 a	-80	0,056	-81
Inokulasi <i>Tricho</i> dan patogen bersamaan T1F1	0,052 a	-73	0,095	-68
Inokulasi <i>Tricho</i> diikuti patogen (jeda 6 jam) (T1F2)	0,358 bc	154	0,604	104
Inokulasi patogen diikuti <i>Tricho</i> (jeda 6 jam) (T2F1)	0,587 c	317	0,585	98
BNJ 5%	0.327		-	

Keterangan :angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan pengaruh berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Perlakuan tanpa inokulasi (T0F0), inokulasi *Tricho* (T1F0), dan inokulasi *Tricho* bersamaan dengan patogen (T1F0) luas nekrotik yang relatif sama dengan penurunan terhadap kontrol (T0F1) masing-masing 56%, 80%, dan 73% (6 HSI) serta 79%, 815, dan 68% (12 HSI). Di lain pihak perlakuan inokulasi *Tricho* diikuti patogen jeda 6 jam (T1F2) dan inokulasi patogen diikuti *Tricho* (jeda 6 jam) (T2F1) kondisi yang terjadi sebaliknya yaitu luas luka meluas hingga masing-masing 0,358 cm² dan 0,587 cm²

(6 HSI) dengan peningkatan luas luka 154% dan 317% serta luas luka 0,604 cm² dan 0,585 cm² (12 HSI) atau peningkatan luas luka hingga 104% dan 98%.

Hasil analisis ragam pengaruh cara inokulasi antara *T. harzianum* dan *F. oxysporum* terhadap intensitas gejala serangan pada 6 dan 12 HSI juga menunjukkan perbedaan nyata pada taraf uji 5%. Rerata internsitas gejala serangan luas luka patogen ditunjukkan pada Tabel 2.

Tabel 3. Rerata pengaruh inokulasi *Tricho* (*T. harzianum*) dan patogen (*F. oxysporum*) terhadap intensitas gejala serangan *F. oxysporum*.

Perlakuan	Rata-rata Intensitas gejala serangan 6 HSI (%)	Peningkatan (+) atau penurunan (-) terhadap kontrol (T0F1) (%)	Rata-rata Intensitas gejala serangan 12 HSI (%)	Peningkatan (+) atau penurunan (-) terhadap kontrol (T0F1) (%)
Tanpa inokulasi patogen dan <i>Tricho</i> (T0F0)	5,47 a	-65	5,47 Ab	-68
Tanpa inokulasi <i>Tricho</i> dan inokulasi patogen T0F1	15,63 ab	0	17,19 Bc	0
Inokulasi <i>Tricho</i> (T1F0)	6,25 a	-60	0,00 A	-100
Inokulasi <i>Tricho</i> dan patogen bersamaan T1F1	6,25 a	-60	0,00 A	-100
Inokulasi <i>Tricho</i> diikuti patogen (jeda 6 jam) (T1F2)	21,09 b	35	26,56 C	55
Inokulasi patogen diikuti <i>Tricho</i> (jeda 6 jam) (T2F1)	20,69 b	32	24,22 C	41
BNJ 5%	18,67		14,691	

Keterangan :angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan bahwa tidak adanya perbedaan pengaruh berdasarkan uji BNJ pada taraf 5%.

Gejala nekrosis pada perlakuan inokulasi *Tricho* (T1F0) serta inokulasi *Tricho* dan patogen (T1F1) hanya tampak dengan intensitas yang sama ($6,25 \text{ cm}^2$) pada 6 HSI, sedangkan pada 12 HSI gejala menjadi tidak tampak. Jika dibandingkan terhadap kontrol yaitu perlakuan tanpa inokulasi *Tricho* dan diinokulasi patogen (TOF1), tampak kedua perlakuan tersebut mampu menekan intensitas gejala serangan hingga mencapai 60% (6 HSI)

