

POTENSI BAKTERI ANTAGONIS DALAM MENEKAN PERKEMBANGAN PENYAKIT LAYU BAKTERI JAHE

KARDEN MULYA, SUPRIADI, ESTHER M. ADHI, SRI RAHAYU, dan NURI KARYANI

Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat

RINGKASAN

Penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Pseudomonas solanacearum* pada tanaman jahe (*Zingiber officinale* Rosc.), merupakan penyakit penting di Indonesia. Penelitian ini bertujuan untuk menguji potensi agensi hayati dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri jahe. Untuk itu telah dilakukan penelitian di rumah kaca Balitro Bogor pada tahun 1997/1998 dan dilanjutkan penelitian di lapang di IP Sukamulya (Sukabumi) pada tahun 1998/1999. Pada percobaan rumah kaca, tujuh jenis bakteri antagonis baik secara sendiri-sendiri maupun gabungan yang diformulasikan dalam suatu pembawa, yaitu bakteri antagonis *P. fluorescens* (PF), *P. cepacia* (PC), *Bacillus* (BC), campuran PF+PC, campuran PC+BC, campuran PF+BC, dan campuran PF+PC+BC diuji di rumah kaca pada tanaman jahe yang ditanam pada pot yang berisi tanah bekas tanaman tomat terinfeksi *P. solanacearum*. Hasil percobaan ini menunjukkan bahwa campuran PF+PC+BC nyata menekan perkembangan penyakit layu bakteri dibanding kontrol dan lebih baik dibandingkan dengan formulasi lainnya. Pada penelitian lapang yang dilakukan di daerah endemik penyakit layu bakteri, diuji campuran PF+PC+BC, *Trichoderma harzianum* (Blt-1), dan campuran PF+PC+BC+Blt-1 pada dua level interval aplikasi yaitu 2 kali pemberian dengan selang dua bulan dan 4 kali pemberian dengan selang 1 bulan sampai jahe berumur 4 bulan setelah tanam. Hasil penelitian menunjukkan ketiga antagonis yang diuji nyata menekan perkembangan penyakit layu bakteri dan nyata meningkatkan hasil rimpang jahe. Tidak ada perbedaan hasil yang nyata antara perlakuan interval dan jumlah aplikasi. Namun, pemakaian formulasi agen hayati tidak dapat sepenuhnya membebaskan rimpang dari infeksi *P. solanacearum*.

Kata kunci : *Zingiber officinale*, *Pseudomonas solanacearum*, bakteri antagonis, pengendalian hayati

ABSTRACT

Potency of antagonist bacteria in inhibiting the bacterial wilt disease progress ginger

Bacterial wilt disease caused by *Pseudomonas solanacearum* is an important disease in ginger plant (*Zingiber officinale* Rosc.) in Indonesia. The objective of this research was to study the effectiveness of biological agents in inhibiting the progress of bacterial wilt on ginger. The research was conducted at the greenhouse of Research Institute for Spice and Medicinal Crops in 1997-1998 then was followed with a field experiment at Sukamulya Experimental Garden in 1998/1999. At the greenhouse experiment, seven kinds of antagonists bacteria were formulated either individually or combination. *Pseudomonas fluorescens* (PF), *P. cepacia* (PC) and *Bacillus* sp. (BC), mixture of PF + PC, mixture of PC + BC, mixture of PF + BC, and mixture of PF + PC + BC were tested in the greenhouse on ginger plant cultivars putih besar grown in the pot containing soil formerly used for growing *P. solanacearum* infected tomato. The results of this experiment indicated that the combination of PF+PC+BC significantly suppressed the progress of bacterial wilt disease compared to control and other tested combination. In the field experiment carried out at the bacterial wilt disease endemic area, the combinations of PF+PC+BC, *Trichoderma harzianum* (Blt-1) and combination of PF+PC+BC+Blt-1 were tested with two levels of application, i.e. two applications with two months interval and 4 application with one month interval. The results showed that the application of antagonists bacteria inhibited the bacterial wilt disease progress and significantly increased

ginger rhizome yield. The yield of the rhizome from the plants treated with different intervals were not different. However, the application of the antagonist bacteria were not able to eradicate ginger infection by *Pseudomonas solanacearum* thoroughly.

Keywords : *Zingiber officinale*, *Pseudomonas solanacearum*, antagonist bacteria, biological control

PENDAHULUAN

Penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh *Pseudomonas solanacearum* pada tanaman jahe (*Zingiber officinale* Rosc.), merupakan penyakit penting di beberapa negara di Asia, Australia, dan Afrika. Di Indonesia, penyakit layu bakteri jahe ditemukan pada tahun 1971 di Kuningan, Jawa Barat (SITEPU, 1991) kemudian menyebar ke daerah Jawa Barat, Jawa Tengah, Jambi, Lampung, Bengkulu, dan Sumatera Utara. Penyakit ini dapat menurunkan 20% potensi hasil jahe (JANUWATI, 1999). Di samping itu, petani terdorong untuk memanen rimpang pada umur muda untuk menghindari gagal panen akibat penyakit ini. Padahal, untuk beberapa keperluan seperti bibit dibutuhkan rimpang yang berumur lebih dari 9 bulan.

