

KAJIAN MEKANISME ANTAGONIS *PSEUDOMONAS FLUORESCENS* P60 TERHADAP *FUSARIUM OXYSPORUM* F.SP. *LYCOPERSICI* PADA TANAMAN TOMAT *IN VIVO*

Loekas Soesanto¹, Endang Mugiastuti¹ & Ruth Feti Rahayuniati¹

ABSTRACT

Antagonistic mechanisms study of Pseudomonas fluorescens P60 on Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici of tomato in vivo. This research was conducted to evaluate the effect of *P. fluorescens* P60 in controlling Fusarium wilt on tomato and its inhibition mechanisms. Randomized Block Design was used with four replicates and each consisted of 12 crops. The treatments tested were combination between supernatant or suspension of *P. fluorescens* P60 and application time, *i.e.*, 5 days before planting, in the same time with planting, and 5 days after planting. Variables observed were phenolic compound (tannin, saponin, and glycoside), disease intensity, infection rate, late pathogen and antagonist population density, crop height, stem diameter, fresh and dry weight of roots, and fresh weight of fruit. The result showed that the application of *P. fluorescens* P60 either in supernatant or suspension form, could increase phenolic compound in the crop tissue, decrease the Fusarium wilt intensity on tomato as 66.00-77.88%, suppress infection rate as 73.18-79.09%, decrease late *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* density as 35.71%, increase the antagonist as 10 fold, increase crop height as 26.50%, improve root dry weight as 55.69%, and increase fruit weight crop¹ as 59.79%. Mechanisms of the antagonist *P. fluorescens* P60 in order to control the disease in the field were induced resistance, antibiosis, and plant growth promoting rhizobacteria.

Key words: *Pseudomonas fluorescens* P60, Fusarium wilt, tomato, inhibition mechanisms

PENDAHULUAN

Fusarium oxysporum f.sp. *lycopersici* merupakan salah satu jamur patogen penting penyebab penyakit layu Fusarium pada tanaman tomat (Semangun, 2000). Jamur dapat menyebabkan kerugian besar, terutama pada varietas tomat rentan dan pada kondisi lingkungan sesuai (Holliday, 1980; Agrios, 2005). Pengendalian yang telah dilakukan, baik dengan fungisida kimia sintetis maupun varietas tahan belum memberikan hasil yang memuaskan. Bahkan penggunaan fungisida sintetis dapat menyebabkan dampak negatif (Untung, 1996; Gamliel *et al.*, 1997). Kultivar tomat tahan terhadap *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* belum tersedia saat ini. Pengendalian penyakit karena *Fusarium* dapat dilakukan dengan menambahkan antagonis dan bahan organik ke dalam tanah (Rustati *et al.*, 2004). Pengendalian menggunakan agensia hayati merupakan pilihan yang perlu dikembangkan, sebab relatif murah dan mudah dilakukan, serta bersifat ramah lingkungan.

Pseudomonas kelompok *fluorescens* merupakan bakteri antagonis yang banyak dimanfaatkan sebagai agensia hayati baik untuk jamur maupun bakteri patogen

tanaman. *Pseudomonas fluorescens* P60 merupakan salah satu strain bakteri antagonis yang telah menunjukkan kemampuannya di dalam mengendalikan beberapa patogen tanaman, khususnya patogen tular-tanah, baik *in vitro*, *in planta*, maupun *in vivo*. *P. fluorescens* P60 mempunyai sifat “Plant Growth Promoting Rhizobacteria” (PGPR) (Soesanto, 2008), menghasilkan antibiotika 2,4-diasetilfloroglusinol (Phl atau DAPG) (Raaijmakers & Weller, 1998; Soesanto, 2000) dan siderofor (Alabouvette *et al.*, 1996), mampu mengkoloni akar tanaman (Soesanto, 2000), serta mengimbas ketahanan tanaman (Azizah, 2009; Soesanto & Rahayuniati, 2009).

