

Aplikasi *Actinomyces* dan Bakteriofag pada Tomat Sambung untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum* dan Meningkatkan Hasil Buah

(Application of Actinomyces and Bacteriophages in Tomato Grafted Plants to Decrease Bacterial Wilt Disease *Ralstonia solanacearum* and Increase Fruit Yield)

Lisa Navitasari^{1*}, Tri Joko², Rudi Hari Murti², Triwidodo Arwiyanto²

(Diterima Mei 2022/Disetujui September 2022)

ABSTRAK

Ralstonia solanacearum (Smith) merupakan patogen tular tanah penyebab penyakit layu bakteri dan bersifat spesies kompleks dalam ras, biovar, filotipe, dan strain yang berbeda patogenitasnya. Akibatnya, patogen tersebut sulit dikendalikan. Alternatif pengendaliannya adalah dengan mengaplikasikan *actinomyces* dan bakteriofag pada tomat sambung dengan batang bawah tanah. Penelitian ini bertujuan mencari kombinasi terbaik pengendalian penyakit layu bakteri pada batang sambung dengan perlakuan *actinomyces* dan bakteriofag untuk meningkatkan hasil tanaman. Tanaman disambung dengan tomat varietas tahan Amelia (East West, Indonesia) atau H7996 (AVRDC) sebagai batang bawah dan varietas rentan Servo (East West, Indonesia) sebagai batang atas. Batang disambung dengan pendekatan metode tube, yaitu menggunakan karet pentil sebagai sambungan. Rancangan yang digunakan adalah *random completely block design* dengan tanaman sambung yang diberi perlakuan *actinomyces* dan atau bakteriofag dengan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan aplikasi *actinomyces* pada tanaman sambung dengan batang bawah Amelia atau H7996 dan bakteriofag pada varietas rentan (Servo) dapat menjadi alternatif perlakuan terbaik dalam pengendalian penyakit layu bakteri. Varietas rentan dengan aplikasi *actinomyces* atau bakteriofag bahkan mampu meningkatkan hasil buah lebih tinggi dibandingkan tanaman sambung yang diberi *actinomyces* atau bakteriofag. Bahkan varietas tomat rentan dengan perlakuan bakteriofag menunjukkan hasil buah yang tinggi.

Kata kunci: *actinomyces*, bakteriofag, hasil buah, penyakit layu bakteri, *Ralstonia solanacearum*

ABSTRACT

Ralstonia solanacearum (Smith) is a soil-borne pathogen that causes bacterial wilt disease and is a complex species in races, biovars, phylotypes, and strains of various pathogenicities. As a result, the pathogen is difficult to control. An alternative control is by applying *actinomyces* and bacteriophages on tomato grafted with resistant rootstock. This study aims to find the best combination in controlling bacterial wilt disease among grafted tomato plants and/or *actinomyces* and/or bacteriophage treatments to increase yields. The graftings were between Amelia (East West, Indonesia) or H7996 (AVRDC) as rootstocks, and Servo (East West, Indonesia) as the susceptible scion. The grafting used the tube method, and the experimental design was a randomized completely block design with the grafted plants treated by *actinomyces* and/or bacteriophages with three replications. The results indicated that *actinomyces* application on plants grafted with Amelia rootstock or H7996 and the application of bacteriophages on susceptible varieties (Servo) could be the best alternative treatment in controlling the bacterial wilt disease. The susceptible varieties with the *actinomyces* or bacteriophages application could even increase fruit yields higher than the grafted tomatoes treated with *actinomyces* or bacteriophages. In fact, the susceptible tomato varieties with bacteriophage treatment showed high fruit yield.

Keywords: *actinomyces*, bacteriophages, bacterial wilt disease, fruit yield, *Ralstonia solanacearum*

PENDAHULUAN

Ralstonia solanacearum merupakan patogen tular tanah yang tersebar luas di daerah tropik dan daerah

beriklim sedang. Patogen ini mampu menyebabkan kehilangan hasil hingga 100% di lapangan (Hayward 1991; Agrios 2005; Arwiyanto 2014), dan menurunkan produktivitas tomat sampai 69% (Navitasari *et al.* 2021). *R. solanacearum* merupakan spesies kompleks dalam ras, biovar, dan strain yang beragam patogenitasnya dengan kisaran inang yang luas serta dapat bertahan lama di dalam tanah (Kelman 1954; Hayward 1964). Hal ini mengakibatkan penyakit layu bakteri oleh bakteri tersebut sulit dikendalikan.

