

***Trichoderma* dan *Gliocladium* untuk Mengendalikan Penyakit Busuk Akar *Fusarium* pada Bibit Kelapa Sawit**

Trichoderma and *Gliocladium* for Controlling *Fusarium* Root Rot Disease of Oil Palm Seedlings

Siti Juariyah, Efi Toding Tondok, Meity Suradji Sinaga*
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Cendawan *Fusarium* spp. dilaporkan sebagai penyebab penyakit *common spear rot* dan *crown rot* pada kelapa sawit, tetapi strategi pengendalian yang efektif belum tersedia. Penelitian ini bertujuan memperoleh agens hayati yang efektif terhadap *Fusarium* spp. penyebab busuk akar bibit kelapa sawit. Percobaan terdiri atas 3 tahap, yaitu uji patogenisitas *Fusarium* spp., identifikasi dan uji *in vitro* agens hayati, dan uji *in planta* agens hayati terhadap *Fusarium* spp. Uji keefektifan agens hayati *in vitro* dengan metode biakan ganda dan pembentukan senyawa volatil. Uji keefektifan *in planta* dilakukan dengan menginokulasikan *Fusarium* spp. pada bibit kelapa sawit yang ditanam pada medium tanam yang dicampur dengan agens hayati. Agens hayati yang diperoleh teridentifikasi sebagai *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. inhamatum*, dan *Gliocladium fimbriatum*. *Gliocladium fimbriatum* 1 dan 2 efektif menghambat *Fusarium* spp. pada uji biakan ganda, sedangkan *T. harzianum* Gadingrejo 2 mampu membentuk senyawa volatil. Perlakuan agens hayati efektif melindungi bibit kelapa sawit dari infeksi *Fusarium* spp.

Kata kunci: agens hayati, biakan ganda, *in planta*, *in vitro*, senyawa volatil

ABSTRACT

Fusarium spp. have been reported as the causal agent of common spear rot and crown rot diseases on oil palm. An effective strategy to control these diseases is not available yet. This research was aimed to find biocontrol agents for effective control of crown rot disease on oil palm seedlings caused by *Fusarium* spp. The experiment consisted of 3 parts i.e. pathogenicity test of 3 isolates of *Fusarium*, identification and *in vitro* test of biocontrol agents, and *in planta* test of biocontrol agents against *Fusarium* spp. *In vitro* test was done through dual culture test and test for volatile compound produced by the biocontrol agents. *In planta* test was conducted through inoculation of *Fusarium* spp. into oil palm seedlings growing on medium containing selected biocontrol agents i.e. *Trichoderma harzianum*, *T. virens*, *T. inhamatum*, and *Gliocladium fimbriatum*. *In vitro* test showed that *Gliocladium fimbriatum* 1 and 2 were inhibited effectively the growth of *Fusarium* spp. on the dual culture test, whereas *T. harzianum* Gadingrejo 2 was inhibited effectively the growth of *Fusarium* spp. on volatile compound test. The application of biocontrol agents was effective to protect oil palm seedlings from *Fusarium* spp. infection.

Key words: biological control agents, dual culture, *in planta*, *in vitro*, volatile compound

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jalan Kamper, Kampus Darmaga, Bogor 16680.
Tel: 0251- 8629364, Faks: 0251- 8629362, Surel: mssinaga@yahoo.com

PENDAHULUAN

Fusarium spp. dilaporkan dapat menimbulkan berbagai penyakit pada tanaman kelapa sawit. *F. solani* dan *F. incarnatum* menyebabkan penyakit *spear rot* (Suwandi *et al.* 2012); *F. oxysporum* dan *F. solani* menyebabkan penyakit *crown rot* (Hafizi *et al.* 2013); dan *F. oxysporum* menyebabkan nekrosis tanaman (Simatupang 2014). Sampai saat ini belum ada laporan kerugian dan kehilangan hasil panen kelapa sawit akibat infeksi *Fusarium* spp. di Indonesia, tetapi cara pengendalian yang efektif dan efisien perlu dicari untuk mengantisipasi kemungkinan berkembangnya penyakit ini. Beberapa agens hayati diharapkan memiliki relung ekologi yang sama dengan *Fusarium* spp. patogenik. Agens hayati yang banyak dilaporkan dapat mengendalikan patogen tular tanah di antaranya ialah *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. (Susanto 2002; Sibarani 2008). Shobah (2014) menyatakan bahwa cendawan tanah yang diisolasi dari rizosfer kelapa sawit dan palem liar efektif menghambat *Ganoderma* sp. pada uji *in vitro*.

Penelitian ini bertujuan memperoleh agens hayati yang efektif untuk mengendalikan *Fusarium* spp. penyebab busuk akar kelapa sawit secara *in vitro* dan *in planta*.