Antagonis *P. fluorescens* P60 mampu menghambat pembentukan mikrosklerotium baru *Verticillium dahlia* pada tanaman uji *Arabidopsis thaliana* dan terung (Soesanto, 2000; Soesanto, 2001). Selain itu, bakteri ini juga mampu menekan perkecambahan sklerotium jamur *Sclerotium rolfsii* Sac. *in vitro* sebesar 92%, mampu menekan intensitas penyakit sebesar 92%, dan menurunkan populasi sklerotium akhir sebesar 86,3% (Soesanto *et al.*, 2003). Agensia hayati tersebut sudah pernah digunakan untuk mengendalikan penyakit moler pada tanaman bawang

¹ Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman,

Jl. Dr. Soeparno Karang Wangkal Purwokerto 53123 Purwokerto. E-mail: lukassus26@gmail.com

merah (Santoso *et al.*, 2007), *S. rolfsii* pada kacang tanah (Soesanto, 2004), *F. oxysporum* f.sp. *capsici* pada cabai merah (Maqqon *et al.*, 2006), *F. oxysporum* pada bawang merah (Santoso *et al.*, 2007), *F. oxysporum* f.sp. *gladioli* pada tanaman gladiol (Soesanto *et al.*, 2008), dan *F. oxysporum* f.sp. *cubense* pada bibit tanaman pisang (Azizah, 2009; Soesanto & Rahayuniati, 2009).

Bakteri *P. fluorescens* P60 merupakan salah satu bakteri antagonis berpotensi untuk dikembangkan sebagai agensia pengendali hayati berbagai patogen tular-tanah (Soesanto, 2000), sehingga perlu dilakukan penelitian di lapangan. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh aplikasi *P. fluorescens* P60 dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium dan macam mekanisme penghambatan *P. fluorescens* P60 dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium pada tomat.

METODE PENELITIAN

Penelitian *in vivo* dilaksanakan di lahan percobaan D3 Agribisnis, Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto, pada ketinggian 110 m di atas permukaan laut. Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Oktober 2009 sampai Januari 2010.

Perbanyakan dan inokulasi jamur patogen.

Perbanyakan isolat patogen dilakukan dengan medium PDA. Biakan murni *F. oxysporum* pada PDA dipindah secara aseptis ke dalam *potato dextrose liquid* (PDL) dalam tabung Erlenmeyer, dan digojog (*Daiki orbital shaker*) dengan kecepatan 150 rpm selama 6 hari pada suhu ruang. Selanjutnya, dihitung kerapatannya sebelum digunakan, dan ditemukan $1,35 \times 10^7$ konidium ml^{-1} larutan. Pemberian *F. oxysporum* dilakukan bersamaan waktu tanam dengan menyiramkan suspensi atau supernatan antagonis sebanyak 20 ml per lubang sesuai dengan perlakuan.

Penyiapan suspensi dan supernatan antagonis.

Suspensi antagonis *P. fluorescens* P60 dibuat dalam medium King's B cair, digojog (*Daiki Orbital Shaker*) selama 3 hari dengan kecepatan 150 rpm pada suhu ruang. Selanjutnya, antagonis dihitung kerapatannya sebelum digunakan, yaitu sebanyak 1×10^9 konidium ml^{-1} larutan. Supernatan dibuat dengan cara suspensi antagonis disentrifus (*Sigma*) pada kecepatan 3000 rpm selama 20 menit. Supernatan yang terbentuk diambil, dipisahkan dari peletnya, dan siap digunakan.

Pembibitan tomat. Benih tomat varietas Ratna dibibitkan dengan menebar benih tomat pada bak plastik yang sudah diberi tanah dan dilembabkan. Setelah berkecambah, bibit dipindah ke medium tanah dalam polibag ukuran 100 g sampai berumur 3 minggu dan siap digunakan.

Penyiapan lahan tanam. Lahan diolah dengan dicampur pupuk kandang (2 ton ha^{-1}), dan dibuat bedengan dengan tinggi 30 cm, lebar 80 cm, dan panjang 24 m. Jarak antar-bedengan 60 cm. Lahan dibersihkan dari gulma secara manual.

Perlakuan yang diberikan. Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK). Perlakuan yang dicoba yaitu supernatan *P. fluorescens* P60 (P1) dan suspensi *P. fluorescens* P60 (P2). Perlakuan waktu aplikasi *P. fluorescens* P60 (W) sebanyak 10 ml per tanaman, yaitu 5 hari sebelum tanam (W0), pada saat tanam (W1), dan 5 hari setelah tanam (W2). Kombinasi perlakuan diulang sebanyak 4 kali dan tiap perlakuan terdiri atas 12 tanaman.

Penanaman dan pemeliharaan. Bibit yang berumur 3 minggu setelah semai dipindah ke lahan, dan bibit ditanam sedalam 5 cm pada lubang tanam yang sebelumnya telah dibuat, dengan jarak tanaman 50×50 cm. Penyiraman dan penyiangan gulma dilakukan sesuai kebutuhan. Pemupukan menggunakan pupuk KCL, TSP, dan ZA sesuai dosis anjuran.