Pengendalian dengan varietas tanaman yang tahan *R. solanacearum* mampu menekan intensitas penyakit

¹ Politeknik Pembangunan Pertanian Malang, Jl. DR. Cipto 144a Bedali - Lawang, Malang 65200

² Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Jl. Flora Bulaksumur Yogyakarta 55281

* Penulis Korespondensi:

Email: lisa.navitasari@polbangtanmalang.ac.id

layu bakteri tetapi dapat dengan mudah dipatahkan ketahanannya oleh strain bakteri yang berasal dari wilayah lain. Ketahanan tanaman tomat bersifat lokal spesifik terhadap patogen ini, artinya hanya tahan pada strain *R. solanacearum* tertentu (Arwiyanto 2014). Hanson *et al.* (1996) melaporkan bahwa tomat yang tahan penyakit layu bakteri di Malaysia dan Taiwan berubah menjadi rentan penyakit ini ketika di tanam di Filipina dan Indonesia. Selain itu, varietas tomat yang memiliki ketahanan tinggi biasanya diikuti oleh sifat agronomi yang buruk seperti ukuran buah kecil dan rasa masam. Contohnya, tomat varietas H7996 yang tahan *R. solanacearum* memiliki ukuran buah kecil dan rasa yang sedikit masam (AVRDC 2013). Selain itu, untuk mendapatkan varietas tahan diperlukan waktu yang lama (Arwiyanto 2014) sedangkan permasalahan di lapangan menghendaki pemecahan segera. Oleh karena itu diperlukan upaya pengendalian lain yang terpadu dalam menekan penyakit layu bakteri sekaligus meningkatkan hasil tanaman.

Penyakit layu bakteri tomat dapat dikendalikan sekaligus meningkatkan hasil tanaman dengan penyambungan, yaitu penggunaan varietas tahan sebagai batang bawah dengan varietas berproduksi tinggi sebagai batang atas (Arwiyanto *et al.* 2015). Akan tetapi, sifat *R. solanacearum* yang kompleks dalam ras, biovar, patogenisitas, dan mampu bertahan lama di dalam tanah menyebabkan perlunya kombinasi pengendalian yang lain secara terpadu (Arwiyanto 2014). Salah satu upaya ialah dengan mengombinasikan tomat sambung dengan batang bawah tahan (Amelia atau H7996) dan varietas berproduksi tinggi sebagai batang atas dengan aplikasi agen antagonis. Pengendalian penyakit layu bakteri dengan tomat sambung sudah banyak dilakukan di *Asian Vegetable Research Development Center* (AVRDC), yaitu dengan batang bawah tahan H7996 yang menunjukkan hasil mampu menurunkan penyakit (AVRDC 2013). Selain itu penggunaan agensia hayati seperti *Pseudomonas* pada tomat sambung juga menunjukkan penekanan penyakit layu bakteri (Arwiyanto *et al.* 2017). Namun, aplikasi agensia hayati *actinomycetes* dan bakteriofag (virus penyerang bakteri) pada tomat sambung untuk menekan penyakit layu bakteri belum pernah dilaporkan. Penelitian bertujuan menemukan kombinasi terbaik pengendalian penyakit layu bakteri pada tomat sambung melalui aplikasi *actinomycetes* atau bakteriofag, yang sekaligus meningkatkan hasil tanaman.

METODE PENELITIAN

Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian dilaksanakan pada bulan Agustus–November 2021 di Greenhouse Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta-Magelang (Polbangtan Yoma) dan Lab. Bakteriologi, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada.

Isolasi *R. solanacearum* sebagai Sumber Inokulum

Isolasi *R. solanacearum* diawali dengan memotong bagian akar tomat yang menunjukkan gejala penyakit layu bakteri, pada air mengalir. Permukaan akar tanaman didisinfeksi dengan alkohol 70% kemudian jaringan epidermis akar dikupas. Jaringan antara bagian akar tanaman yang sehat dan sakit diiris tipis dan direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit, lalu dibilas dalam akuades steril selama 1 menit dan kemudian ditiriskan pada kertas saring steril. Potongan jaringan tanaman tersebut kemudian dimasukkan ke dalam 1 mL akuades steril dan ditunggu hingga larutan keruh untuk mendapatkan suspensi *R. solanacearum*. Suspensi diambil menggunakan jarum ose dan kemudian digores pada media YPGA (khamir 5 g, pepton 10 g, glukosa 10 g, agar-agar 18 g, dan akuades 1000 mL) kemudian diinkubasi selama 48 jam (Laeshita & Arwiyanto 2007). Selanjutnya patogenisitas diuji dan kemudian dibuat suspensi dengan menambah akuades steril 10 mL. Suspensi tersebut kemudian diukur dengan spektrofotometer (UV-vis Genesys 10S, Thermo Scientific) pada panjang gelombang (λ) 580 nm untuk mendapatkan rapatan optis (OD) 0,1 untuk perlakuan selanjutnya.