PEMBAHASAN

T. harzianum memiliki daya hambat yang tinggi terhadap *F. oxysporum* yaitu sebesar 71,3 % pada 144 JSI. Fungi ini pada pengujian in vitro terhadap *Fusarium* spp. yang diisolasi dari berbagai bagian tanaman cabe dapat menghambat 71.2- 94.2% pada 7 hari setelah inokulasi (Mukarlina Khotimah, dan Rianti, 2010). *T. harzianum* menghambat pertumbuhan koloni *F. oxysporum* yang diisolasi dari kecambah akasia sebesar 6,9 % dan 79,55% masing-masing selama masa inkubasi 5 dan 12 hari (Tasik, Widyastuti, dan Harjono, 2015). Daya hambat yang cepat pada 24 JSI yaitu mencapai 40,9% menunjukkan bahwa fungi hayati ini mengembangkan perannya dalam menghasilkan senyawa penghambat patogen (Vinale *et al.*, 2008; Matarese *et al.*, 2012). Di lain pihak *F. oxysporum* juga mengembangkan kemampuannya untuk mengatasi tekanan *T. harzianum* yang ditunjukkan dengan daya hambat terhadap patogen relatif konstan hingga 72 JSI. Sesudah 72 JSI daya hambat meningkat hingga 61,1% pada 96 JSI; namun demikian pertumbuhannya sudah mulai melambat hingga pada 144 JSI

dan 100% (12 HSI). Pada perlakuan inokulasi *Tricho* yang diikuti patogen dengan jeda 6 jam (T1F2) dan inokulasi patogen diikuti *Tricho* jeda 6 jam (T2F1) menunjukkan tingkat keparahan yang lebih tinggi yaitu meningkatkan intensitas serangan masing-masing 35% dan 32% (6 HSI) serta 26,56% dan 24,22% (12 HSI).

hanya mencapai 71,3%. Hal ini disebabkan oleh adanya fase pertumbuhan dengan laju pertumbuhan yang melambat pada media yang disebabkan oleh *staling* (Griffin, 1994) yaitu suatu kondisi keterbatasan nutrisi dan adanya produk *penghambat* baik yang dihasilkan oleh *Trichoderma* maupun oleh miselium patogen itu sendiri.

Inokulasi patogen yang diikuti oleh *Tricho* pada 6 jam kemudian menunjukkan luas luka yang lebih besar pada 6 HSI bahkan melampaui perlakuan inokulasi patogen (TOF1). Hal ini bagai mkmunjukkan bahwa patogen secara cepat memanfaatkan sumberdaya makanan pada jaringan luka sehingga mendapatkan kondisi awal yang baik untuk melakukan penetrasi dari ke dalam jaringan dari sel yang luka dan melakukan pengembangan infeksi ke jaringan disekitarnya. *F. oxysporum* juga mampu berperilaku sebagai saprofit yang mampu hidup pada bahan organik bahkan dengan kondisi anaerob (Dix dan Webster, 1995). Dengan demikian patogen dapat dengan cepat berperan sebagai saprofit untuk memanfaatkan karbohidrat dari bahan organik hasil pelukaan buatan. Dalam kondisi ini

Tricho kehilangan momen untuk melakukan predisposisi yang baik pada jaringan mati; hal ini membuatnya tidak dapat mengembangkan perannya sebagai kompetitor efektif bagi patogen. Hal ini dibuktikan luas luka (6 HSI) pada perlakuan inokulasi *Tricho* yang diikuti oleh patogen 6 jam kemudian (T2F1) yang lebih besar dari perlakuan T1F2 bahkan peningkatan luas luka mencapai 317% dibandingkan kontrol (T0F1). Meskipun demikian, pada perlakuan inokulasi bersamaan tampak bahwa *Tricho* lebih kompetitif dibandingkan patogen. Hal ini diduga karena saat itu terjadi interaksi yang bersifat parasitisme; *Tricho* memiliki mampu menghasilkan enzim kitinase yang dapat mendegradasi dinding sel hifa patogen (Harman, 2006; Vinale *et al.*, 2008; Al-Taweil *et al.*, 2009) dan menghambat aktivitas patogen dalam memproduksi mikotoksin (Handajani dan Purwoko, 2008; Matarese *et al.*, 2012). Persentasi peningkatan luas luka yang menurun pada perlakuan T1F2 dan T2F1 dari masing-masing 154% dan 317 % (6 HSI) menjadi 104% dan 98% (12 HSI) disebabkan oleh peningkatan luas luka kontrol (T0F1) yang tinggi yaitu dari 0,141 cm² menjadi 0,295 cm² atau mencapai 210%.