Pengamatan

Analisis jaringan tanaman. Analisis jaringan tanaman diamati secara kualitatif dengan melakukan uji kandungan senyawa fenol (glikosida, saponin, dan tannin) secara sederhana. Uji dilakukan berdasarkan Chairul (2003) yang dimodifikasi.

Komponen patosistem. Variabel utama yang diamati adalah intensitas penyakit menggunakan rumus berikut (Sudantha *et al.*, 1993) :

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%$$

Keterangan: IP = Intensitas penyakit (%), n = Jumlah daun bergejala dalam setiap kategori, v = Nilai kategori serangan, Z = Nilai kategori serangan tertinggi, dan N = Jumlah daun yang diamati, dengan kategori 0 = Tidak

ada gejala, 1 = Gejala daun menguning 0-20%, 2 = Gejala daun menguning 21-40%, 3 = Gejala daun menguning 41-60%, 4 = Gejala daun menguning 61-80%, dan 5 = Gejala daun menguning >80%.

Laju infeksi dihitung berdasarkan rumus van der Plank (1963), yaitu:

$$r = 2,3/t (\log 1/(1-X_t) - \log 1/(1-X_0))$$

Keterangan: r = laju infeksi, X_0 = proporsi penyakit awal, X_t = proporsi penyakit pada waktu t, dan t = waktu pengamatan.

Jumlah akhir patogen dan antagonis dihitung dengan mengambil 10 g tanah rizosfer, dimasukkan ke dalam erlenmeyer berisi 90 ml air kemudian dikocok hingga homogen. Suspensi kemudian diambil 1 tetes ditumbuhkan pada cawan Petri berisi medium PDA padat selama 3 hari untuk jamur patogen, sedangkan untuk antagonis pada medium King's B dan diinkubasi selama 24 jam.

Komponen pertumbuhan dan hasil. Diameter batang diukur pada batang tanaman 5 cm dari permukaan tanah dengan menggunakan jangka sorong. Tinggi tanaman diukur pada saat pindah tanam dan akhir pengamatan. Bobot basah dan bobot kering akar diperoleh dengan menimbang akar per tanaman, baik sebelum atau sesudah dikeringkan dengan oven pada suhu 35°C selama 24 jam; dan bobot buah dilakukan dengan menimbang buah per tanaman pada akhir pengamatan.

Variabel pendukung. Variabel pendukung yang diukur adalah suhu tanah yang diukur dengan termometer tanah, sedangkan kelembaban dan pH tanah diukur dengan *soil tester*.

Analisis Data

Data dianalisis dengan uji F untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang dicoba. Apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan uji DMRT pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Analisis Kandungan Senyawa Fenol. Berdasarkan hasil analisis jaringan tanaman tomat secara kualitatif (Chairul, 2003), tampak bahwa pemberian perlakuan bakteri antagonis *P. fluorescens* P60 mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol di dalam jaringan tanaman (Tabel 1).

Peningkatan kandungan senyawa fenol (glikosida, saponin, dan tannin) pada tanaman diduga karena pemberian bakteri antagonis. Bakteri antagonis *P. fluorescens* P60 mampu mengimbas ketahanan tanaman terhadap mikroba patogen. Hal ini selaras dengan penelitian Azizah (2009), bahwa bibit tanaman pisang yang diperlakukan dengan ekstrak bakteri *P. fluorescens* P60 dan *P. fluorescens* P32 menunjukkan lebih tahan terhadap penyakit layu Fusarium.

Ketahanan kimiawi ditunjukkan dengan terbentuknya senyawa kimia yang mampu mencegah pertumbuhan dan perkembangan patogen. Senyawa yang dimaksud dapat berupa metabolit sekunder,

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap kandungan senyawa fenol

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
K	+	+	+
P1W0	+++	++	+++
P2W0	+++	+++	+++
P1W1	+++	+++	++
P2W1	+++	++	++
P1W2	+++	+++	++
P2W2	++	+++	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.
K = kontrol, P1 = supernatan *P. fluorescens* P60, P2 = suspensi *P. fluorescens* P60,
W0 = 5 hari sebelum tanam, W1 = saat tanam, dan W2 = 5 hari sesudah tanam.

diantaranya senyawa alkaloida, fenol, flavonoida, glikosida, fitoaleksin, dan sebagainya (Hammerschmidt & Dann, 2000; Chairul, 2000 dalam Chairul, 2003; Vallad & Goodman, 2004). Lebih lanjut dikatakan bahwa senyawa metabolit sekunder tersebut bersifat toksin dan menghambat pertumbuhan patogen, yang dapat mengimbas ketahanan tanaman. Mekanisme ini tidak menghambat pertumbuhan tanaman, tetapi dapat meningkatkan produksi dan ketahanan terhadap stres lingkungan pada beberapa tanaman (Vallad & Goodman, 2004).