Isolasi *Actinomycetes*

Tanah rizosfer tomat (2 g) disuspensikan pada air steril 10 mL dalam tabung Erlenmeyer 50 mL. Tabung digoyang dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam kemudian diencerkan dengan air steril dan ditumbuhkan pada medium *Tryptic Soy Agar* (TSA) (1 L *double-distilled water* [ddH₂O], 5 g tripton, 5 g sukrosa, dan 0,5 g asam glutamat). Selanjutnya biakan diinkubasikan pada suhu kamar, koloni bakteri yang tumbuh kemudian dimurnikan dan ditumbuhkan pada medium *streptomycetes* agar (ekstrak malt 10 g, khamir 4 g, dekstrosa 4 g, kalsium karbonat 2 g, agar-agar 12 g, dan akuades 1000 mL).

Isolasi Bakteriofag

Tanah rizosfer tanaman tomat (2 g) dicampur dengan 10 mL bufer SM dalam Erlenmeyer 50 mL kemudian digoyang dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam dan didiamkan selama 10 menit. Selanjutnya, 9 mL supernatan diambil, dimasukkan ke tabung sentrifuse 15 mL dan ditambahkan kloroform 1 mL, digoyang, kemudian divorteks, dan disentrifuse pada sentrifus tipe 5804R pada 4000 G selama 5 menit. Supernatan diambil dan dimasukkan ke tabung sentrifuse 10 mL kemudian sebanyak 4,5 mL bakteriofag dimasukkan ke dalam tabung sentrifuse 50 mL dan ditambahkan 4,5 *Casamino acid peptone glucose* (CPG) cair yang sudah diinokulasi dengan *R. solanacearum* (1/2) ose. Selanjutnya, campuran diinkubasi dengan digoyang selama 3 hari pada suhu kamar. Pada hari ke-4 ditambahkan 1 mL kloroform, digoyang, dan disentrifus dengan kecepatan 8000 rpm, dan suhu 4°C selama 15 menit. Supernatan dimasukkan ke dalam vial 10 mL (Navitasari *et al.* 2020).

Penyambungan

Tomat sambung menggunakan varietas tomat tahan *R. solanacearum* sebagai batang bawah (Amelia dari Matahari Seed Company, Indonesia) dan H7996 dari *Asian Vegetable Research Development Center*, AVRDC). Varietas tomat rentan sebagai batang atas adalah Servo (East-West Company, Indonesia). Penyambungan menggunakan pendekatan metode *tube*, yaitu menggunakan bantuan karet pentil sebagai sambungan. Batang disambung setelah tanaman tomat berumur 21 hari setelah semai. Batang yang sudah disambung kemudian dipindah ke dalam *healing chamber* selama 10 hari dengan menjaga suhu 22–25°C dan kelembapan relatif 90–95%. Setelah 10 hari, batang yang sudah tersambung dipindah ke polibag berukuran 15 × 10 cm² yang telah terisi tanah yang telah dimasak selama 3 jam sejak mendidih (tanah steril) sebanyak 1,3 kg. Selanjutnya akar dipotong, lalu diinokulasikan dengan *R. solanacearum*, *actinomyces*, dan bakteriofag. Inokulasi dilakukan dengan cara batang sambung disiram *actinomyces* dengan OD 0,1 pada λ 600 nm yang setara dengan 10⁸ CFU/mL, sebanyak 30 mL. Tanaman kembali disiram dengan *R. solanacearum* dengan OD 0,1 pada panjang gelombang (λ) 600 nm yang setara dengan 10⁸ CFU/mL sebanyak 30 mL dan bakteriofag sebanyak 10 mL pada 24 jam berikutnya (Arwiyanto *et al.* 2015).

Rancangan Percobaan

Rancangan yang digunakan adalah *Randomized Completely Block Design* (RCBD) dengan kombinasi perlakuan antara 2 tomat sambung (GrAmIS dan GrH7996S), dan 1 varietas tomat unggul tetapi rentan terhadap *R. solanacearum* (Servo) dengan 4 perlakuan (*R. solanacearum*, *R. solanacearum* + *actinomyces*, *R. solanacearum* + bakteriofag, *R. solanacearum*+ *actinomyces* + bakteriofag) (Tabel 1). Percobaan diulang 3 kali sehingga totalnya adalah 36 unit percobaan. Setiap unit percobaan terdiri atas 10 tanaman sehingga terdapat 360 tanaman. Tanaman ditanam di dalam rumah kaca, kemudian dipelihara dengan baik hingga panen.