Dari aspek intensitas gejala serangan (Tabel 2) tampak bahwa pada perlakuan tanpa inokulasi (T0F0) dan inokulasi *Tricho* saja, dan inokulasi *Tricho* yang bersamaan dengan patogen menunjukkan respon tanaman yang sama. Ketiga perlakuan tersebut menunjukkan persentasi 60-65 lebih rendah dibandingkan kontrol (T0F1) pada 6 HSI bahkan mencapai 100% untuk T1F0 dan T1F1 pada 12 HSI. Bila dibandingkan dengan data-data luka (Tabel 1) tampak persentasi peningkatan dan penurunan dibandingkan dengan kontrol yang relatif

tidak sama. Peningkatan luas luka terhadap kontrol pada perlakuan T1F2 adalah 154% (6HSI) dan 104% (12 HSI) serta perlakuan T2F1 yaitu 317% (6HSI) dan 98% (12HSI), sementara itu peningkatan intensitas gejala terhadap kontrol sebesar 35% (6HSI) dan 55% (12 HSI) serta perlakuan T2F1 yaitu 3% (6HSI) dan 41% (12HSI). Hal ini karena perbedaan cara menentukan nilai masing-masing variabel. Luka ditunjukkan oleh jaringan permukaan yang rusak dan tampak warna coklat yang menunjukkan sel-sel mengalami kematian. Sementara itu intensitas serangan diperoleh dengan memperhitungkan kedalaman penetrasi di samping perkembangan infeksi secara mendatar ke sekelilingnya hingga mengelilingi batang dengan deskripsi seperti ditunjukkan pada Tabel 1. Penetrasi dan perkembangan infeksi menyebabkan nekrosis jaringan yang berkembang secara akropetal (Zhang *et al.*, 2011; Fattahi *et al.*, 2014) sehingga menimbulkan gejala busuk. Kondisi ini akan mempengaruhi fungsi jaringan pengangkut sehingga dapat menghambat aliran air dan hara dari bagian akar serta nutrisi dari bagian daun yang pada akhirnya akan menurunkan vigor dan produksi tanaman (Basallote-Ureba *et al.*, 2016).

KESIMPULAN

Fungi *Trichoderma harzianum* isolat Tc-JJr-02 secara *in vitro* mampu menghambat pertumbuhan koloni *Fusarium oxysporum* sebesar 40,9% pada 24 jam setelah inokulasi serta 71,3 % pada 144 jam setelah inokulasi. Inokulasi *Trichoderma* saja dan bersamaan dengan patogen menghambat pertumbuhan luka hingga 81% dan 68 % serta menghambat

pertumbuhan intensitas gejala seragan busuk pangkal batang hingga 100% pada tanaman muda tanaman cabe merah 12 hari setelah inokulasi.

Al-Taweil, H.I., Osman, M.B., Aidil, A.H., & W.M. Wan-Yussof. 2009. Optimizing of *Trichoderma viride* Cultivation in Submerged State Fermentation. *Am. J. Appl. Sci.* 6, 1277–1281.

Basallote-Ureba, M.J., Vela-Delgado, M.D., Capote, N., Melero-Vara, J.M., Lopez-Herrera, C.J., and A.M. Prados-Ligero. 2016. Control of Fusarium Wilt of Carnation Using Organic Amendments Combine with Soil Solarization, and Report of Associated Fusarium Species in Southern Spain. 2016. *Crop Protection* 89, 184-192.

Benítez, T., Rincón, A.M., Limón, M.C. and A. Codon. 2004. Biocontrol Mechanisms of *Trichoderma* Strains. *Int. Microbiol.* 7 (4), 249–260.

BPS. 2014. Nilai Produksi dan Biaya Produksi¹ per Hektar Usaha Tanaman Bawang Merah dan Cabai Merah. <https://www.bps.go.id/statictable/2015/10/08/1887/nilai-produksi-dan-biaya-produksi-per-hektar-usaha-tanaman-bawang-merah-dan-cabai-merah-2014.html>. 1 Maret 2017.