Pengaruh Perlakuan terhadap Komponen Patosistem. Hasil analisis intensitas penyakit layu Fusarium, laju infeksi, jumlah akhir patogen, dan jumlah akhir antagonis disajikan pada Tabel 2.

Intensitas penyakit. Hasil analisis data menunjukkan bahwa antara perlakuan dan kontrol berbeda nyata tetapi antar-perlakuan tidak berbeda nyata (Tabel 2). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan dengan supernatan maupun suspensi antagonis dapat menekan intensitas penyakit. Penekanan penyakit dimungkinkan karena *P. fluorescens* P60 mampu hidup di dalam tanah dan mengkoloni permukaan akar, sehingga melindungi akar dari serangan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici*. Hal ini sesuai penelitian Soesanto (2000) dan didukung oleh Widodo (1993), bahwa patogen sukar melakukan penetrasi apabila sistem perakaran terdominasi oleh antagonis.

Intensitas penyakit pada K (kontrol) sebesar 43,09%, sedangkan pada P1W1 (supernatan, saat tanam) dan P2W1 (suspensi, 5 hari setelah tanam), yaitu masing-masing sebesar 9,53 dan 14,65%, atau terjadi penurunan intensitas penyakit sebesar 66,00-77,83%. Kondisi ini sesuai hasil penelitian Santoso *et al.* (2007), bahwa *P. fluorescens* P60 mampu menekan intensitas penyakit moler pada tanaman bawang merah, yang disebabkan oleh *F. oxysporum* f.sp. *allii*, sebesar 41,08%. Bahkan, *P. fluorescens* P60 merupakan antagonis yang paling efektif dalam mengendalikan *F. oxysporum* f.sp. *capsici* (Maqqon *et al.*, 2006) dan *F. oxysporum* f.sp. *lycopersici* (Hastopo *et al.*, 2008).

Menurut Soesanto *et al.* (2008), perlakuan gabungan antara *Trichoderma harzianum*, *Gliocladium* sp., dan *P. fluorescens* P60 memberikan pengaruh positif dalam menekan penyakit layu Fusarium pada tanaman gladiol hingga 53,98%. Selain itu, hasil pengujian *P. fluorescens* P60 *in planta* terhadap jamur *Verticilium dahliae* pada tanaman terung menunjukkan bahwa P60 mampu menekan secara nyata infeksi jamur baik yang menyerang batang maupun akar. *P. fluorescens* mampu mengendalikan penyakit layu *Verticilium*, menghambat pertumbuhan jamur dan pembentukan mikrosklerotiumnya. Gabungan antara *P. fluorescens* P60 dengan *Talaromyces flavus* lebih meningkatkan pengendalian *V. dahliae* yang jauh lebih baik dari penerapan secara tunggal (Soesanto & Termorshuizen, 2001; Soesanto & Termorshuizen, 2004).

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap rerata masa inkubasi, intensitas penyakit layu Fusarium, laju infeksi, jumlah akhir patogen, dan jumlah akhir antagonis

Perlakuan	Intensitas penyakit (%)	Laju infeksi (unit hari ⁻¹)	Jumlah Akhir patogen (upk g ⁻¹)	Jumlah akhir antagonis (upk g ⁻¹)
K	43,09 a	0,220	1,4 x 10 ⁴	-
P1W0	10,38 b	0,006	8 x 10 ³	1,5 x 10 ¹⁰
P2W0	10,54 b	-0,036	9 x 10 ³	1,0 x 10 ¹⁰
P1W1	9,53 b	-0,029	1 x 10 ⁴	1,5 x 10 ¹⁰
P2W1	14,65 b	0,046	9 x 10 ³	1,4 x 10 ¹⁰
P1W2	11,00 b	0,036	9 x 10 ³	1,2 x 10 ¹⁰
P2W2	9,69 b	-0,059	9 x 10 ³	1,7 x 10 ¹⁰

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf 5%. K = kontrol, P1 = supernatan *P. fluorescens* P60, P2 = suspensi *P. fluorescens* P60, W0 = 5 hari sebelum tanam, W1 = saat tanam, dan W2 = 5 hari sesudah tanam.