Pengamatan atas Intensitas Penyakit Layu Bakteri

Intensitas penyakit diamati setiap pekan hingga panen. Intensitas penyakit layu bakteri (%) ditentukan berdasarkan sistem skor. Skor 0 = semua daun sehat,

skor 1 = 1≤<10% daun layu, skor 2 = 10≤<30% daun layu, skor 3 = 30≤<60% daun layu, skor 4 = 60≤<100% daun layu, dan skor 5 = 100% daun layu (tanaman mati) (Arwiyanto & Hartana 1999) yang dihitung dengan rumus:

$$\text{Intensitas penyakit (IP)} = \frac{\sum_{i=1}^k kx_nk}{N \times V} \times 100\%$$

Keterangan:

nk = Jumlah tanaman yang terserang penyakit dengan skala *k* (*k* = 0, 1, 2, 3, 4, 5)

N = Jumlah tanaman yang diamati

V = Skala penyakit tertinggi

Pengamatan atas Hasil Buah

Hasil buah diamati dengan cara menimbang bobot buah tomat yang masak fisiologis pada saat panen pertama kali (60 HST). Bobot buah ditimbang pada setiap perlakuan dengan total tanaman setiap perlakuan adalah 90 tanaman.

Analisis Data

Data intensitas penyakit layu bakteri (%) dan hasil buah (kg) dianalisis ragam (ANOVA) dengan *Statistical Package for the Social Sciences* (SPSS) 21.0. Variabel pengamatan yang menunjukkan pengaruh nyata dilanjutkan dengan uji lanjut Duncan dengan alfa 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Intensitas Penyakit Layu Bakteri

Intensitas penyakit layu bakteri pada tomat sambung dan varietas tomat rentan yang diberi *actinomyces*, bakteriofag, atau gabungan *actinomyces* + bakteriofag menunjukkan intensitas penyakit yang lebih rendah dibandingkan dengan varietas tomat rentan tanpa perlakuan. Namun, varietas tomat rentan dengan perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag atau gabungan keduanya tidak menunjukkan perbedaan intensitas penyakit yang nyata nyata dengan tomat sambung, baik dengan perlakuan maupun tanpa perlakuan *actinomyces*, bakteriofag, atau gabungan keduanya (Tabel 2). Tomat sambung dengan batang bawah tahan tanpa

Tabel 1 Formula perlakuan tomat sambung, bakteri antagonis dan bakteriofag dalam mengendalikan penyakit layu bakteri *R. solanacearum* di rumah kaca

Tomat sambung	Perlakuan			
	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i> (A)	<i>R. solanacearum</i> + bakteriofag (B)	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i> + bakteriofag (C)	<i>R. solanacearum</i>
H7996-Servo (GrH7996S)	+	+	+	+
Amelia-Servo (GrAmIS)	+	+	+	+
Kontrol (Servo)	-	-	-	+

Keterangan: + (perlakukan) dan - (tanpa perlakuan).

Tabel 2 Intensitas penyakit layu bakteri pada perlakuan *actinomyces* dan bakteriofag pada tanaman tomat

Sambung/ tunggal	Perlakuan				Rata- rata
	<i>R. solanacearum</i>	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i>	<i>R. solanacearum</i> + bakteriofag	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i> + bakteriofag	
	Intensitas Penyakit (%)				
GrH7996S	8,15 ^b	0,00 ^a	4,00 ^b	8,15 ^b	5,11
GrAmIS	8,10 ^b	0,00 ^a	4,07 ^b	8,15 ^b	5,08
Servo	30,75 ^c	2,77 ^a	0,00 ^a	8,10 ^b	10,40
Rata-rata	15,66	0,92	2,69	8,13	+

Keterangan: Angka pada kolom dan baris yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada DMRT-alfa 5%. + terdapat interaksi antara sambung/tunggal dan *actinomyces* atau bakteriofag, Servo (varietas tomat rentan).

perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag menunjukkan intensitas penyakit layu bakteri lebih rendah daripada varietas tomat rentan tanpa perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag. Hal ini sejalan dengan temuan Navitasari *et al.* (2020), bahwa penggunaan varietas tahan sebagai batang bawah mampu menurunkan intensitas penyakit layu bakteri. Selain itu, penggunaan *actinomyces* dan bakteriofag pada batang yang disambung dengan varietas rentan juga menunjukkan intensitas pe-nyakit layu bakteri yang rendah. Bahkan, intensitas penyakit pada tomat sambung dengan varietas rentan (Servo) plus perlakuan *actinomyces* menunjukkan intensitas penyakit yang lebih rendah dibandingkan dengan batang sambung yang diberi *actinomyces* dan bakteriofag. Namun, perlakuan bakteriofag pada varietas rentan (Servo) menunjukkan tertekannya intensitas penyakit layu bakteri yang sama dengan tomat sambung dengan perlakuan *actinomyces*. Gejala ini menunjukkan bahwa aplikasi *actinomyces* pada batang sambung dan bakteriofag pada varietas rentan menjadi alternatif terbaik dalam pengendalian penyakit layu bakteri.

Tertekannya intensitas penyakit layu bakteri pada tomat sambung yang diberi *actinomyces* adalah karena *actinomyces* yang bersifat antibakterial, yaitu bakteriosidal (membunuh bakteri) terhadap *R. solanacearum* (Navitasari *et al.* 2020). *Actinomyces* efektif sebagai biokontrol *R. solanacearum* ketika diaplikasikan pada tomat sambung. Hal ini ditunjukkan dengan tidak adanya gejala penyakit layu bakteri pada tomat sambung (0%) (Tabel 2). Tomat sambung dengan perlakuan *actinomyces* menunjukkan penekanan intensitas penyakit yang lebih tinggi dibandingkan dengan varietas tomat rentan tanpa sambung. Hal ini karena tomat sambung memiliki kelimpahan unsur C dan N di tanah yang lebih tinggi dibandingkan varietas tomat rentan tanpa sambung (Navitasari *et al.* 2020). Unsur C dan N diperlukan oleh *actinomyces* dalam memproduksi antibiotik (Pandey *et al.* 2005; Vasavada *et al.* 2006). Kelimpahan unsur C dan N yang tinggi pada tomat sambung mengakibatkan *actinomyces* mampu maksimum memproduksi antibiotik sehingga mampu membunuh *R. solanacearum* (bakteriosidal) dan menurunkan intensitas penyakit layu bakteri hingga 100%. Dengan kata lain, intensitas serangan penyakit layu bakteri 0%.

Kelimpahan unsur C dan N yang tinggi pada tomat sambung sejalan dengan temuan Li *et al.* (2014) dan Nie *et al.*, (2010), bahwa tomat sambung memiliki konsentrasi CO₂ pada akar tanaman dan sumber N di eksudat akar yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa sambung. Djidonou *et al.* (2019) juga melaporkan bahwa tomat sambung mampu mengurangi hilangnya pencucian unsur N dengan penyerapan N yang tinggi di akar.

Perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag pada varietas tomat rentan juga mampu menurunkan intensitas penyakit layu bakteri dibandingkan dengan varietas tomat rentan tanpa perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag. Aplikasi *actinomyces* pada varietas rentan menunjukkan intensitas penyakit layu bakteri lebih rendah (2,77%) dibandingkan dengan varietas rentan tanpa *actinomyces* (30,75%). *Actinomyces* mampu menurunkan intensitas penyakit layu didukung oleh sifat *actinomyces* yang bersifat bakteriosidal ketika dilakukan uji antagonisme. Hal ini mengakibatkan perlakuan *actinomyces* secara langsung menurunkan intensitas penyakit layu bakteri, yang sejalan dengan pendapat Bhatti *et al.* (2017) bahwa *actinomyces* berperan sebagai agen biokontrol dengan menghasilkan antibiotik yang bersifat antibakterial.

Aplikasi bakteriofag pada varietas rentan juga memperlihatkan penurunan intensitas penyakit layu bakteri hingga 100%. Ini mengindikasikan bahwa penggunaan bakteriofag pada varietas rentan efektif dalam menekan intensitas penyakit layu bakteri. Kuter (1997) menemukan bahwa bakteriofag bersifat spesifik hanya pada target bakteri tertentu dengan menyerang reseptor bakteri inang yang penting dalam patogenesis sehingga virulensi patogen bakteri menjadi lemah. Bakteriofag bersifat efektif sebagai agen biokontrol karena mengkode endolisin yang menyebabkan hancurnya matriks peptidoglikan dan mengkode holin yang menyebabkan hancurnya membran sel bakteri (Yamada 2012).