Buysens, C., César, V., Ferrais, F., De Boulois, H.D., and S. Declerck. 2016. Inoculation of *Medicago sativa* Cover Crop with *Rhizophagus irregularis* and *Trichoderma harzianum* Increases the Yield of Subsequently-grown Potato under Low Nutrient

DAFTAR PUSTAKA

- Conditions. *Applied Soil Ecology* 105,137–143.
- Cao, Y., Wang, J., Wua, H., Yan, S., Guo, D., Wang, G., and Y. Ma. 2016. Soil Chemical and Microbial Responses to Biogas Slurry Amendment and Its Effect on *Fusarium* Wilt Suppression. *Applied Soil Ecology* 107, 116–123.
- Chowdappa, P., Kumar, S.P.M., Lakshmi, M.J., and K.K. Upreti. 2013. Growth Stimulation and Induction of Systemic Resistance in Tomato Against Early and Late Blight by *Bacillus subtilis* OTPB1 or *Trichoderma harzianum* OTPB3. *Biol. Control* 65, 109–117.
- Dix N.J., and J. Webster. 1995. Fungal Ecology. Chapman & Hall. London. 549 p.
- Fattahi, B., Rahanandeh, H., Chavosi, S., Zamanisadeh, H.R., Bayat, H., and M. Moshayedi. 2014. Report Primary of *Fusarium proliferatum* and *F. solani* Agents of *Dianthus caryophyllus* Wilting in Markazi Province in Iran. *Int. J. Biosci.* 4, 143-148.
- Gajera, H., Domadiya, R., Patel, S., Kapopara, M., and B. Golakiya. 2013. Molecular Mechanism of *Trichoderma* as Bio-control Agents Against Phytopathogen System – a Review. *Curr. Res. Microbiol. Biotechnol.* 1, 133–142.

- Gowtham, H.G., Hariprasad, P., Nayak, S.C., and S.R. Niranjana. 2016. Application of Rhizobacteria Antagonistic to *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici for The Management of *Fusarium* Wilt in Tomato. *Rhizosphere* 2, 72-74. <http://dx.doi.org/10.1016/j.rhisph.2016.07.008>
- Gravel, V., Antoun, H., and R.J. Tweddell. 2007. Growth Stimulation and Fruit Yield Improvement of Greenhouse Tomato Plants by Inoculation with *Pseudomonas putida* or *Trichoderma atroviride*: Possible Role of Indole Acetic Acid (IAA). *Soil Biol. Biochem.* 39, 1968–1977.
- Griffin, D.H. 1994. Fungal Physiology, 2nd ed. Wiley-Liss, Inc. New York. 458 p.
- Harman, G.E. 2006. Overview of Mechanisms and Uses of *Trichoderma* spp. *Phytopathology* 96, 190–194.
- Handajani, N.S., dan T. Purwoko. 2008. Aktivitas Ekstrak Rimpang Lengkuas (*Alpinia galanga*) terhadap Pertumbuhan Jamur *Aspergillus* spp. penghasil Aflatoksin dan *Fusarium moniliforme*. *Biodiversitas* 9 (3): 161-164.
- Hu, X., Roberts, D.P., Xie, L., Maul, J.E., Yu, C., Li, Y., Zhang, Y., Qin, L., and X. Liao. 2015. Components of a Rice-oilseed Rape Production System Augmented with *Trichoderma* sp. Tri-1 control *Sclerotinia sclerotiorum* on oilseed rape. *Phytopathology* 105, 1325-1333.
- Lecomte, C., Alabouvette, C., Edel-Hermann, V., Robert, F., and C. Steinberg. 2016. Biological Control of Ornamental Plant Diseases Caused by *Fusarium oxysporum*: A review. *Biological Control* 101, 17–30
- Matarese, F., Sarrocco, S., Gruber, S., Seidl-Seiboth, V., and G. Vannacci. 2012. Biocontrol of *Fusarium* Head Blight: Interactions Between *Trichoderma* and Mycotoxigenic *Fusarium*. *Microbiology* 158, 98–106. DOI10.1099/mic.0.052639-0.
- Mukarlina, Khotimah, S., dan R. Rianti. 2010. Uji Antagonis *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium* spp. Penyebab Penyakit Layu pada Tanaman Cabai (*Capsicum annuum*) Secara In Vitro. *Jurnal Fitomedika*. Vol.7(2): 80-85.
- Nurudin, M.J., dan Sutarman. 2014. Potensi *Trichoderma* sp. Sebagai Pengendali *Phytophthora palmivora* Penyebab Hawar Daun Bibit Kakao. *J Nabatia* 11 (1): 21-28.
- Srivastava, R., Khalid, A., Singh, U.S., and A.K. Sharma. 2010. Evaluation of Arbuscular Mycorrhizal Fungus, Fluorescent *Pseudomonas* and *Trichoderma harzianum* Formulation Against *Fusarium oxysporum* f. sp. lycopersici for the Management of Tomato Wilt. *Biological Control* 55, 24-31.