Laju infeksi. Laju infeksi penyakit dapat diketahui dari perkembangan intensitas penyakit. Perlakuan bakteri antagonis baik supernatan maupun suspensi berpengaruh positif terhadap laju infeksi yaitu dapat menekan laju infeksi sebesar 73,18-79,09%. Hal ini diduga karena bakteri *P. fluorescens* P60 dapat berperan sebagai pesaing patogen, yang sesuai dengan hasil penelitian Soesanto (2000), bahwa strain *P. fluorescens* P60 menghasilkan antibiotika 2,4-diasetilfloroglusinol (PhI), yang dapat menghambat patogen layu *V. dahliae* pada tanaman kentang dan terung. Jamur patogen seperti *F. oxysporum* tidak menunjukkan kemampuan menghasilkan siderofor jenis yang sama dengan yang dihasilkan bakteri *Pseudomonas* spp. sehingga jamur patogen mengalami kahat unsur besi, yang menyebabkan pertumbuhan patogen terhambat (Kloepper *et al.*, 1980).

Kepadatan populasi akhir patogen dan antagonis. Dari hasil penghitungan diperoleh kepadatan akhir konidium *F. oxysporum* pada K sebesar $1,4 \times 10^4$ upk g^{-1} tanah, sedangkan pada P1W0 (supernatan, 5 hari sebelum tanam) dan P1W1 (supernatan, saat tanam) masing-masing sebesar 8×10^3 dan 1×10^4 upk g^{-1} tanah, atau terjadi penurunan sebesar 28,57-35,71%. Hal ini diduga bakteri *P. fluorescens* P60 dapat menghambat pertumbuhan patogen, terutama patogen tular-tanah dan mempunyai kemampuan mengkoloni akar tanaman. Selain itu, *P. fluorescens* P60 mempunyai tipe interaksi dengan patogen berupa pesaing hara, penghasil antibiotika, dan siderofor (Soesanto, 2008). Soesanto *et*

al. (2003) menambahkan, perlakuan *P. fluorescens* P60 konsentrasi 10^6 upk ml^{-1} mampu menurunkan jumlah sklerotium akhir dan intensitas penyakit busuk pangkal batang karena *S. rolfsii*, berturut-turut 48-86 dan 82-99%. Djatnika *et al.* (2003) melaporkan bahwa *P. fluorescens* dapat menekan layu Fusarium pada tanaman pisang dengan cara induksi ketahanan, antibiosis, serta memengaruhi tinggi tanaman (Maqqon *et al.*, 2006; Azizah, 2009).

Sementara itu, kepadatan populasi akhir antagonis tertinggi, yaitu sebesar $1,7 \times 10^{10}$ upk g^{-1} tanah terdapat pada perlakuan P2W2 (suspensi, 5 hari setelah tanam), yang meningkat dibanding kepadatan awal sebesar 1×10^9 upk ml^{-1} larutan. Tingginya populasi antagonis tersebut diduga karena beberapa sifat atau kemampuan antagonis dalam mendukung kehidupannya. *P. fluorescens* P60 mampu mempertahankan diri pada rizosfer, mampu meningkatkan populasinya, menghasilkan senyawa penghambat patogen, dan mampu mengkoloni akar tanaman (Soesanto, 2000; Soesanto, 2008).

Pengaruh Perlakuan terhadap Komponen Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat. Analisis statistika terhadap data komponen pertumbuhan tanaman menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan menunjukkan perbedaan nyata kecuali pada diameter batang baik terhadap kontrol maupun antar-perlakuan (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh perlakuan terhadap rerata tinggi tanaman, diameter batang, bobot buah, bobot basah dan bobot kering akar

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Diameter batang (mm) ^{tn}	Bobot buah tanaman ⁻¹ (g)	Bobot basah akar (g)	Bobot kering akar (g)
K	31,31 c	7,55	20,68 c	8,18 c	2,80 b
P1W0	35,13 bc	7,98	44,20 ab	9,66 bc	4,66 ab
P2W0	32,28 bc	7,93	21,91 c	7,38 c	2,89 b
P1W1	42,60 a	8,32	51,44 a	12,19 b	6,32 a
P2W1	37,80 ab	8,90	32,81 bc	9,13 bc	5,35 a
P1W2	40,80 a	9,90	39,10 ab	15,25 a	5,66 a
P2W2	31,80 c	7,67	38,74 ab	8,92 c	3,11 b

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%. K = kontrol, P1 = supernatan *P. fluorescens* P60, P2 = suspensi *P. fluorescens* P60, W0 = 5 hari sebelum tanam, W1 = pada saat tanam, W2 = 5 hari sesudah tanam, dan tn = tidak nyata.