Pengendalian penyakit layu bakteri harus dilakukan secara terpadu menggunakan varietas resisten, secara kultur teknis, pemakaian bibit yang sehat dan secara hayati (ELPHINSTONE dan ALEY, 1995). SHEKHAWAT *et al.* dalam SHEKHAWAT *et al.*, 1993 berhasil mengendalikan penyakit layu bakteri pada tanaman kentang dengan menerapkan cara-cara budidaya. Pada kasus tanaman jahe, varietas jahe resisten dengan produksi rimpang yang memenuhi syarat sampai saat ini belum diperoleh. Perlakuan preventif melalui perendaman bibit dengan antibiotika tidak efektif karena tidak meratanya penyerapan antibiotika oleh rimpang (HARTATI dan SUPRIADI, 1994). Oleh sebab itu, perlu dicari upaya-upaya lain dalam pengendalian penyakit layu bakteri jahe. Salah satu di antara upaya tersebut adalah pengendalian secara hayati yang mungkin dapat diintegrasikan dengan cara-cara pengendalian lainnya.

Beberapa jenis bakteri antagonis telah dilaporkan berpotensi untuk mengendalikan penyakit layu bakteri antara lain *P. fluorescens* PF1 (SHEKHAWAT *et al.*, 1993) dan *P. cepacia* (HARTMAN *et al.*, 1993) pada kentang serta *Bacillus subtilis* NB22 pada tanaman tomat (PHAE *et al.*, 1992). MULYA *et al.* (1997) melaporkan bahwa beberapa jenis bakteri bersifat menekan pertumbuhan *P. solanacearum*

T872 asal jahe pada kondisi *in vitro*. Tiga dari isolat tersebut, *P. fluorescens* T906, *P. cepacia* 44, dan *Bacillus* sp. dapat menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada jahe putih kecil di rumah kaca (ISKANDAR, 1998). Untuk itu, isolat-isolat tersebut perlu diuji efikasinya lebih lanjut.

Di samping bakteri, *Trichoderma harzianum* Rifai dilaporkan merupakan agen hayati yang efektif mengendalikan penyakit akibat jamur patogenik tular tanah. HOWELL *et al.* (2000) melaporkan bahwa *T. virens* dapat menginduksi sifat resisten pada tanaman kapas yaitu dengan meningkatkan aktivitas enzim peroksidase dan sintesis terpenoid yang bersifat racun terhadap *Rhizoctonia solani*. Induksi resistensi merupakan faktor yang cukup penting dalam keberhasilan agen hayati menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada tomat (MULYA *et al.*, 1996b).

Penggunaan bakteri antagonis harus dalam bentuk formulasi yang tepat dengan bahan yang mudah tersedia (LEWIS dan PAPAIVAS, 1991). Menurut KIJIMA (1992) bahan yang dapat dibuat pengemas antara lain vermikulit, talk, dan kaolin. VIDHIYASEKARAN dan MUTHAMILAN (1995) melaporkan bahwa *P. fluorescens* dapat bertahan hidup sampai 240 hari pada talk. MULYA *et al.* (1997) melaporkan bahwa *P. fluorescens* T906 dapat bertahan hidup sampai 6 bulan dalam formulasi yang mengandung vermikulit, dedak, dan tepung arang.

Penelitian ini bertujuan untuk menguji efektivitas formulasi bakteri antagonis untuk mengendalikan penyakit layu bakteri jahe.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium, Rumah Kaca Hama dan Penyakit, dan IP Sukamulya, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat sejak bulan Juli 1998 sampai bulan Agustus 1999.

Bakteri dan Kondisi Pembiakan

Patogen layu bakteri (*P. solanacearum* T872) diisolasi dari tanaman jahe putih besar. Virulensi isolat T872 diuji pada media tetrazolium klorida (TTC; KELMAN, 1954). Patogen diperbanyak pada media sukrosa peptone-agar (SPA) (HAYWARD, 1964) selama 2-3 hari, kemudian disuspensikan dalam air destilat steril sampai mencapai nilai kekeruhan optis 0.1 (OD_{600}) atau setara dengan 10^7 cfu per ml.

Bacillus sp. dan *P. cepacia* diperbanyak pada media SPA sedangkan *P. fluorescens* diperbanyak pada media King B (KB) (KING *et al.*, 1954). Koloni dari kultur

berumur 2 hari disuspensikan dalam larutan penyangga 0.01 M fosfat (pH 6.8) sampai pada nilai kekeruhan optis yang diinginkan.