Keefektifan bakteriofag sebagai biokontrol *R. solanacearum* pada varietas rentan lebih tinggi dibandingkan dengan pada tomat sambung, sebagaimana ditunjukkan oleh intensitas penyakit yang lebih rendah daripada tomat sambung. Tomat sambung dengan unsur N dan P yang lebih tinggi dibandingkan tomat tanpa sambung (tomat rentan)

Tabel 3 Hasil buah pada tomat sambung, dan varietas rentan dengan berbagai perlakuan pada umur 60 hari setelah tanam

Sambung/ tunggal	Perlakuan				Rata-rata
	<i>R. solanacearum</i>	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i>	<i>R. solanacearum</i> + bakteriofag	<i>R. solanacearum</i> + <i>actinomyces</i> + bakteriofag	
	Hasil buah (g)				
GrH7996S	2854,20 ^{ab}	4109,13 ^{bc}	4243,20 ^{bc}	3414,40 ^{ab}	3655,23
GrAmlS	3186,80 ^{ab}	4525,33 ^{bc}	4006,40 ^{bc}	3466,60 ^{ab}	3683,78
Servo	2271,80 ^a	4410,17 ^{bc}	4708,13 ^d	3878,60 ^b	3767,17
Rata-rata	2770,933	4348,21	4319,24	3586,47	+

Keterangan: Angka pada kolom dan baris yang sama dan diikuti huruf yang sama menunjukkan hasil yang tidak berbeda nyata pada uji Duncan alfa 5%. + artinya ada interaksi antara sambung/tunggal dengan *actinomyces* atau bakteriofag. Servo: varietas tomat rentan. Hasil buah dihitung pada setiap perlakuan dengan total 90 tanaman.

diduga mengakibatkan bakteriofag kurang efektif dalam menekan *R. solanacearum*. Konversi urea menjadi amonia menjadi faktor penonaktif bakteriofag yang dapat menyebabkan bakteriofag kehilangan aktivitasnya (Adam 1949, Gupta & Yin 1995).

Penurunan intensitas penyakit layu bakteri pada perlakuan *actinomyces*, atau bakteriofag, atau gabungan keduanya dapat dijadikan alternatif pengendalian *R. Solanacearum*. Akan tetapi, penggunaan gabungan *actinomyces*+bakteriofag tidak ada mengindikasikan efek sinergis dalam menurunkan intensitas penyakit layu bakteri. Perlakuan gabungan tersebut menunjukkan intensitas penyakit lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag saja. Valerio *et al.* (2017) menyatakan bahwa tidak ada efek sinergis dari kombinasi perlakuan bakteriofag+antibiotik yang dihasilkan oleh bakteri patogen.

Intensitas penyakit layu bakteri yang tinggi pada perlakuan *actinomyces*+bakteriofag diduga karena sifat bakteriofag yang memiliki spesifisitas tinggi terhadap eksopolisakarida (EPS) bakteri dan protein holin bakteriofag yang bersifat spektrum luas. Sejalan dengan pendapat Drulis-Kawa *et al.* (2012), bahwa bakteriofag dengan sifat spesifitas tinggi terhadap EPS dapat berpengaruh dan mengganggu bakteri lain seperti bakteri yang bermanfaat dan memungkinkan terjadinya disbiosis (ketidakseimbangan nisbah) bakteri. Bakteriofag dapat menyebabkan lisis bakteri sasaran (Lu & Collin 2007) dan mengganggu bakteri tanah (Gill & Stephen 2003) sebab endolisin bakteriofag menghidrolisis peptidoglikan bakteri bukan-sasaran (Schuch *et al.* 2002, Nelson *et al.* 2012). Selain itu, tomat sambung dengan kelimpahan unsur hara N yang tinggi juga berperan dalam menurunkan efektivitas bakteriofag. Hal ini mengakibatkan aplikasi bakteriofag+*actinomyces* tidak menimbulkan efek sinergis dalam menekan intensitas penyakit layu bakteri. Meskipun demikian, penggunaan *actinomyces* atau bakteriofag atau gabungan keduanya masih mampu menurunkan intensitas penyakit layu bakteri daripada tanpa aplikasi *actinomyces* atau bakteriofag.