Tinggi tanaman dan diameter batang. Hasil sidik ragam menunjukkan bahwa tinggi tanaman tampak berbeda nyata pada masing-masing perlakuan, sedangkan diameter batang tidak berbeda nyata (Tabel 3). Tinggi tanaman pada perlakuan P1W1 (supernatan, saat tanam) dan P1W2 (supernatan, 5 hari setelah tanam), masing-masing sebesar 42,60 dan 40,80 cm atau terjadi peningkatan sebesar 30,3-36,06%. Hal tersebut terjadi karena pemberian bakteri *P. fluorescens* P60 mampu menekan patogen sehingga tanaman dapat tumbuh dan berkembang tanpa adanya serangan dari patogen dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman. Hasil ini sesuai dengan hasil penelitian Maqqon *et al.* (2006), Santoso *et al.* (2007), dan Hastopo *et al.* (2008), yaitu bahwa penerapan antagonis *P. fluorescens* P60 mampu menurunkan tingkat populasi patogen tanaman di dalam tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman uji.

Selain itu, adanya peningkatan tinggi tanaman karena bakteri *P. fluorescens* P60 mampu menghasilkan senyawa hormon tumbuh sehingga dikenal sebagai “*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*” (PGPR), yang sesuai dengan pendapat Weller (1988), bahwa *P. fluorescens* mampu merangsang pertumbuhan sistem akar dan menghambat jamur dan bakteri yang merugikan. Hal ini terbukti bahwa *P. fluorescens* P60 mampu menghasilkan auksin paling tinggi bila dibandingkan dengan isolat sejenis lainnya (Dr. Antonius S., LIPI, 2010. Data belum dipublikasi).

Soesanto (2008) menyatakan bahwa bakteri *P. fluorescens* P60 dapat memberikan pengaruh menguntungkan terhadap perkembangan dan pertumbuhan tanaman, yaitu sebagai PGPR. Hasil penelitian Maqqon *et al.* (2006), Santoso *et al.* (2007), Soesanto *et al.* (2008), dan Azizah (2009) membuktikan bahwa bakteri antagonis *P. fluorescens* P60 memberikan pengaruh positif terhadap pertumbuhan tanaman uji, yaitu menyebabkan adanya pertambahan tinggi tanaman.

Hasil sidik ragam terhadap diameter batang pada masing-masing perlakuan tidak memberikan pengaruh nyata (Tabel 3). Namun demikian, pada perlakuan yang mampu meningkatkan tinggi tanaman, yaitu P1W1 (supernatan, saat tanam) dan P1W2 (supernatan, 5 hari setelah tanam), cenderung mempunyai diameter lebih besar jika dibandingkan dengan kontrol (Tabel 3).

Bobot basah dan kering akar. Bobot basah akar tertinggi dijumpai pada perlakuan P1W2 (supernatan, 5 hari setelah tanam) sebesar 15,25 g. Tingginya bobot basah akar tanaman diduga karena adanya mekanisme *P. fluorescens* P60, di samping melalui penekanan patogen, juga dihubungkan dengan kemampuannya menghasilkan hormon tumbuh yang dapat merangsang pertumbuhan akar tanaman dan berperan sebagai PGPR. Santoso *et al.* (2007) melaporkan bahwa *P. fluorescens* P60 mampu meningkatkan bobot basah tanaman bawang merah sebesar 51,40%. Bobot basah akar terendah yaitu pada perlakuan P2W0 (suspensi, 5 hari sebelum tanam) sebesar 7,38 g. Hal ini karena antagonis belum mampu bersaing dengan patogen sehingga perlindungan tanaman tomat terhadap serangan patogen kurang optimum.

Bobot kering akar pada perlakuan P1W1 (supernatan, saat tanam) sebesar 6,32 g, sedang pada K sebesar 2,80 g atau terjadi peningkatan sebesar 55,69%. Hal ini diduga selain menghasilkan antibiotika, bakteri *P. fluorescens* P60 juga berperan sebagai bakteri pemacu pertumbuhan atau PGPR. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Dowling & O’Gara (1994) dan Khalimi *et al.* (2008), yang menunjukkan bahwa *P. fluorescens* secara nyata mampu meningkatkan tinggi tanaman maksimum, jumlah cabang maksimum, jumlah daun maksimum, bobot basah dan kering akar, dan bobot kering biji tanaman kedelai. Gabungan antara *P. fluorescens* P60 dan *Trichoderma harzianum* dapat meningkatkan bobot kering akar tanaman cabai sebesar 13,4% (Maqqon *et al.*, 2006).

