

Keefektifan Perlakuan Fisik dan Minyak Atsiri untuk Mengeliminasi Bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* pada Benih Tomat

The Effectiveness of Physical and Essential Oil Treatment to Eliminate *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on Tomato Seed

Siti Tri Wahyuni, Ali Nurmansyah, Giyanto*
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* merupakan bakteri penyebab penyakit kanker pada tomat. Bakteri ini bersifat tular benih dan dapat menyebabkan kehilangan hasil sampai 70%. Perlakuan benih merupakan salah satu alternatif untuk mengendalikan penyakit ini. Tujuan penelitian ialah menentukan perlakuan fisik dan minyak atsiri yang efektif mengeliminasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dari benih tomat. Penelitian terdiri atas 4 percobaan, yaitu penapisan minyak atsiri, penentuan *treatment window* perlakuan, perlakuan fisik dan minyak atsiri pada benih tomat terinfeksi, dan kombinasi perlakuan fisik dan minyak atsiri pada benih tomat terinfeksi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa minyak sirih mempunyai daya hambat paling besar (27.33 mm). Perlakuan air panas suhu 53 °C selama 25 menit pada benih terinfeksi mampu mengeliminasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dari benih tomat sebesar 90.94%. Perlakuan panas kering pada suhu 60 °C selama 24 jam dan minyak sirih konsentrasi 0.25% dapat mengeliminasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* berturut-turut sebesar 85.13% dan 99.82%. Kombinasi perlakuan air panas suhu 55 °C, minyak sirih konsentrasi 0.5%, dan panas kering suhu 60 °C mampu mengeliminasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* sebesar 99.99% dengan persentase daya berkecambah mencapai 100%. Perlakuan kombinasi ini dapat direkomendasikan untuk perlakuan benih tomat yang terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*.

Kata Kunci: air panas, daya kecambah benih, minyak sirih, panas kering

ABSTRACT

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* is the causal agent of bacterial canker disease of tomato. The bacteria is seed borne and may cause yield loss up to 70%. Seed treatment is an alternative method for controlling bacterial canker. The objective of the research was to study the effectiveness of physical and essential oil treatment for elimination of *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* from tomato seed. Research was conducted in 4 separate experiments, i.e. (1) screening essential oils to control *C. michiganensis* subsp. *Michiganensis*; (2) to determine the treatment window of physical and essential oil treatment; (3) to determine the physical and essential oil treatment on tomato seed infested by *C. michiganensis* subsp. *Michiganensis*; and (4) to determine the effectiveness of treatment combination of physical and essential oil. The results showed that betel oil at concentration of 8% had the greatest inhibitory level (approximately 27.33 mm). Hot water treatment (53 °C) for 25 minutes reduced 90.94% of *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* population; whereas dry heat treatment (60 °C, 24

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor. Jalan Kamper, Kampus Darmaga IPB, Bogor 16680.
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362; Surel: giyanto2@yahoo.com

hours) and betel oil treatment at 0.25% concentration reduced *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* population (85.13 and 99.82% respectively). The combination of betel oil (0.5%), hot water (55 °C), and dry heat treatments (60 °C) was the most effective control method, because it reduced 99.99% of *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* population and maintained the germination level of seed up to 100%. This combination might be recommended for seed treatment to eliminate *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*.

Key words: betel oil, dry heat, hot water, seed germination

PENDAHULUAN

Clavibacter michiganensis subsp. *michiganensis* merupakan bakteri tular benih penyebab penyakit kanker pada tanaman tomat. Bakteri ini menimbulkan kehilangan hasil hingga 20% di Canada, 20-30% di Perancis, dan 70% di USA (Dhanvantari dan Brown 1993; EPPO 2013; CABI 2016). Menurut Peraturan Menteri Pertanian No.51/Permentan/KR.010/9/2015, bakteri ini termasuk dalam organisme pengganggu tumbuhan karantina (OPTK) kategori A2, dengan penyebaran masih terbatas di Provinsi Jawa Barat, Jawa Timur, Banten, Sumatera Barat dan Sumatera Selatan (Kementan 2015).

Pengendalian *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* secara kimiawi menggunakan tembaga hidroksida yang diaplikasikan dengan mankozeb dan antibiotik streptomisin dilaporkan oleh Kasselaki *et al.* (2011) dan Werner *et al.* (2012). Akan tetapi, penggunaan antibiotik dapat menimbulkan resistensi pada patogen dan pencemaran lingkungan. Oleh karena itu, pengendalian alternatif perlu dikembangkan.