BAHAN DAN METODE

Pemurnian Isolat Patogen dan Agens Hayati

Sebanyak 3 galur *Fusarium* spp. dan 7 galur agens hayati (koleksi Laboratorium Mikologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, IPB) (Tabel 1) dibiakkan pada medium agar-agar dekstrosa kentang (ADK). Dari biakan murni tersebut, konidium tunggal diisolasi pada medium agar-agar air. Biakan tersebut selanjutnya digunakan dalam penelitian ini.

Identifikasi Agens Hayati

Identifikasi 7 galur agens hayati dilakukan dengan mengamati karakter makroskopis (warna koloni, warna medium, laju pertumbuhan) dan mikroskopisnya (konidium,

Tabel 1 Galur cendawan dan asalnya yang digunakan dalam penelitian

Galur cendawan	Asal	Sumber
Agens hayati		
AH 1	Rizosfer, Jambi	Shobah (2014)
AH 2	Rizosfer, Gadingrejo 1	Supraba (2014)
AH 3	Rizosfer, Gadingrejo 2	Retnosari (2011)
AH 4	Rizosfer, Jambi	Shobah (2014)
AH 5	Rizosfer, Jambi	Shobah (2014)
AH 6	Rizosfer	Herawan (1992)
AH 7	Rizosfer	Supraba (2014)
Patogen		
<i>Fusarium</i> sp. galur Papua	Kelapa sawit, Papua	Simatupang (2014)
<i>Fusarium</i> sp. galur Cikabayan A	Rizosfer, Bogor	Simatupang (2014)
<i>Fusarium</i> sp. galur Cikabayan B	Rizosfer, Bogor	Simatupang (2014)

fialid, dan klamidospora). Morfometri konidium, fialid, dan klamidospora diukur menggunakan piranti lunak TpsDig 2 dengan 25 ulangan. Agens hayati diidentifikasi mengikuti Kubicek dan Harman (2000) serta Watanabe (2002).

Uji Keefektifan Agens Hayati terhadap *Fusarium* spp. *in Vitro*

Uji keefektifan agens hayati menggunakan 2 metode, yaitu biakan ganda dan pembentukan senyawa volatil. Uji biakan ganda dilakukan dengan meletakkan secara simetri potongan biakan *Fusarium* spp. dan agens hayati (masing-masing berdiameter 5 mm) dengan jarak 3 cm dari tepi cawan petri berdiameter 9 cm. Sebagai kontrol, biakan *Fusarium* spp. diletakkan dalam cawan petri tanpa agens hayati. Biakan diinkubasi selama 5 hari dan diulang sebanyak 3 kali untuk tiap perlakuan. Besarnya penghambatan yang terjadi dihitung menggunakan rumus:

$$P = \frac{(r1 - r2)}{r1} \times 100\%, \text{ dengan}$$

P, penghambatan (%); r1, jari-jari koloni *Fusarium* spp. pada kontrol; r2, jari-jari koloni *Fusarium* spp. yang menuju ke arah agens hayati.

Uji pembentukan senyawa volatil dilakukan dengan meletakkan potongan biakan *Fusarium* spp. dan agens hayati di tengah cawan petri berisi medium ADK, kemudian kedua dasar cawan tersebut ditangkupkan. Cawan berisi agens hayati di bagian bawah, sedangkan cawan berisi *Fusarium* spp. di bagian atas. Selanjutnya cawan direkatkan dengan parafilm. Sebagai kontrol, cawan berisi potongan *Fusarium* spp. ditangkupkan dengan cawan petri berisi medium ADK tanpa agens hayati dan diinkubasi selama 5 hari. Masing-masing perlakuan terdiri atas 6 ulangan. Besarnya penghambatan dihitung menggunakan rumus:

$$HR = \frac{(\text{Øk} - \text{Øp})}{\text{Øk}} \times 100\%, \text{ dengan}$$

HR, hambatan relatif (%); Øk, diameter koloni *Fusarium* spp. pada kontrol; Øp, diameter koloni *Fusarium* spp. pada perlakuan.

Uji Keefektifan Agens Hayati terhadap *Fusarium* spp. in Planta

Pengujian ini disusun dalam rancangan acak lengkap faktorial dengan 7 galur agens hayati dan 3 galur *Fusarium* spp. Tiap percobaan diulang 4 kali dan tiap ulangan terdiri atas 5 tanaman. Medium tanam yang digunakan ialah campuran tanah, arang sekam, pasir, dan pupuk kandang (kambing) (3:1:1:1). Medium tanam disterilkan menggunakan fumigan (bahan aktif *Dazomet*) dengan dosis 2 g kg⁻¹. Bibit yang digunakan ialah bibit kelapa sawit klon Dumpy umur 2 bulan berasal dari Pusat Penelitian Kelapa Sawit Medan.