Pembuatan Bahan Pembawa

Bahan pembawa atau *carier* terdiri atas campuran talk (35%), kaolin (35%), dedak (17.5%), arang (12.5%), $CaCO_3$ (0.1%), dan karbositimetil selulosa (0.5%). Campuran bahan tersebut disterilisasi dalam autoklaf ($121^\circ C$) dua kali selama masing-masing 1 jam dengan selang waktu 24 jam. Suspensi sel bakteri antagonis dalam larutan penyangga 0.01 M fosfat (pH 6.8) dicampur dengan bahan pembawa sehingga setiap gram campuran mengandung 10 juta sel bakteri antagonis. Bahan yang telah mengandung antagonis disimpan pada suhu ruangan selama 2-3 hari sebelum digunakan.

Pengujian Rumah Kaca

Pengujian dilakukan di Rumah Kaca Penyakit, Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat sejak bulan Juni sampai bulan Desember 1997. Tujuh jenis kombinasi antagonis (Tabel 1) diuji efikasinya dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada jahe Putih Besar.

Media tumbuh tanaman berupa tanah berasal dari lahan pertanaman jahe yang terserang penyakit layu bakteri. Tanah tersebut dimasukkan ke dalam kantung plastik masing-masing 5 kg per kantung plastik. Pupuk kandang sebanyak 1 kg dicampur dengan tanah permukaan hingga merata. Untuk meningkatkan populasi patogen setiap pot ditanami bibit tomat varietas gondol hijau yang rentan terhadap penyakit layu bakteri. Setelah tanaman tomat mulai terlihat layu, masing-masing 50 g bahan yang telah mengandung antagonis dicampur dengan sebagian permukaan tanah dalam kantung plastik dan bibit jahe Putih Besar ditanam pada tanah campuran tersebut. Pengamatan dilakukan terhadap persentase tanaman sakit.

Pengujian Lapang

Pengujian lapang merupakan lanjutan dari pengujian rumah kaca dilakukan sejak bulan Oktober 1998 sampai bulan Agustus 1999 di IP Sukamulya (Sukabumi) pada lahan endemik penyakit layu bakteri. Bibit yang digunakan adalah rimpang yang telah bertunas tidak lebih dari 0.5 cm. Cara budidaya jahe dilakukan dengan mengadopsi cara yang dilakukan oleh petani di sekitar IP. Sukamulya. Bibit ditanam dalam lobang tanam yang telah diisi dengan 1 kg pupuk kandang dan pupuk anorganik (urea 15 g, TSP 10 g,

Tabel 1. Tujuh jenis kombinasi bakteri antagonis yang diuji efikasinya dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri di rumah kaca
 Table 1. Efficacy of seven combination of antagonist bacteria in inhibiting of the progress of bacterial wilt disease in greenhouse experiment

Kombinasi Combinations		Kandungan bakteri antagonis Antagonist bacteria content
1)	Tunggal <i>Single antagonist</i>	
	a) PF	<i>Pseudomonas fluorescens</i>
	b) PC	<i>P. cepacia</i>
	c) BC	<i>Bacillus</i> sp.
2)	Campuran <i>Mixed antagonists</i>	
	a) Dua antagonis <i>Two antagonists</i>	
	i) PF + PC	<i>P. fluorescens</i> + <i>P. cepacia</i>
	ii) PC + BC	<i>P. cepacia</i> + <i>Bacillus</i> sp.
	iii) PF + BC	<i>P. fluorescens</i> + <i>Bacillus</i> sp.
	b) Tiga antagonis <i>Three antagonist</i>	<i>P. fluorescens</i> + <i>P. cepacia</i> + <i>Bacillus</i> sp.

dan KCI 10 g). Jarak antar lubang tanam dalam plot adalah 50 cm x 50 cm. Setiap plot ditanami 30 bibit jahe terdiri atas 12 tanaman perlakuan dan 18 tanaman pinggir. Antagonis yang diuji efektivitasnya adalah (1) kombinasi *P. cepacia*, *P. fluorescens*, *Bacillus* sp., (2) *T. harzianum* TSM, dan (3) campuran antara 1 dan 2. Frekuensi dan interval aplikasi yang diuji adalah (a) 2 kali setiap 2 bulan, dan (b) 4 kali setiap 1 bulan. Dosis masing-masing bahan adalah 50 g/tanaman/aplikasi, yang diberikan sejak tanam dengan cara dibenamkan sekitar tanaman, kecuali pada saat tanam diberikan dibawah bibit jahe. Percobaan disusun secara acak kelompok dengan 4 ulangan. Sebagai pembandingan, diamati plot pertanaman jahe milik petani di sekitar lahan percobaan yang menggunakan bibit dan cara budidaya yang sama dengan percobaan yang dilakukan kecuali tanpa perlakuan (kontrol). Parameter yang diamati adalah persentase penyakit layu, hasil rimpang, dan populasi *P. solanacearum* di dalam tanah.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Percobaan Rumah Kaca

Intensitas penyakit layu bakteri pada tanaman jahe yang diperlakukan dengan antagonis nyata lebih rendah dari tanaman yang tidak diberi perlakuan (kontrol). Pada minggu ke 18 setelah inokulasi, tanaman yang tidak diberi perlakuan antagonis semuanya mati.