Bobot buah tomat per tanaman. Bobot buah pada perlakuan P1W1 yaitu sebesar 51,44 g, sedangkan pada K (kontrol) sebesar 20,68 g, yang selaras dengan bobot akar atau terjadi peningkatan sebesar 59,79%. Hal ini karena peran bakteri *P. fluorescens* P60 selain menghasilkan antibiotika, juga mampu sebagai bakteri pemacu pertumbuhan atau PGPR. Mekanisme kerja PGPR diketahui sebagai senyawa yang berfungsi sebagai pemasok zat makanan, antibiosis, sebagai hormon pertumbuhan atau penggabungan dari berbagai cara tersebut, yang dapat sebagai bioaktif dan merangsang perpanjangan akar (Kloepper *et al.*, 1980; Dowling & O’Gara, 1994). Perpanjangan akar akan mendorong berat basah dan kering akar meningkat, yang

mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi lebih baik, dan akhirnya sampai kepada hasil yang meningkat. Hal ini terbukti dari hasil penelitian Soesanto (2004), Maqqon et al. (2006), dan Santoso et al. (2007).

SIMPULAN

Aplikasi *Pseudomonas fluorescens* P60, baik dalam bentuk supernatan maupun suspensi, mampu meningkatkan senyawa fenol (tanin, saponin, dan glikosida) di dalam jaringan tanaman, menurunkan intensitas penyakit layu Fusarium, menekan laju infeksi, menurunkan kepadatan akhir patogen, meningkatkan kepadatan antagonis akhir dan meningkatkan tinggi tanaman, bobot kering akar, dan bobot buah per tanaman masing-masing sebesar 66,00-77,88%, 73,18-79,09%, 35,71%, 10 kali lipat, 26,50%, 55,69%, dan 59,79%. *Pseudomonas fluorescens* P60 mempunyai tiga mekanisme dalam mengendalikan penyakit layu Fusarium, yaitu ketahanan terimbas, antibiosis, dan “Plant Growth Promoting Rhizobacteria” (PGPR).

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology 5th ed.* Academic Press, New York.
- Alabouvette C, Lemanceau P & Steinberg C. 1996. Biological control of Fusarium wilts: Opportunities for Developing a Commercial Product. Pp. 192-212. In: Hall R. *Principles and Practice of Managing Soilborne Plant Pathogens*. APS Press, St. Paul, Minnesota.
- Azizah N. 2009. Pengimbasan Ketahanan Bibit Pisang Raja terhadap Penyakit Layu Fusarium dengan Ekstrak Bakteri Antagonis. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto (Tidak Dipublikasikan).
- Chairul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4): 621-628.
- Djatnika I, Sunyoto & Elisa. 2003. Peranan *Pseudomonas fluorescens* MR96 pada penyakit layu Fusarium tanaman pisang. *J. Hortikultura* 13(3): 212-218.
- Dowling DN & O’Gara F. 1994. Metabolites of *Pseudomonas* involved in the biocontrol of plant disease. *Tibtech*. 12: 133-141.
- Gamliel A, Grinstein A, Peretz Y, Klein I, Nachmiaz A, Tsrer L, Livescu I & Katan J. 1997. Reduced dosage of methyl bromide for controlling Verticillium wilt of potato in experimental and commercial plots. *Plant Dis*. 81: 469-474.
- Hammerschmidt R & Dann EK. 2000. *Induced Resistance to Disease, Environmentally Safe Approach to Crop Disease Control, Chapter 8*. Lewis Publ., Boca Tayon.
- Hastopo K, Soesanto L, & Mugiastuti E. 2008. Penyehatan tanah secara hayati di tanah tanaman tomat terkontaminasi *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*. *J. Akta Agrosia* 11(2): 180-187.
- Holliday P. 1980. *Fungus Diseases of Tropical Crops*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Khalimi K & Wirya GNAS. 2009. Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* untuk *biostimulants* dan *bioprotectants*. (on-line). <http://ejournal.unud.ac.id>. Diakses 19 Maret 2010.
- Kloepper JW, Leong J, Teintze M & Schroth MN. 1980. Enhanced Plant Growth by Siderophores Produced by Plant Growth-Promoting Rhizobacteria. *Nature* 286: 885-886.
- Maqqon M, Kustantinah & Soesanto L. 2006. Penekanan hayati penyakit layu Fusarium pada tanaman cabai merah. *Agrosains* 8(1): 50-56.
- Raaijmakers JM & Weller DM. 1998. Natural plant protection by 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas* spp. in take-all decline soils. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 11: 144-152.
- Rustati R, Soesanto L & Wachjadi M. 2004. Pengendalian *Fusarium oxysporum* Schlecht. f.sp. *zingiberi* Trujillo pada Tanaman Jahe dengan Disinvestasi Tanah secara Hayati. Hal.