Persiapan inokulum cendawan patogen dan agens hayati mengacu pada metode Susanto (2002) yang dimodifikasi, yaitu cendawan patogen dan agens hayati diperbanyak secara terpisah pada medium beras steril. Sebanyak 5 potongan biakan setiap galur cendawan pada ADK diinokulasikan ke dalam 200 g medium beras steril, selanjutnya diinkubasi pada suhu 28 °C selama 7 hari.

Aplikasi dilakukan dengan cara menambahkan 10 g kg⁻¹ (10⁴ propagul g⁻¹) inokulum agens hayati ke dalam medium

tanah, kemudian diaduk hingga homogen (Nurbailis dan Martinius 2011). Inokulasi *Fusarium* spp. dilakukan 14 hari setelah tanam dengan cara membuat 4 lubang sedalam 5 cm di sekeliling bibit kelapa sawit berjarak 2 cm dari pangkal batang (Nurbailis dan Martinius 2011). Sebanyak 10 g biakan *Fusarium* spp. (10⁶ propagul g⁻¹) diinokulasikan pada setiap bibit (Rusli 2012).

Gejala penyakit dan pertumbuhan bibit kelapa sawit diamati pada minggu ke-18 setelah inokulasi, yaitu persentase panjang akar yang menunjukkan gejala nekrosis. Tingkat penghambatan relatif agens hayati terhadap *Fusarium* spp. dihitung dengan rumus:

$$HR = \frac{\%Nk - \%Np}{\%Nk} \times 100\%, \text{ dengan}$$

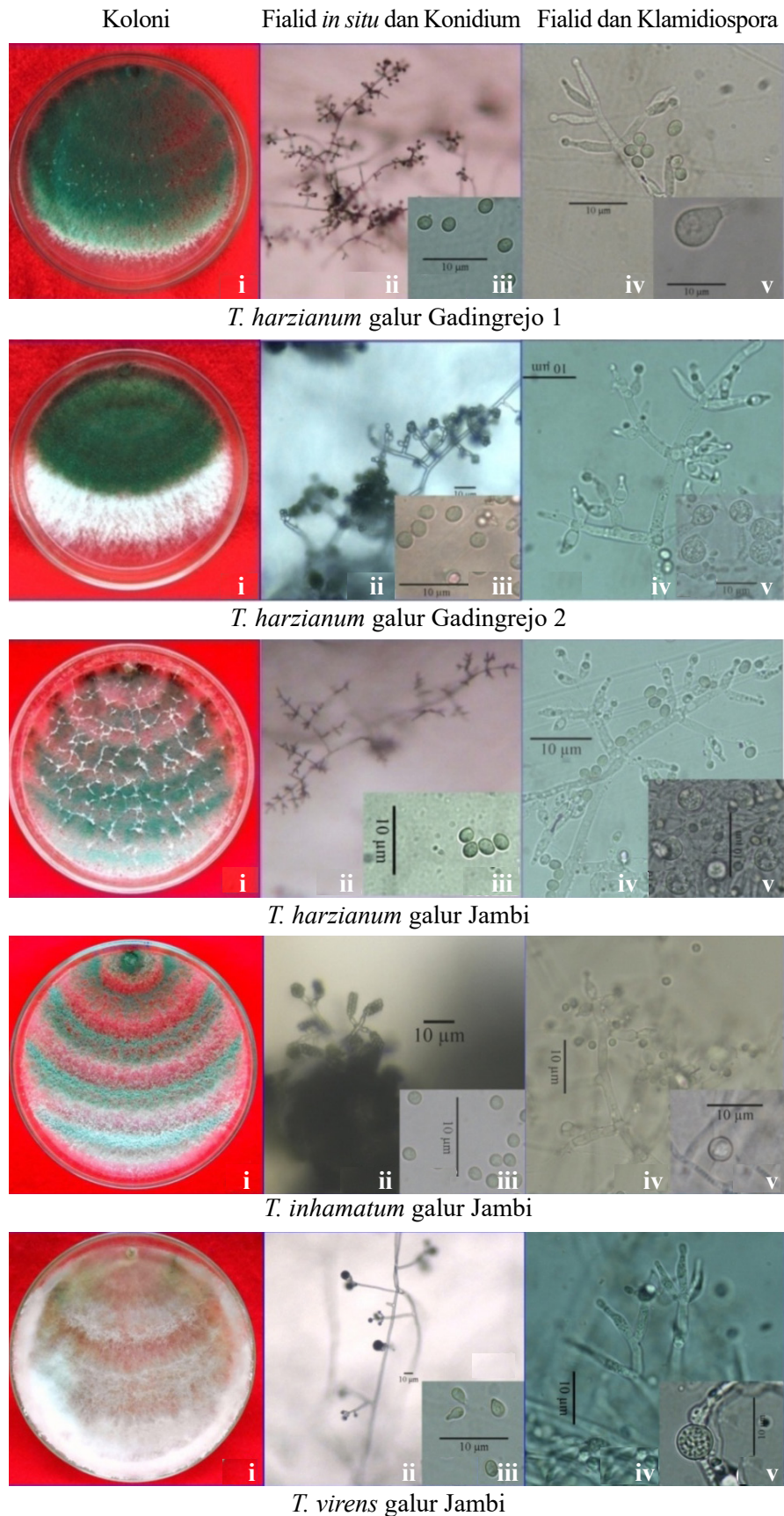
HR, tingkat penghambatan relatif (%); Nk, persentase panjang akar yang nekrosis pada tanaman kontrol positif (tanpa agens hayati); Np, persentase panjang akar yang nekrosis pada tanaman yang diberi agens hayati. Pertumbuhan bibit kelapa sawit yang diamati ialah tinggi tajuk, jumlah daun, panjang akar, dan bobot kering tanaman.