Penyakit layu bakteri pada tanaman jahe Putih Besar berkembang sangat cepat, pada minggu keenam setelah tanam baru 26.7% tanaman mati pada plot kontrol sedangkan pada minggu ketujuh belas 99.3% tanaman mati (Tabel 2). Pemakaian antagonis nyata menekan perkembangan penyakit layu bakteri. Persentase tanaman mati pada plot yang diberi perlakuan formulasi bakteri antagonis 18.22-32.2% nyata lebih rendah dari kontrol. Namun, laju perkembangan penyakit terus berlanjut. Kenyataan ini merupakan akibat dari tingginya inokulum dan keadaan

yang mendukung untuk perkembangan penyakit. Keadaan hampir serupa ditemukan oleh ELPHINSTONE dan ALEY (1993) pada percobaan pengendalian layu bakteri pada tanaman kentang dimana perlakuan memberikan efek pengendalian tetapi tingkat serangan masih cukup tinggi.

Beberapa strain *P. fluorescens*, *P. cepacia* dan *B. subtilis* telah terbukti sebagai antagonis efektif untuk inang-patogen yang berbeda (MULYA, 1996a; PHAE *et al.*, 1992; AOKI *et al.*, 1991). Mekanisme penekanan bakteri antagonis terhadap patogen belum sepenuhnya diketahui, namun ada bukti-bukti agen hayati memproduksi senyawa kimia yang bersifat menghambat patogen. Baik *P. fluorescens* dan *P. cepacia* diketahui menghasilkan berbagai jenis antibiotik, seperti phenazine carboxylic acid dan 2,4-diphloroglucinol pada *P. fluorescens* (GURUSIDIAH *et al.*, 1986; KEEL *et al.*, 1992). Kedua bakteri tersebut juga menghasilkan senyawa pengikat ion besi seperti pseudobactin pada *P. fluorescens* (LEONG, 1986) atau cephabactin pada *P. cepacia* (MEYER *et al.*, 1989). *P. fluorescens* juga berpotensi menginduksi ketahanan tanaman (MULYA *et al.*, 1996b). Beberapa isolat *B. subtilis* dapat memproduksi antibiotik iturin yang memiliki kisaran aktivitas yang cukup luas baik terhadap bakteri maupun jamur patogen (PHAE *et al.*, 1992). Di samping itu, *B. subtilis* memiliki bentuk istirahat (spora) yang lebih tahan terhadap tekanan lingkungan yang kurang menguntungkan. Dengan demikian, ketiga antagonis tersebut memiliki karakteristik yang baik untuk dikembangkan sebagai agensia hayati.

Pada Tabel 2 terlihat bahwa perlakuan dengan campuran ketiga jenis bakteri antagonis nyata lebih baik dari perlakuan dengan satu jenis atau dua jenis bakteri antagonis. Pada minggu keempat belas dan ketujuh belas intensitas penyakit pada perlakuan dengan perlakuan dengan campuran ketiga bakteri antagonis berturut-turut 24.4% dan 16.6% nyata lebih rendah dari formulasi yang hanya mengandung salah satu jenis bakteri antagonis. Menurut KIJIMA (1992) peningkatan efektivitas mikro-organisme antagonis dapat dilakukan dengan mencampurkan beberapa jenis antagonis yang kompatibel. SCHIDLER *et al.* (1997) melaporkan adanya efek sinergisme antara

Tabel 2. Pengaruh perlakuan bakteri antagonis terhadap persentase penyakit layu bakteri pada jahe Putih Besar
 Table 2. Effect of the application of antagonist bacteria on the percentage of bacterial wilt disease on ginger Putih Besar

MST WAP		Pembandingan (%) Comparison (%)	Selisih (%) Difference (%)
VI ³⁾	Total perlakuan <i>Total treatment</i> ¹⁾ (8.48)	vs Kontrol <i>Control</i> (26.7)	18.22* ²⁾
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (12.0)	vs Total campuran <i>Total combination</i> (8.02)	3.97
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (12.0)	vs Dua jenis antagonis <i>Two antagonists</i> (6.63)	5.37
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (12.0)	vs Tiga jenis antagonis <i>Three antagonists</i> (12.2)	0.20
XIV	Total perlakuan <i>Total treatment</i> (54.4)	vs Kontrol <i>Control</i> (86.7)	32.2 *
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (69.07)	vs Total campuran <i>Total combination</i> (58.82)	10.2
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (69.07)	vs Dua jenis antagonis <i>Two antagonists</i> (63.53)	5.5
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (69.07)	vs Tiga jenis antagonis <i>Three antagonists</i> (44.7)	24.4*
XVII	Total perlakuan <i>Total treatment</i> (67.5)	vs Kontrol <i>Control</i> (99.3)	26.7 *
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (70.63)	vs Total campuran <i>Total combination</i> (65.32)	5.3
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (70.63)	vs Dua jenis antagonis <i>Two antagonists</i> (69.1)	1.5
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (70.63)	vs Tiga jenis antagonis <i>Three antagonists</i> (54.0)	16.6*
XVIII	Total perlakuan <i>Total treatment</i> (78.27)	vs Kontrol <i>Control</i> (100)	21.7*
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (79.3)	vs Total campuran <i>Total combination</i> (78.23)	1.1
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (79.3)	vs Dua jenis antagonis <i>Two antagonists</i> (80.26)	1.0
	Satu jenis antagonis <i>One antagonist</i> (79.3)	vs Tiga jenis antagonis <i>Three antagonists</i> (69.3)	10.0