Minyak atsiri yang dapat digunakan mengendalikan bakteri patogen tanaman di antaranya ialah minyak cengkeh, minyak sirih, minyak pala dan minyak serai. Perendaman benih tomat dalam minyak cengkeh dengan konsentrasi 0.5% dapat mengeliminasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* lebih dari 99 % (Zainal *et al.* 2010). Minyak serai konsentrasi 1–2% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae* secara *in vitro* (Rachmawati 2009). Ekstrak sirih dengan konsentrasi 2% mampu menghambat pertumbuhan bakteri *X. campestris* pv. *campestris* sebesar 100 % secara

in vitro dan 99.9 % pada benih kubis terinfeksi (Fitriawati 2012). Menurut Kusumaningrum *et al.* (2003), minyak pala dengan konsentrasi 1% dapat menghambat pertumbuhan bakteri *X. campestris* dari tanaman brokoli secara *in vitro*.

Tujuan penelitian ialah menentukan keefektifan perlakuan fisik dan minyak nabati untuk mengeliminasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat tanpa merusak kualitas benih.

BAHAN DAN METODE

Benih tomat yang digunakan ialah varietas Tymoti F1 yang beredar di pasaran, *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* merupakan koleksi Balai Besar Uji Standar Karantina Pertanian, Jakarta. Minyak atsiri yang digunakan adalah minyak atsiri komersial yang diproduksi oleh Balai Penelitian Tanaman Rempah dan Obat (Balitro), Bogor; yakni berasal dari tanaman sirih (*Piper betle*), cengkeh (*Syzygium aromaticum*), serai (*Cymbopogon citratus*), dan pala (*Myristica fragrans*).

Penapisan Minyak Atsiri terhadap *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* secara *in vitro*

Bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* diremajakan pada medium *yeast dextrose calcium agar* (YDCA). Pengayaan bakteri dilakukan dari satu koloni tunggal bakteri dan disuspensikan ke dalam 500 mL medium *nutrient broth* (NB). Suspensi bakteri pada medium NB kemudian diinkubasi di inkubator bergoyang dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam (Rahma 2013).

Penapisan daya hambat minyak atsiri dilakukan menggunakan metode difusi cakram. Minyak atsiri yang digunakan terdiri

atas minyak cengkeh, minyak serai, minyak sirih, dan minyak pala dengan konsentrasi 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, dan 8%. Stok minyak atsiri dibuat dengan melarutkan minyak atsiri dalam air steril. Sebanyak 100 μL suspensi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* disebar secara merata pada medium *nutrient broth yeast agar* (NBYA). Kertas *whatman* berdiameter 0.5 cm diletakkan di atas permukaan medium yang sudah diberi suspensi bakteri. Kertas *whatman* ditetesi 10 μL minyak atsiri dan diinkubasi selama 48 jam. Sebagai kontrol negatif digunakan kertas *whatman* yang ditetesi air steril. Daya hambat minyak atsiri diamati dengan mengukur diameter zona bening di sekitar kertas *whatman*. Minyak atsiri yang mempunyai daya hambat paling baik digunakan untuk uji lanjut.

Penentuan *Treatment Window* Perlakuan Benih

Treatment window merupakan interval suhu atau dosis perlakuan untuk menghasilkan populasi patogen yang menurun, tetapi daya berkecambah benih tetap tinggi. Penentuan *treatment window* dilakukan pada bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dan benih tomat secara *in vitro* (Forsberg 2014). Perlakuan air panas diberikan dengan merendam benih dan tabung berisi suspensi bakteri (OD=0.2, 600 nm) setara dengan 3×10^8 cfu mL^{-1} di dalam penangas air pada suhu 40, 45, 50, 51, 52, 53, 54, 55, dan 60 $^{\circ}\text{C}$ selama 25 menit. Perlakuan panas kering dilakukan dengan menempatkan benih dan tabung berisi suspensi bakteri (OD=0.2, 600 nm) di dalam oven pada suhu 40, 45, 50, 60, dan 70 $^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Perlakuan minyak sirih dilakukan dengan merendam benih dalam larutan minyak sirih pada konsentrasi 0.125, 0.25, 0.5, 1, 2, 4, dan 8% selama 25 menit.

Benih yang diberi perlakuan ditanam pada nampan plastik yang dilapisi tisu lembap. Pengamatan dilakukan terhadap vigor dan daya berkecambah benih. Suspensi bakteri yang diberi perlakuan diinkubasi di dalam inkubator bergoyang dengan kecepatan 150 rpm selama 24 jam. Kepadatan sel diukur berdasarkan nilai OD menggunakan spektrofotometer.