Analisis Data

Data dianalisis menggunakan piranti lunak SAS 9.3.1 dengan analisis sidik ragam. Perlakuan yang berbeda nyata dianalisis lanjut menggunakan Uji DMRT pada α 5%.

HASIL

Sebanyak 5 galur agens hayati diidentifikasi sebagai *Trichoderma harzianum*, *T. inhamatum*, dan *T. virens* (Gambar 1) dan 2 galur lainnya sebagai *Gliocladium fimbriatum* (Gambar 2) dengan morfologi koloni, konidium, dan klamidiospora yang khas (Tabel 2). Pembeda genus *Trichoderma* dan *Gliocladium* didasarkan pada tipe/bentuk fialidnya. Tipe fialid *Trichoderma* menyerupai fialid *Verticillium* (*verticillate*), sedangkan tipe fialid *Gliocladium* menyerupai fialid *Penicillium* (*penicillate*). *T. inhamatum* memiliki susunan fialid yang lebih rapat (3-6 fialid) dan lebih pendek dibandingkan dengan *T. harzianum*. Perbedaan mendasar

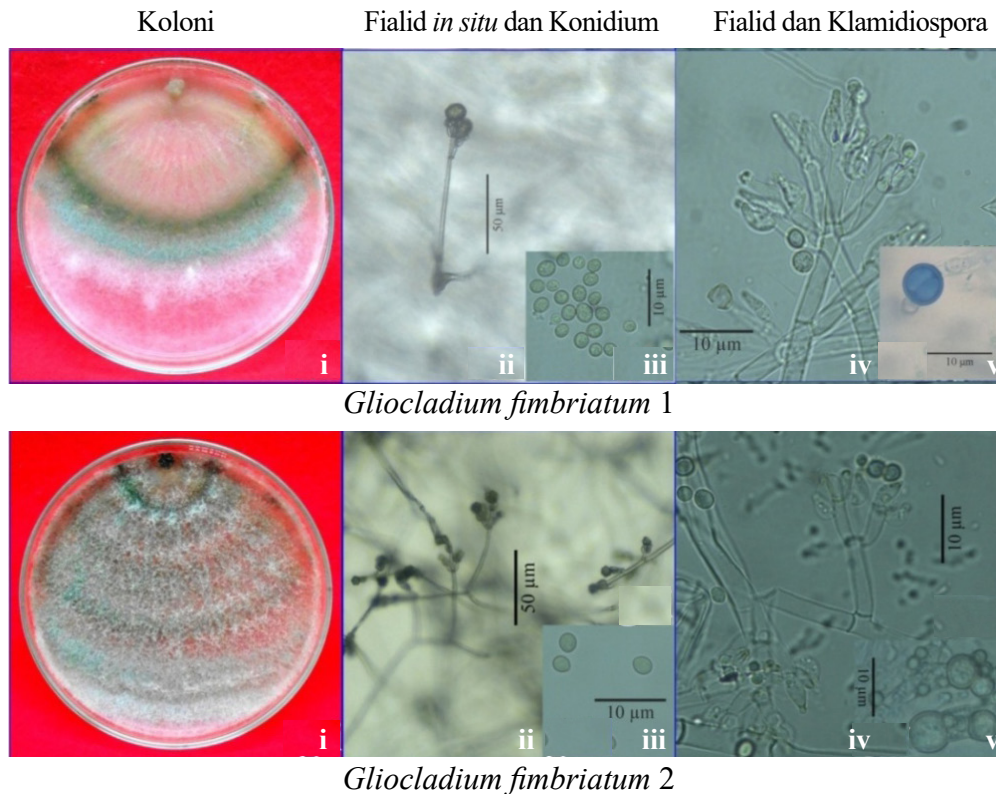


Gambar 1 Morfologi koloni *Trichoderma* spp. pada medium agar-agar dekstrosa kentang pada suhu 27 °C. i, Koloni umur 7 hari; ii, Fialid *in situ* (20×10); iii, Konidium (100×10); iv, Fialid (100×10); v, Klamidiospora (100×10).

Tabel 2 Karakter morfologi galur agens hayati dan hasil identifikasinya

Karakter	Galur agens hayati						
	AH1	AH2	AH3	AH4	AH5	AB6	AB7
Koloni							
Warna koloni	Hijau gelap	Hijau gelap	Hijau gelap dan putih	Hijau keabuan	Putih kehijauan	Hijau kekuningan	Keabu-abuan
Warna medium	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Tidak berwarna	Kekuningan	Kuning kehijauan	Kekuningan	-
Tipe koloni	Datar	Datar	Datar	Aerial	Aerial	Aerial	Aerial
Diameter koloni* (mm)	14.3	16.5	15.6	21.8	21.7	22.1	20.8
Aroma	Kelapa	Tidak beraroma	Tidak beraroma	Kelapa	Kelapa	-	-
Konidium							
Bentuk	Bulat – agak bulat	Bulat – agak bulat	Bulat – agak bulat	Bulat	Bulat telur	Agak bulat – bulat telur	Bulat – agak bulat