Keterangan : ¹⁾ Total perlakuan = semua kombinasi dari *Pseudomonas fluorescens* (PF), *P. cepacia* (PC) dan *Bacillus* sp. (BC) ; satu jenis = PF, PC atau BC;
 Note : dua jenis = kombinasi PF + PC, PF + BC, atau PC + BC; tiga jenis = kombinasi PF+PC+BC *Total combination* = all of *Pseudomonas fluorescens* (PF), *P. cepacia* (PC) and *Bacillus* sp. (BC) combinations; *one antagonist* = PF, PC or BC; *two antagonists* = PF+PC, PF + BC, or PC + BC; *three antagonists* = combination of PF+PC+BC

²⁾ Tanda asteriks (*) menunjukkan bahwa selisih nilai nyata berbeda *Asteriks (*) symbol indicates that the difference value significantly different*

³⁾ Minggu setelah tanam *Weeks after planting*

P. fluorescens Y05 apabila dicampur dengan *Enterobacter* sp. T04 dalam menekan perkembangan penyakit busuk kering pada kentang. Dengan demikian, aspek kompatibilitas antara mikroba antagonis dengan tanaman agak resisten perlu dipertimbangkan dalam pengembangan pengendalian terpadu.

Tingkat populasi bakteri antagonis pada rizosfer sangat penting dalam menentukan efektivitas antagonis tersebut. Pada tingkat populasi yang tinggi bakteri cenderung lebih merata pada permukaan akar dan kesempatan terjadi kompetisi pada tempat infeksi lebih besar. Namun, pada umumnya mikroba yang diintroduksi ke tanah mengalami penurunan populasi. *P. fluorescens* PfG32 mengalami penurunan populasi sebesar 10 ribu kali dalam dua minggu setelah aplikasi di rumah kaca (MULYA *et al.*, 1996a). Pada percobaan ini, terjadi peningkatan drastis perkembangan intensitas penyakit pada 2 bulan setelah tanam. Hal ini mengindikasikan perlunya aplikasi ulang antagonis sebelum saat tersebut.

Percobaan Lapang

Penggunaan antagonis nyata menekan persentase penyakit layu bakteri tanaman jahe. Pada plot yang diberi perlakuan antagonis rata-rata persentase tanaman layu berkisar 32% nyata lebih rendah dari pada persentase tanaman layu pada plot tanpa perlakuan antagonis (kontrol) yang mencapai 79% (Tabel 3). Bahan pembawa yang mengandung bakteri antagonis, yang mengandung *Trichoderma harzianum* dan campuran keduanya memiliki tingkat efikasi yang sama dalam menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada jahe Putih Besar. SHEKHAWAT *et al.* (1993) melaporkan bahwa perendaman bibit umbi kentang dengan suspensi *P. fluorescens* PF1 dan PF2 serta dengan suspensi bakteri *B. subtilis* efektif mereduksi persentase serangan penyakit layu bakteri di rumah kaca. Bahkan, isolat *P. fluorescens* PF1 dan PF2 stabil menekan perkembangan penyakit layu bakteri kentang di lapang selama 3 tahun percobaan. Menurut TRIGALET *et al.* (1994) hasil

Tabel 3. Pengaruh pemakaian antagonis terhadap persentase penyakit layu bakteri pada tanaman jahe Putih Besar
 Table 3. Effect of application of antagonists on the percentage of bacterial wilt disease ginger Putih Besar

	Perbandingan Comparison	Selisih Difference
Perlakuan Treatment (32.0) ¹⁾	vs Kontrol Control (79.0)	
Bakteri Bacteria(34.4) ³⁾	vs <i>Trichoderma harzianum</i> (34.5) ⁴⁾	47.0 * ²⁾
Bakteri Bacteria (34.4)	vs Campuran Mixed (27.1) ⁵⁾	0.1
<i>Trichoderma harzianum</i> (34.50)	vs Campuran Mixed (27.12)	7.2
		7.4
Dua kali aplikasi Twice application (32.75)	vs Empat kali aplikasi Four times application (31.25)	1.5

Keterangan : ¹⁾ Angka dalam tanda kurung menunjukkan rata-rata persentase tanaman layu Values in the bracket () indicates the percentage of wilted plant
 Note : ²⁾ Tanda asteriks (*) menunjukkan bahwa selisih nilai nyata berbeda Asteriks (*) symbol indicates that the difference value significantly different
³⁾ Mengandung campuran tiga jenis bakteri antagonis Contains 3 kinds of bacterial antagonists
⁴⁾ Mengandung *Trichoderma harzianum* Bt-1 Contains *Trichoderma harzianum* Bt-1
⁵⁾ Mengandung campuran bakteri dan *Trichoderma harzianum* Contains bacterial antagonists and *Trichoderma harzianum*