- Sutarman. 2016. Seleksi *Trichoderma* Spp Dari Bawah Tegakan Pinus Dan Uji Daya Dukung Isolat Terpilih Terhadap Pertumbuhan Tomat Dan Sawi. *dalam* Prosiding Konser Karya Ilmiah Nasional; Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga, 4 Agustus 2016. Hlm. 125-134
- Tasik, S., Widyastuti, S.M., dan Harjono. 2015. Mekanisme Parasitisme *Trichoderma harzianum* terhadap *Fusarium oxysporum* pada Semai *Acacia mangium*. *J. HPT Tropika* 15 (1): 72-80.
- Vargas Gil, S., Pastorb, S., and G.J. Marcha. 2009. Quantitative Isolation of Biocontrol Agents *Trichoderma* spp. *Gliocladium* spp. and Actinomycetes From Soil with Culture Media. *Microbiol. Res.* 164, 196–205.
- Verma, M., Brar, S.K., Tyagi, R.D., Surampalli, R.Y., and J.R. Valero. 2007. Antagonistic Fungi, *Trichoderma* spp.: Panoply of Biological Control. *Biochemistry Engineering Journal* 37, 1-20.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R., Barbetti, M.J., Li, H., Woo, S.L., and M. Lorito. 2008. A Novel Role for *Trichoderma* Secondary Metabolites in the Interactions with Plants. *Physiol. Mol. Plant Pathol.* 72, 80–86.
- Vinale, F., Sivasithamparam, K., Ghisalberti, E.L., Marra, R.S., Woo, L., and M. Lorito. 2008. *Trichoderma*–plant–pathogen Interactions. *Soil Biol. Biochem.* 40, 1–10.
- Wardani, S.A.T., Yuliani, dan Y.S. Rahayu. 2015. Uji Ketahanan Lima Varietas Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annuum*) Terhadap Penyakit Tular Tanah (*Fusarium oxysporum f.sp capsici*). *LenteraBio* Vol.4(3): 155-160. <http://ejournal.unesa.ac.id/index.php/lenterabio>. 9 Januari 2017.
- You, J., Zhang, J., Wu, M., Yang, L., Chen, W., and G. Li. 2016. Multiple Criteria-based Screening of *Trichoderma* Isolates for Biological Control of *Botrytis cinerea* on Tomato. *Biological Control* 101, 31–38.
- Youssef, S.A., Tartoura, K.A., and G.A. Abdelraouf. 2016. Evaluation of *Trichoderma harzianum* and *Serratia proteamaculans* Effect on Disease Suppression, Stimulation of ROS-scavenging Enzymes and Improving Tomato Growth Infected by *Rhizoctonia solani*. *Biological Control* 100, 79–86.
- Zhang, J., Xingxing, W., Yunqing, B., Yixin, W., Guanhuai, I., Yueqiu, H., and M. Zichao. 2011. First Report of *Fusarium proliferatum* Infecting Carnation (*Dianthus caryophyllus* L.) in China. *J. Phytopathol.* 16, 850-854.