Ukuran (µm)	3.5 × 2.4	3.8 × 2.6	3.5 × 2.5	3.1 × 2.3	3.7 × 2.8	4.1 × 2.9	4.2 × 2.8
Fialid							
Bentuk	<i>Legeniforme</i>	<i>Legeniforme</i>	<i>Ampuliforme–Legeniforme</i>	<i>Ampuliforme</i>	<i>Legeniforme</i>	<i>Legeniforme</i>	<i>Ampuliforme</i>
Ukuran (µm)	6.0 × 2.2	6.0 × 2.2	6.0 × 2.2	4.1 × 1.9	8.6 × 2.5	7.4 × 2.7	6.1 × 2.2
Tipe	<i>Terpusar</i>	<i>Terpusar</i>	<i>Terpusar – Menguas</i>	<i>Terpusar</i>	<i>Terpusar – Menguas</i>	<i>Menguas</i>	<i>Menguas</i>
Klamidospora							
Bentuk	Bulat – agak bulat	Mengavokad	Bulat	Bulat – agak bulat	Bulat	Bulat	Bulat
Diameter (µm)	3.7 – 4.3	9.6 – 5.5	5.6 – 6.4	4.0 – 4.7	5.6 – 6.4	5.7 – 6.3	5.5 – 6.6
Posisi	<i>Intercalar - terminal</i>	<i>Terminal</i>	<i>Intercalar–intercalar</i>	<i>Terminal</i>	<i>Intercalar</i>	<i>Intercalar</i>	<i>Intercalar</i>
Spesies	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma harzianum</i>	<i>Trichoderma inhamatum</i>	<i>Trichoderma virens</i>	<i>Gliocladium fimbriatum</i>	<i>Gliocladium fimbriatum</i>
Galur	Jambi	Gadingrejo 1	Gadingrejo 2	Jambi	Jambi	1	2

*Diameter koloni diukur 2 hari setelah inkubasi



Gambar 2 Morfologi koloni *Gliocladium fimbriatum* pada medium agar-agar dekstrosa kentang. i, Koloni umur 7 hari; ii, Fialid *in situ* (20×10); iii, Konidium (100×10); iv, Fialid (100×10); v, Klamidiospora (100×10).

T. inhamatum dengan *T. hamatum* ialah *T. inhamatum* tidak membentuk konidiofor steril pada ujung hifa udara, sedangkan pada *T. hamatum* konidiofornya steril.

Hasil uji *in vitro* menunjukkan bahwa 7 galur agens hayati dapat menghambat pertumbuhan 3 galur *Fusarium* spp., baik pada uji biakan ganda maupun pada uji pembentukan senyawa volatil (Tabel 3). Pada uji biakan ganda, penghambatan paling tinggi ditunjukkan oleh *G. fimbriatum* 1 dan *G. fimbriatum* 2. Pada uji pembentukan senyawa volatil, penghambatan paling tinggi oleh *T. harzianum* Gadingrejo 2.