Tabel 4. Pengaruh pemakaian antagonis terhadap hasil rimpang jahe putih Putih Besar umur 9 bulan
 Table 4. Effect of application of antagonists on yield of ginger Putih Besar rhizome; 9 month old

	Perlakuan Treatment	vs	Kontrol Control	Selisih Difference
Hasil Yield	(514.69) ¹⁾		(163.13)	351.57*
Rimpang terinfeksi Infected rhizome	(12.4) ²⁾		(10.2)	2.2
Hasil Yield	Bakteri Bacteria (509.11)	vs	<i>T. harzianum</i> (476.52)	35.59
Rimpang terinfeksi Infected rhizome	(13.0)		(12.35)	0.65
Hasil Yield	Bakteri Bacteria (509.11)	vs	Campuran Mixed (558.46)	49.35
Rimpang terinfeksi Infected rhizome	(13.0)		(11.85)	1.15
Hasil Yield	<i>T. harzianum</i> (476.52)	vs	Campuran Mixed (558.46)	81.94
Rimpang terinfeksi Infected rhizome	(12.35)		(11.85)	0.5
Hasil Yield	Dua kali aplikasi Twice application (473.43)	vs	Empat kali aplikasi Four times application (555.97)	82.54
Rimpang terinfeksi Infected rhizome	(11.9)		(12.9)	1.0

¹⁾ gram/rumpun gram/bushes

²⁾ persen percentage

pengujian efikasi agensia hayati di laboratorium, rumah kaca dan lapang sering tidak menunjukkan hasil yang sejalan. Keberhasilan pengujian sangat tergantung dari strain antagonis yang digunakan dan kondisi yang spesifik.

Sejauh ini antagonisme langsung dari *T. harzianum* terhadap *P. solanacearum* belum pernah dilaporkan. Jamur antagonis diketahui menghasilkan berbagai jenis enzim yang berperan dalam mendegradasi dinding sel patogen seperti *polysaccharide lyase*, *protease* dan *lipase* (CHERIF and BENHAMOU, 1990). Di samping itu, *T. virens* dilaporkan dapat menginduksi sifat ketahanan pada tanaman kapas

yaitu dengan meningkatkan aktivitas enzim peroksidase dan sintesa terpenoid yang bersifat racun terhadap *Rhizoctonia solani* HOWELL *et al.* (2000). Peningkatan aktivitas enzim *phenylalanine ammonia lyase* yang merupakan indikasi terjadinya induksi resistensi merupakan faktor yang cukup penting dalam keberhasilan agensia hayati menekan perkembangan penyakit layu bakteri pada tomat (MULYA *et al.*, 1996b). Pengaruh penekanan terhadap penyakit layu bakteri yang terlihat pada percobaan ini perlu diteliti lebih lanjut.

Pada pengujian lapang, perlakuan antagonis nyata meningkatkan hasil rimpang jahe pada panen 9 bulan. Rata-

Tabel 5. Pengaruh pemakaian antagonis terhadap populasi *Pseudomonas solanacearum* (log cfu/g tanah)
 Table 5. Effect of application of antagonists on the population of *Pseudomonas solanacearum* (log cfu/g soil)

	Perbandingan Comparison		Selisih Difference
Bakteri <i>Bacteria</i> (2.28)	vs	<i>Trichoderma harzianum</i> (2.27)	0.01
Bakteri <i>Bacteria</i> (2.28)	vs	Campuran <i>Mixed</i> (2.26)	0.02
<i>Trichoderma harzianum</i> (2.27)	vs	Campuran <i>Mixed</i> (2.26)	0.01
Dua kali aplikasi <i>Twice application</i> (2.18)	vs	Empat kali aplikasi <i>Four times application</i> (2.36)	0.18

rata hasil tanaman jahe yang diberi perlakuan berkisar antara 514.69 g/rumpun nyata lebih berat dibandingkan dengan hasil dari kontrol (163.13 g/rumpun). Adanya perbedaan hasil yang nyata menunjukkan bahwa intensitas kerusakan sebagai gambaran dari intensitas serangan pada tanaman dalam plot tersebut rendah. Di antara jenis antagonis yang digunakan tidak menunjukkan perbedaan hasil yang nyata. Hasil rimpang yang dicapai dari tanaman yang diperlakukan dengan formulasi yang mengandung bakteri antagonis dan yang mengandung *T. harzianum* berturut-turut 509.11 dan 476.52 g/rumpun. Di antara bakteri antagonis dan *T. harzianum* yang digunakan tidak menunjukkan adanya efek sinergisme.

Hasil pemeriksaan visual dan laboratorium beberapa bagian dari rimpang dari setiap plot perlakuan telah terinfeksi patogen (Tabel 4). Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan agensia hayati tidak dapat mencegah sepenuhnya infeksi patogen. Dengan demikian pengendalian penyakit layu bakteri tidak dapat dilakukan dengan hanya menerapkan satu komponen saja.