Pengaruh Perlakuan pada Hasil Tanaman

Hasil buah pada tomat sambung dan varietas tomat rentan yang diberi *actinomyces* atau bakteriofag atau

gabungan keduanya menunjukkan bahwa aplikasi bakteriofag pada varietas rentan menghasilkan buah yang lebih tinggi dibandingkan dengan tomat sambung, baik dengan atau tanpa perlakuan *actinomyces*, bakteriofag, atau gabungan keduanya (Tabel 3). Tomat sambung dengan batang bawah tahan (Amelia, H7996) memberikan hasil yang tidak berbeda dengan tomat sambung, baik dengan atau tanpa perlakuan *actinomyces* atau bakteriofag. Sebaliknya, varietas rentan yang diberi *actinomyces* atau bakteriofag mampu meningkatkan hasil buah. Bahkan varietas rentan dengan perlakuan bakteriofag menunjukkan hasil buah yang lebih tinggi. Namun, varietas rentan dengan *actinomyces* atau bakteriofag tidak memperlihatkan perbedaan hasil buah dengan tomat sambung, baik dengan atau tanpa *actinomyces* atau bakteriofag.

Aplikasi bakteriofag pada varietas rentan menunjukkan hasil buah yang lebih tinggi daripada aplikasi *actinomyces*, atau gabungan keduanya. *Actinomyces* memerlukan N untuk pertumbuhan dan memproduksi antibiotik yang bersifat bakteriosidal terhadap *R. solanacearum*. Dengan demikian, aplikasi *actinomyces* pada varietas rentan dengan unsur N yang lebih rendah dibandingkan tomat sambung menunjukkan intensitas penyakit dan hasil buah yang lebih rendah daripada perlakuan bakteriofag.

KESIMPULAN

Aplikasi *actinomyces* pada tomat sambung dan bakteriofag pada varietas tomat rentan (Servo) dapat menjadi alternatif perlakuan terbaik di dalam pengendalian penyakit layu bakteri. Varietas tomat rentan yang diberi *actinomyces* atau bakteriofag bahkan mampu meningkatkan hasil buah lebih tinggi dibandingkan tomat sambung. Bahkan varietas tomat rentan dengan perlakuan bakteriofag menunjukkan hasil buah yang lebih tinggi.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Politeknik Pembangunan Pertanian Yogyakarta-

Magelang (Polbangtan Yoma), Kementerian Pertanian, yang memfasilitasi sarana dan prasarana penelitian.