Aplikasi agens hayati dapat menghambat perkembangan nekrosis akar dan nekrosis bonggol kelapa sawit. Tingkat hambatan relatifnya lebih tinggi terhadap *Fusarium* spp. asal Papua dibandingkan dengan Cikabayan A dan Cikabayan B (Tabel 4). *T. harzianum* galur Jambi dan *T. virens* galur Jambi menunjukkan penghambatan yang nyata berbeda dengan agens hayati lainnya, tingkat hambatannya mencapai lebih dari 90%. Selanjutnya

penghambatan infeksi *F. oxysporum* galur Cikabayan A nyata ditunjukkan oleh *T. virens* Jambi dan *T. harzianum* Gadingrejo 1, hambatannya sampai lebih dari 50%. Demikian juga infeksi *F. oxysporum* Cikabayan B berbeda nyata pada perlakuan *T. harzianum* Jambi, *T. Virens* Jambi, *T. harzianum* Gadingrejo 1, dan *G. fimbriatum* 2. Secara konsisten *T. virens* menunjukkan penghambatan infeksi nyata pada ketiga galur *F. oxysporum*.

Perlakuan agens hayati pada bibit sawit sampai minggu ke-18 setelah tanam belum terlihat berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tinggi tajuk, panjang akar, dan bobot kering tanaman kelapa sawit (Tabel 5).

PEMBAHASAN

Secara keseluruhan, penghambatan agens hayati pada uji pembentukan senyawa volatil relatif lebih rendah dibandingkan dengan penghambatan pada uji biakan ganda. Beberapa galur agens hayati menunjukkan daya penghambatan tinggi terhadap satu galur

Tabel 3 Penghambatan *Fusarium* spp. oleh agens hayati *Gliocadium fimbriatum* dan *Trichoderma* spp. pada uji *in vitro*

Agens hayati	Penghambatan koloni <i>Fusarium</i> spp. (%)					
	Biakan ganda			Senyawa volatil		
	Galur Papua	Galur Cikabayan A	Galur Cikabayan B	Galur Papua	Galur Cikabayan A	Galur Cikabayan B
<i>G. fimbriatum</i> 1	69.36 a	70.35 ab	75.97 a	3.19 d	15.27 a	21.07 b
<i>G. fimbriatum</i> 2	67.70 a	70.41 ab	78.51 a	7.41 c	7.84 c	17.12 c
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 1	51.23 c ⁺	66.18 bc ⁺	68.82 b ⁺	7.46 c	9.83 bc	8.69 d
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 2	49.85 c	67.43 bc	78.51 a	40.57 a	12.27 ab	39.83 a
<i>T. harzianum</i> Jambi	57.08 b ⁺	72.06 a ⁺	77.36 a ⁺	41.76 a	9.03 bc	6.66 d
<i>T. inhamatum</i> Jambi	43.73 d	64.60 c	67.43 b	7.24 c	12.98 ab	19.55 bc
<i>T. virens</i> Jambi	56.81 b	63.47 c	74.89 a	12.56 b	15.48 a	17.16 c

Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT α 5%; + terbentuk zona bening.

Tabel 4 Tingkat hambatan relatif agens hayati terhadap *Fusarium* spp. secara *in planta* pada 18 minggu setelah perlakuan

Agens hayati	Tingkat hambatan relatif <i>Fusarium</i> spp (%)		
	Galur Papua	Galur Cikabayan A	Galur Cikabayan B
<i>G. fimbriatum</i> 1	72.73 b	39.30 c	41.66 ab
<i>G. fimbriatum</i> 2	66.36 b	50.00 bc	12.48 c
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 1	59.74 b	62.50 ab	56.24 a
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 2	89.53 ab	25.00 cd	17.04 c
<i>T. harzianum</i> Jambi	90.91 a	77.50 a	19.72 bc
<i>T. inhamatum</i> Jambi	75.89 b	14.80 d	41.66 ab
<i>T. virens</i> Jambi	90.91 a	64.30 a	56.24 a

Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT α 5%.