Jenis antagonis dan interval aplikasi tidak berpengaruh nyata terhadap penekanan populasi patogen sekitar tanah (Tabel 5). MULYA (1996a) melaporkan bahwa agens hayati *P. fluorescens* berkembang pada risosfer dan permukaan akar tanaman tomat. Hal ini terjadi karena terangsang untuk bergerak sepanjang permukaan akar terutama ujung akar dimana eksudat akar sebagai sumber nutrisi melimpah (WELLER, 1984). Perkembangan populasi *P. solanacearum* pada risosfer dan permukaan akar terhambat, tetapi tidak dengan perkembangan populasi *P. solanacearum* di tanah. Pencampuran antara antagonis bakteri dan jamur untuk meningkatkan efektivitas formulasinya telah banyak dilakukan. DUIJFF *et al.* (2000) berhasil meningkatkan efektivitas *Fusarium oxysporum* non pathogenic (Fo47) dengan menambahkan bakteri antagonis *Pseudomonas putida* WCS358. Strain Fo47 diketahui bekerja dengan menginduksi resistensi tanaman sedangkan strain WCS358 bekerja dengan siderofor (*chelating agent*) yang diproduksi. NOVERIZA *et al.* (1999) mengembangkan model kompatibilitas antara bakteri antagonis dengan

T. harzianum melalui cara seleksi bakteri antagonis terhadap jamur patogenik *Phytophthora capsici* yang tidak menghambat pertumbuhan *T. harzianum* Blt-1.

KESIMPULAN

Aplikasi campuran tiga macam bakteri antagonis, yaitu *Pseudomonas cepacia*, *P. fluorescens* dan *Bacillus* sp. dalam satu formulasi lebih baik dari pada secara sendiri-sendiri atau campuran dua bakteri antagonis. Aplikasi campuran ketiga bakteri antagonis terbukti dapat menekan perkembangan penyakit layu bakteri dan meningkatkan hasil jahe Putih Besar. Perlakuan dengan *Trichoderma harzianum* juga memiliki potensi untuk mengendalikan penyakit layu bakteri pada tanaman jahe. Aplikasi antagonis yang diuji tidak dapat sepenuhnya membebaskan rimpang dari infeksi *P. solanacearum*.

UCAPAN TERIMAKASIH

Penulis mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Dyah Manohara, MS dari Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat yang telah memberikan isolat *Trichoderma harzianum* Blt-1 dan Ir. Nildar Hasnam, MS dari Balai Penelitian Tanaman Tembakau dan Serat yang telah memberikan isolat *Bacillus* sp. T831 untuk digunakan dalam penelitian ini. Penulis juga mengucapkan terimakasih kepada Dr. Ir. Elna Karmawati yang telah membantu dalam pengujian statistik.

DAFTAR PUSTAKA

- AOKI, M., K. UEHARA, K.KOSEKI, K. TSUJI, K. ONO, AND T. SAMEYAMA. 1991. An antimicrobial substances produced by *Pseudomonas cepacia* B5 against the bacterial wilt pathogen, *P. solanacearum*. Agric. and Biol. Chem. 55:715-722.