DAFTAR PUSTAKA

- Adams MH. 1949. The stability of bacterial viruses in solutions of salts. *Journal of General Physiology*. 32: 579–594. <https://doi.org/10.1085/jgp.32.5.579>
- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. Ed. Ke-5. New York (US): Elsevier Academic Press.
- Arwiyanto T & Hartana A. 1999. Pengendalian hayati penyakit layu bakteri tembakau: 2. Percobaan di rumah kaca. *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia*. 5(1): 50–59. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2015.1069.24>
- Arwiyanto T. 2014. *Ralstonia solanacearum: Biology, Penyakit yang Ditimbulkan dan Pengelolannya*. Yogyakarta (ID): Gadjah Mada University Press.
- Arwiyanto T, Nurcahyanti SD, Indradewa D & Widada J. 2015. Grafting local commercial tomato cultivar with H7996 and Eg 203 to suppress bacterial wilt (*Ralstonia solanacearum*) in Indonesia. Proc.IVth IS on Tomato Disease. *Acta Horticulturae*. 1069: 173–178.
- Asian Vegetable Research and Development Centre (AVRDC). 2013. *An Impact Assessment of AVRDC's Tomato Grafting in Vietnam*. AVRDC Publication. 13:773. ISBN 92-9058-203-0.
- Bhatti AA, Shamsul H & Rouf AB. 2017. Actinomycetes benefaction role in soil and plant health. *Microb Pathogen*, 111: 458–467. <https://doi.org/10.1016/j.micpath.2017.09.036>
- Djidonou D, Zhao Xin, Karen EK & Lincoln Z. 2019. Nitrogen accumulation and root distribution of grafted tomato plants as affected by nitrogen fertilization. *Hortscienc*. 54(11): 1904–1914. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI114066-19>
- Drulis-Kawa Z, Majkowska-Skrobek G, Maciejewska B & Delattre AS. 2012. Learning from bacteriophages advantages and limitation of bacteriophage and bacteriophage-encoded protein application. *Current Protein and Peptide Science*. 13:699–722. <https://doi.org/10.2174/138920312804871193>
- Gupta K, Yin J. 1995. Metal recognition by *in-vitro* selection. *Biotechnology and Bioengineering*. 45: 458. <https://doi.org/10.1002/bit.260450512>
- Hanson PM, Wang JF, Licardo O, Mah SY, Hartman GL, Lin YC, *et al*. 1996. Variable reaction of tomato line to bacterial wilt evaluated at several location in Southeast Asia. *Horticulturae Science*. 31: 143–146. <https://doi.org/10.21273/HORTSCI.31.1.143>
- Hayward AC. 1964. Characteristic of *Pseudomonas solanacearum*. *Journal of Applied Bacteriology*. 27: 265–217. <https://doi.org/10.1111/j.13652672.1964.tb04912.x>
- Hayward AC. 1991. Biology and epidemiology of bacterial wilt caused by *Pseudomonas solanacearum*. *Annual Review Phytopathology*. 29: 65–87. <https://doi.org/10.1146/annurev.py.29.090191.000433>
- Kelman A. 1954. The relationship of pathogenicity in *Pseudomonas solanacearum* to colony appearance on a tetrazolium medium. *Phytopathology*. 44: 693–695.
- Kutter E, Kuhl S, Alavidze Z, Blasdel B. 2005. Phage therapy: *bacteriophages as natural, self-limiting antibiotics*. Textbook of natural medicine, 112:945–956..
- Laeshita P, Arwiyanto T. 2017. Resistance test of several tomato varieties to bacterial wilt diseases caused by *Ralstonia solanacearum*. *J Perlindungan Tanaman Indonesia*. 21(1): 51–53.
- Li H, Wang F, Chen XJ, Shi K, Xia XJ, Conside MG, Yu GQ, Zhou YH. 2014. The sub/supra optimal temperature induced inhibitor of photosynthesis and oxidative damage in cucumber leaves are alleviated by grafting onto fig leaf gourd/lutfa rootstock. *Physiology plant*. 152: 571–584. <https://doi.org/10.1111/ppl.12200>
- Lu TK, Collins JJ. 2007. Dispersing biofilms with engineered enzymatic bacteriophages. *Proceedings National. Academy of Science* 104: 11197–11202. <https://doi.org/10.1073/pnas.0704624104>
- Gill J, Stephen TA. 2003. Bacteriophage's ecology and plants. *APSnet Feature*. 1–17. <https://doi.org/10.1094/APSnetFeature-2003-1103>
- Navitasari L, Joko T, Murti RH, Arwiyanto T. 2020. Rhizobacterial community structure in grafted tomato plants infected by *Ralstonia solanacearum*. *Biodiversitas*. 21(10): 4488–4495. <https://doi.org/10.13057/biodiv/d211055>.
- Navitasari L., Joko T, Murti, RH, Arwiyanto T. 2021. Pengaruh tomat sambung pada intensitas penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), komponen hasil produksi, dan kualitas buah. *Jurnal ilmu pertanian Indonesia*. 26(3): 413-420.. DOI: 10.18343/jipi.26.3.413
- Navitasari L, Joko T, Murti RH, Arwiyanto T. 2021. Pengaruh tomat sambung pada intensitas penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*), komponen hasil produksi, dan kualitas buah. *J Ilmu Pertanian Indonesia*. 26(3): 413–420. <https://doi.org/10.18343/jipi.26.3.413>

- Nelson DC, Schmelcher M, Rodriguez-Rubio L, Klumpp J, Pritchard DG, Dong S & Donovan DM. 2012. Endolysin as antimicrobials. *Adv Virus Res.* 83: 299–365. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-394438-2.00007-4>
- Nie L, Chen H, Zhang X, Di B. 2010. Photosynthetic ability and mineral concentrations in xylem exudate of grafted and non-grafted watermelon seedlings. *Acta Horticulturae.* 319. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2010.871.43>
- Pandey A, Shukla A & Majumdar SK. 2005. Utilization of carbon and nitrogen sources by *Streptomyces kanamyceticus* M27 for the production of an anti-bacterial antibiotic. *Africa Journal Biotechnology.* 4: 909–910.
- Schuch RD, Nelson VA, Fischetti. 2002. A bacteriolytic agent that detects and kill *Bacillus anthracis*. *Nature.* 418: 884–889. <https://doi.org/10.1038/nature01026>
- Valerio N, Cristiana O, Vania J, Tatiana B, Carla P, Catarina M, Dana, Adeliade A. 2017. Effect of single and combined use of bacteriophages and antibiotics to inactivate *Escherichia coli*. *Virus Research.* 240:8–17. <https://doi.org/10.1016/j.virusres.2017.07.015>
- Vasavada SH, Thumar JT, Singh SP. 2006. Secretion of a potent antibiotic by salt-tolerant and alkaliphilic actinomycete *Streptomyces sannanensis* strain RJT-1. *Current Science* 91:1393–1397
- Yamada T. 2012. Bacteriophages of *Ralstonia solanacearum*: Their diversity and utilization as biocontrol agents in agriculture. <https://www.researchgate.net/publication/22192863>. <https://doi.org/10.5772/33983>