Tabel 5 Aplikasi agens hayati terhadap pertumbuhan tanaman kelapa sawit pada 18 minggu setelah perlakuan

Agens hayati	Tinggi tajuk (cm)	Panjang akar (cm)	Jumlah daun	Bobot kering (g)
Kontrol	42.52 a	28.52 a	7.27 b	9.22 a
<i>G. fimbriatum</i> 1	51.18 a	31.96 a	8.13 a	11.30 a
<i>G. fimbriatum</i> 2	47.94 a	30.50 a	7.87 ab	9.77 a
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 2	49.76 a	28.31 a	8.40 a	11.61 a
<i>T. harzianum</i> Gadingrejo 1	43.07 a	32.63 a	8.22 a	10.49 a
<i>T. harzianum</i> Jambi	45.78 a	31.69 a	8.15 a	10.67 a
<i>T. inhamatum</i> Jambi	42.04 a	33.22 a	7.87 ab	9.55 a
<i>T. virens</i> Jambi	46.50 a	32.02 a	7.87 ab	9.93 a

Angka pada kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji DMRT α 5%.

patogen, tetapi tidak terhadap galur lainnya. Dennis dan Webster (1971a) mengungkapkan bahwa agens hayati dalam satu galur atau galur yang sama dapat memiliki kemampuan antagonis yang berbeda terhadap patogen yang sama. Hal tersebut dipengaruhi oleh mekanisme dan senyawa metabolit yang disekresikan serta bergantung pada jenis patogen targetnya. Selanjutnya Dennis dan Webster (1971b) juga menyatakan tidak semua galur dapat membentuk senyawa antibiotik volatil. Galur yang berbeda kemungkinan dapat menghasilkan senyawa kompleks dengan proporsi yang berbeda atau senyawa yang sama sekali berbeda sehingga pengaruhnya pada setiap patogen akan berbeda. Lebih lanjut Howell (2000) mengungkapkan bahwa tidak semua mekanisme digunakan oleh satu organisme untuk menunjukkan kemampuan pengendalian yang optimum.

Pada percobaan *in planta*, 7 galur agens hayati efektif menghambat infeksi *Fusarium* spp. pada bibit kelapa sawit. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian Ommati *et al.* (2013) bahwa aplikasi *T. virens* dengan metode preventif dapat menurunkan kejadian penyakit layu tomat yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* dan dapat meningkatkan produksi tomat dibandingkan dengan kontrol. Agens hayati dari genus *Trichoderma* banyak dilaporkan efektif, secara *in vitro* maupun *in planta*, mengendalikan berbagai macam patogen, terutama patogen tular tanah.

Mekanisme *Trichoderma* dan *Gliocladium* di dalam tanah lebih kompleks dibandingkan dengan mekanisme *in vitro*. *Trichoderma* dapat berkompetisi nutrisi, ruang, dan juga eksudat akar. Eksudat ini dapat berperan dalam menstimulasi perkecambahan propagul patogen dalam tanah; mendegradasi enzim pektinase dan enzim lain yang bersifat esensial bagi patogen untuk melakukan penetrasi; dan juga menginduksi ketahanan tanaman terhadap patogen (Chen *et al.* 2016). Selain mekanisme, waktu aplikasi memengaruhi keefektifan agens hayati. Aplikasi *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. sebelum tanam dengan metode preventif memberikan kesempatan pada *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp.

untuk mengkolonisasi akar dan rizosfer terlebih dahulu. Dengan demikian, ketika patogen dimasukkan ke dalam tanah, patogen tersebut tidak dapat berkembang dengan baik dan tidak dapat menginfeksi tanaman. Harman *et al.* (2004) melaporkan bahwa akar tanaman yang dikolonisasi oleh *Trichoderma* spp. dan *Gliocladium* spp. dapat melindungi tanaman dari patogen, terutama patogen tular tanah.

Keefektifan agens hayati juga berkaitan dengan jenis atau galur patogen. Jenis patogen berkaitan dengan mekanisme agens hayati dalam mengendalikan patogen tersebut. *T. harzianum* efektif menghambat *F. oxysporum* f. sp. *lycopersici* *in vitro* dan *in planta* (Sundaramoorthy dan Balabaskar 2013); *T. virens* dapat menghambat *F. oxysporum* f. sp. *adzuki*, dan *Pythium arrhenomanes*, serta meningkatkan pertumbuhan dan kesuburan tanaman kedelai (John *et al.* 2010).

Aplikasi agens hayati tidak berpengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman. Hal tersebut disebabkan pengaruh aplikasi *Trichoderma* dan *Gliocladium* terhadap pertumbuhan tanaman perkebunan membutuhkan waktu yang lama dibandingkan dengan tanaman semusim. Dennis dan Webster (1971b) mengungkapkan bahwa tidak semua mekanisme agens hayati digunakan dalam berinteraksi dengan patogen dan tanaman. Berdasarkan hal tersebut, 7 galur agens hayati belum atau tidak berpengaruh terhadap pertumbuhan tanaman karena waktu pengamatan terakhir dilakukan pada 18 minggu setelah tanam. Walaupun demikian, aplikasi 7 agens hayati terbukti efektif menghambat infeksi *Fusarium* spp. *in planta*. *T. virens* Jambi merupakan agens hayati yang paling efektif dalam menghambat 3 galur *Fusarium* spp.