- 259–267. Dalam: Soesanto L, eds. *Prosiding Symposium Nasional I tentang Fusarium*, Purwokerto, 26-27 Agustus 2004.
- Santoso SE, Soesanto L & Haryanto TAD. 2007. Penekanan hayati penyakit moler pada bawang merah dengan *Trichoderma harzianum*, *Trichoderma koningii*, dan *Pseudomonas fluorescens* P60. *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 7(1): 53–61.
- Semangun H. 2000. *Penyakit-penyakit Tanaman Hortikultura di Indonesia*. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta.
- Soesanto L. 2000. Ecological and Biological Control of *Verticillium dahliae*. *Ph.D. Thesis*. Wageningen University, Wageningen.
- Soesanto L & Termorshuizen AJ. 2001. *Pseudomonas fluorescens* P60 sebagai Agensia pengendali Hayati Jamur-Jamur Patogen Tular-tanah. Hal. 183–186. Dalam: Purwantara A, Sitepu D, Mustika I, Mulya K, Sudjono MS, Hidayat SH, Supriadi, Widodo & Dumalang YE, eds. *Prosiding Kongres XVI dan Seminar Nasional PFI*, IPB, Bogor 22-24 Agustus 2001.
- Soesanto L 2001. *Pseudomonas fluorescens* P60 sebagai Agensia Hayati Jamur *Verticillium dahlia* Kleb. *J. Penelitian Pertanian Agrin* 5(10): 33–40.
- Soesanto L, Hidayat R & Utami DS. 2003. Prospek pemanfaatan *Pseudomonas fluorescens* P60 untuk pengendalian penyakit busuk batang pada kacang tanah. *J. Fitopatologi Indonesia* 7(1): 1–6.
- Soesanto L. 2004. Kemampuan *Pseudomonas fluorescens* P60 sebagai agensia pengendali hayati penyakit busuk batang kacang tanah *in vivo*. *Eugenia* 10(1): 8–17.
- Soesanto L & Termorshuizen AJ. 2004. Pengendalian Hayati *Verticillium dahliae* pada *Arabidopsis thaliana* dan terung dengan penggabungan *Pseudomonas fluorescens* dan *Talaromyces flavus*. *Agroland* 11(1): 1–10.
- Soesanto L, Rokhlani & Prihatiningsih N. 2008. Penekanan beberapa mikroorganisme antagonis terhadap penyakit layu *Fusarium gladiol*. *Agrivita* 30(1): 75–83.
- Soesanto L. 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Soesanto L & Rahayunati RF. 2009. Pengimbasan ketahanan bibit pisang Ambon Kuning terhadap penyakit layu *Fusarium* dengan beberapa jamur antagonis. *J. Hama dan Penyakit Tumbuhan Tropika* 9(2): 130–140.
- Sudantha IM, Sridanti NK & Suheri H. 1993. Penggunaan kompos limbah pertanian untuk pengendalian penyakit layu *Fusarium* pada tanaman tomat. Hal. 261-268. *Risalah Kongres Nasional XII dan Seminar Ilmiah PFI*, Yogyakarta.
- Untung K. 1996. *Pengantar Pengelolaan Hama Terpadu*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Vallad GE & Goodman RM. 2004. Systemic acquired resistance and induced systemic resistance in conventional agriculture. *Crop Science Society of America* 44: 1920–1934.
- van der Plank JE. 1963. *Plant Diseases: Epidemics and Control*. Academic Press, New York.
- Weller DM. 1988. Biological control of soil-borne plant pathogens in the rhizosphere with bacteria. *Annu. Rev. Phytopathol.* 26: 379-407.
- Widodo. 1993. Penggunaan *Pseudomonas* Kelompok *Fluorescens* untuk mengendalikan Penyakit Akar Gada pada Caisin (*Brassica campestris* var. *chinensis*). *Thesis*. Institut Pertanian Bogor, Bogor (Tidak dipublikasikan).