- CHERIF, M. and N. BENHAMOU. 1990. Cytochemical aspect of chitin breakdown during parasitic action of *Trichoderma* sp. on *Fusarium oxysporum* f. sp. *radicis-lycopersici*. *Phytopathology*. 80:1406-1414.
- ELPHINSTON, J. G. and P. ALEY. 1993. Integrated control of bacterial wilt of potato in the warm tropics of Peru. *In*: Hartman, G. L. and A. C. Hayward (Eds.) *Bacterial Wilt*. ACIAR Proceedings No. 45: 276-283.
- GURUSIDAIH, S., D.M. WELLER, A. SARKAR and R.J. COOK. 1986. Characterization of an antibiotic produced by a strain of *Pseudomonas fluorescens* inhibitory to *Gaeumannomyces graminis* var. *tritici* and *Pythium* spp. *Antimicrob. Agents and Chemother.* 29:488-495.
- HARTATI, S.Y. and SUPRIADI. 1994. Systemic action of bactericide containing oxytetracycline and streptomycin sulphate in treated ginger rhizomes. *J. of Spice and Medicinal Crops*. 3:7-11
- HARTMAN, G.L., W.F. FONG, HANUDIN and A.C. HAYWARD. 1993. Potential of biological and chemical control of bacterial wilt. *In*: Hartman, G. L. and A. C. Hayward (Eds.) *Bacterial Wilt*. ACIAR Proceedings No. 45:322-326.
- HAYWARD, A.C. 1964. Characteristic of *Pseudomonas solanacearum*. *J. Appl. Bacteriol.* 27:265-277.
- HOWELL, C.R., L.E. HANSON, R.D. STIPANOVIC and S.L. PUCKHABER. 2000. Induction of terpenoid synthesis in cotton roots and control of *Rhizoctonia solani* by seed treatment with *Trichoderma virens*. *Phytopathology*. 90 (3):248-252.
- JANUWATI, M. 1999. Optimalisasi usahatani tanaman jahe. Makalah Semi Orasi tanggal 23 Juni 1999. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 31p.
- KELMAN, A. 1954. The relationship of pathogenicity of *Pseudomonas solanacearum* colony appearance on tetraxolium medium. *Phytopathology* 44:693-695.
- KEEL, C., U. SCHNEIDER, M. MAURHOFFER, C. VOISARD, J. LAVILLE, U. BÜRGER, P. WIRTHNER, D. HAAS and G. DÉFAGO. 1992. Suppression of root disease by *Pseudomonas fluorescens* CHA0 : Importance of the bacterial secondary metabolite 2,4-diacetylphloroglucinol. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 5:4-13.
- KIJIMA, T. 1992. Kikkoubiseibutsu ni yoru byougai boujo. (Protection of Plant Disease by Microbial Antagonists) Noubunkyou, Tokyo (Japanese) : 193pp.
- KING, E. O., M.K. WARD and D.E. RANEY. 1954. Two simple media for the demonstration of pyocyanin and fluorescein. *J. Lab. Clin. Med.* 44:301-307.
- LEONG, J. 1986. Siderophores: their biochemistry and possible role in the biocontrol of plant pathogens. *Ann. Rev. Phytopathol.* 24:187-209.
- LEWIS, J.A. and G.C. PAPAIVAS. 1991. Biocontrol of plant diseases: The approach for tomorrow. *Crop Protection*. 10:95-105.
- MEYER, J.-M., D. HOHNADÉL and F. HALLÉ. 1989. Cepha-bactin from *Pseudomonas cepacia*, a new type of siderophore. *J. Gen. Microbiol.* 135:1479-1487.
- MULYA, K., M. WATANABE, M. GOTO, Y. TAKIKAWA and S. TSUYUMU. 1996a. Suppression of bacterial wilt disease of tomato by root dipping with *Pseudomonas fluorescens* PfG32: The role of antibiotic and siderophore production. *Ann. Phytopath. Soc. Jpn.* 62 (2):134-140.
- MULYA, K., Y. TAKIKAWA and S. TSUYUMU. 1996b. The presence of region homologous to *hrp* cluster in *Pseudomonas fluorescens* PfG32R. *Ann. Phytopathol. Soc. Jpn.* 62:355-359.
- MULYA, K., SUPRIADI, H. MUHAMMAD, D. FEBRIYANTI, E.M. ADHI, N. KARYANI. 1997. Komponen budidaya yang dapat merangsang populasi mikroba antagonis. Laporan Penelitian Balitro Tahunan 1996/1997 (Tidak dipublikasi).
- MULYA, K. 1997. Penekanan intensitas penyakit layu bakteri pada tomat oleh *Pseudomonas fluorescens* PfG32. *J. Hort.* 7:685-691
- NOVERIZA, R., K. MULYA dan D. MANOHARA. 1999. Potensi bakteri antagonis untuk pengendalian *Phytophthora capsici*. Prosiding Kongres Nasional XV dan Seminar Ilmiah PFI :548-552.
- PHAE, C.G., M. SHODA, N. KITA, K. NAKANO and K. USHIYAMA. 1992. Biological control of crown and root rot and bacterial wilt of tomato by *Bacillus subtilis* NB22. *Ann. Phytopath. Soc. Japan* 58:329-339.
- SCHIDLER, D.A., P.J. GLININGER and R.J. BOTHAST. 1997. Effect of antagonist cell concentration and two strain mixture on biological control of *Fusarium* dry rot of potatoes. *Phytopathology* 87:177-183.
- SHEKHAWAT, G.S., CHAKRABARTI, S.K., KISHORE, V. SUNAINA, V. and GADEWAR, A.V. 1993. Possibilities of biological management of potato bacterial wilt with strains of *Bacillus* sp., *B. subtilis*, *Pseudomonas fluorescens* and atinomycetes. *In*: Hartman, G. L. and A. C. Hayward (Eds.) *Bacterial Wilt*. ACIAR Proceedings No. 45: 327-330.
- SITEPU, D. 1991. Strategi penanggulangan penyakit layu *Pseudomonas solanacearum* pada tanaman industri kasus pada tanaman jahe. Makalah Orasi Pengukuhan Ahli Peneliti Utama. Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat. 32 p.
- TRIGALET, A., P. FREY, D. TRIGALET-DEMERY. 1994. Biological control of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. State of art and understanding. *In* Hayward and G.L. Hartman (Eds.) *Bacterial Wilt. The Disease and Its Causative Agent, Pseudomonas solanacearum*. CAB International-AVRDC, Taiwan, p: 225-233.
- VIDHIYASEKARAN, P. and M. MUTHAMILAN. 1995. Development of formulation of *Pseudomonas fluorescens* for control of chickpea wilt. *Plant Dis.* 79:782-786.
- WELLER, D.M. 1984. Distribution of a take-all suppressive strain of *Pseudomonas fluorescens* on seminal roots of winter wheat. *Appl. Environ. Microbiol.* 48:897-899.