Keefektifan *Trichoderma* dan *Gliocladium* dalam mengendalikan *Fusarium* spp. perlu diteliti lebih lanjut untuk mendapatkan waktu aplikasi yang efektif dan efisien dalam mengendalikan *Fusarium* spp.

DAFTAR PUSTAKA

Chen SC, Zhao HJ, Wang ZH, Zheng CX, Zhao PY, Guan ZH, Qin HY, Liu AR,

- Li XM, Ahmed GJ. 2016. *Trichoderma harzianum* induced resistance against *Fusarium oxysporum* involves regulation of nuclear DNA content, cell viability and cell cycle-related genes expression in cucumber roots. *Eur J Plant Pathol.* 147(1):43–53. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10658-016-0978-7>.
- Dennis C, Webster J. 1971a. Antagonistic properties of species-groups of *Trichoderma* : I. Production of non-volatile antibiotics. *Trans Br Mycol Soc.* 57(1):25–39. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80077-3](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80077-3).
- Dennis C, Webster J. 1971b. Antagonistic properties of species-group of *Trichoderma*: II. Production of volatile antibiotics. *Trans Br Mycol Soc.* 57(1):41–48. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0007-1536\(71\)80078-5](https://doi.org/10.1016/S0007-1536(71)80078-5).
- Hafizi R, Salleh B, Latiffah Z. 2013. Morphological and molecular characterization of *Fusarium solani* and *F. oxysporum* associated with crown disease of oil palm. *Braz J Microbiol.* 4(3):959–968. DOI: <https://doi.org/10.1590/S1517-83822013000300047>
- Harman GE, Howell CR, Chet I, Lorito M. 2004. *Trichoderma* species-opportunistic avirulent plant symbionts. *Nat Rev Microbiol.* 2(1):43–56. DOI: <https://doi.org/10.1038/nrmicro797>.
- Howell. 2000. Mechanisms employed by *Trichoderma* species in the biological control of plant diseases: the history and evolution of current concepts. *Plant Dis.* 87(1):4–10.
- John RP, Tyagi RD, Proveost D, Brar SK, Pouleur S, Surampalli RY. 2010. Mycoparasitic *Trichoderma viride* as a biocontrol against *Fusarium oxysporum* f. sp. *adzuki* and *Pythium arrhenomanes* and as a growth promotor in soybean. *Crop Protection.* 29:1452–1459. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cropro.2010.08.004>.
- Kubicek CP, Harman GE. 2000. *Trichoderma & Gliocladium Vol 1: Basic Biology, Taxonomy and Genetics.* New York (US): Taylor & Francis.
- Nurbailis, Martinius. 2011. Pemanfaatan bahan organik sebagai pembawa untuk peningkatan kepadatan populasi *Trichoderma viride* pada rizosfer pisang dan pengaruhnya terhadap penyakit layu Fusarium. *JHPT Tropika.* 11(2):177–184.
- Ommati F, Zaker M, Mohammadi A. 2013. Biological control of *Fusarium* wilt of potato (*Fusarium oxysporum* f. sp. *tuberosi*) by *Trichoderma* isolates under field condition and their effect on yield. *J Crop Protec.* 2(4):435–442.
- Rusli M. 2012. Detection, control and resistance expression in oil palm (*Elaeis guineensis*) caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *elaeidis* [disertasi]. Somerset (UK): University of Bath.
- Shobah K. 2014. Keanekaragaman cendawan pada rizosfer kelapa sawit dan palem liar [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sibarani LB. 2008. Peran agens antagonis dan teknik budi daya dalam pengendalian terpadu penyakit layu Fusarium pada pisang [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Simatupang GW. 2014. Eksplorasi dan uji patogenesitas *Fusarium* spp. asal rizosfer kelapa sawit di kebun percobaan Cikabayan, Bogor, Jawa Barat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sundaramoorthy S, Balabaskar P. 2013. Biocontrol efficacy of *Trichoderma* spp. against wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f. sp. *lycopersici*. *J Appl Biol Biotech.* 1(3):36–40. DOI: 10.7324/JABB.2013.1306
- Susanto A. 2002. Kajian pengendalian biokontrol *Ganoderma boninense* patogen penyebab penyakit busuk pangkal batang kelapa sawit [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Suwandi, Akino S, Kondo N. 2012. Common spear rot of oil palm in Indonesia. *Plant Dis.* 96:537–543. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-08-10-0569>.
- Watanabe T. 2002. *Pictorial Atlas Soil and Seed Fungi: Morphologies of Cultured Fungi and Key to Species.* 2nd ed. Florida (US). CRC Press. DOI: <https://doi.org/10.1201/9781420040821>.