Data yang diperoleh dibuat grafik hubungan antara suhu atau konsentrasi perlakuan dengan daya berkecambah benih dan populasi bakteri. Interval suhu dan konsentrasi yang mampu menurunkan populasi bakteri dan mempertahankan daya kecambah benih yang tinggi (*treatment window*) digunakan untuk perlakuan selanjutnya.

Perlakuan Fisik dan Minyak Atsiri pada Benih Terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

Benih tomat diinokulasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* secara buatan dengan merendamnya dalam suspensi bakteri (OD=0.2, 600 nm) selama 60 menit. Selanjutnya benih dikeringanginkan selama 24 jam.

Perlakuan air panas dilakukan dengan merendam benih terinfeksi di dalam penangas air pada suhu 50, 53, dan 55 $^{\circ}\text{C}$ selama 25 menit. Perlakuan panas kering dilakukan dengan memasukkan benih tomat ke dalam oven pada suhu 60 dan 65 $^{\circ}\text{C}$ selama 24 jam. Perlakuan minyak sirih dilakukan dengan merendam benih tomat di dalam larutan minyak sirih konsentrasi 0.125, 0.25, dan 0.5% selama 25 menit.

Benih tomat yang telah diberi perlakuan ditanam pada nampan plastik berisi medium tanam steril yang berisi campuran tanah dan pupuk kandang (1:1 v/v). Peubah yang diamati ialah vigor dan daya berkecambah.

Pengaruh perlakuan terhadap populasi bakteri dilakukan dengan mengekstraksi benih tomat yang sudah diberi perlakuan dalam larutan NaCl 0.8% dengan perbandingan 1:10. Sebanyak 100 μL suspensi disebar pada medium NBYA kemudian diinkubasi selama 72 jam. Kepadatan populasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* diamati dengan menghitung koloni yang tumbuh pada medium

Percobaan disusun dalam rancangan acak lengkap (RAL). Perlakuan minyak atsiri terdiri atas 3 konsentrasi: 0.125, 0.25, dan 0.5%. Perlakuan air panas terdiri atas 3 suhu: 50, 53, dan 55 $^{\circ}\text{C}$, sedangkan pengovenan terdiri atas 2 perlakuan, yaitu suhu 60 dan 65 $^{\circ}\text{C}$. Masing-masing perlakuan diulang 3 kali. Data yang diperoleh dianalisis ragam menggunakan SAS 9.1.3 dan dilanjutkan uji Duncan pada α 5%.

Kombinasi Perlakuan Fisik dan Minyak Atsiri pada Benih Terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

Kombinasi perlakuan diberikan dengan merendam benih di dalam larutan minyak sirih konsentrasi 0.125, 0.25, dan 0.5% selama 25 menit di dalam gelas piala. Benih tersebut dipanaskan di dalam penangas air pada suhu 50, 53, dan 55 °C. Benih kemudian di oven pada suhu 60 dan 65 °C selama 24 jam.

Rancangan percobaan yang digunakan ialah *split split plot* dalam RAL dengan petak utama suhu panas kering, anak petak suhu air panas, dan anak anak petak konsentrasi minyak sirih. Masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali. Peubah yang diamati ialah viabilitas benih dan populasi bakteri. Data yang diperoleh dianalisis dengan analisis ragam menggunakan SAS 9.1.3 dan dilanjutkan uji Duncan pada α 5%.

HASIL

Daya Hambat Minyak Atsiri terhadap *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

Pemberian minyak sirih dengan konsentrasi 8% menghasilkan diameter zona bening paling lebar (Tabel 1). Oleh karena itu, minyak sirih digunakan untuk uji lanjut.

Treatment Window Perlakuan Benih

Perlakuan air panas pada suhu 50 °C dapat menurunkan populasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dan suhu 55 °C

dapat mematikan bakteri ini. Perlakuan ini menghasilkan daya berkecambah benih tomat di atas 80% (Gambar 1a). Populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* menurun setelah perlakuan panas kering suhu 60 °C dan tidak menurunkan daya berkecambah benih (Gambar 1b). Perlakuan panas kering suhu 70 °C dapat mematikan bakteri. Perlakuan minyak sirih dengan konsentrasi 8% dapat mengeliminasi populasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*. Perlakuan minyak sirih dengan konsentrasi lebih dari 0.5% menyebabkan daya berkecambah di bawah 80%. (Gambar 1c).

Berdasarkan *treatment window*, suhu perlakuan yang dapat digunakan untuk perlakuan benih tomat terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* ialah 50, 53, dan 55 °C untuk perlakuan air panas, suhu 60 dan 65 °C untuk perlakuan panas kering, dan konsentrasi 0.125, 0.25, dan 0.5% untuk perlakuan minyak sirih (Gambar 1a, 1b, dan 1c).

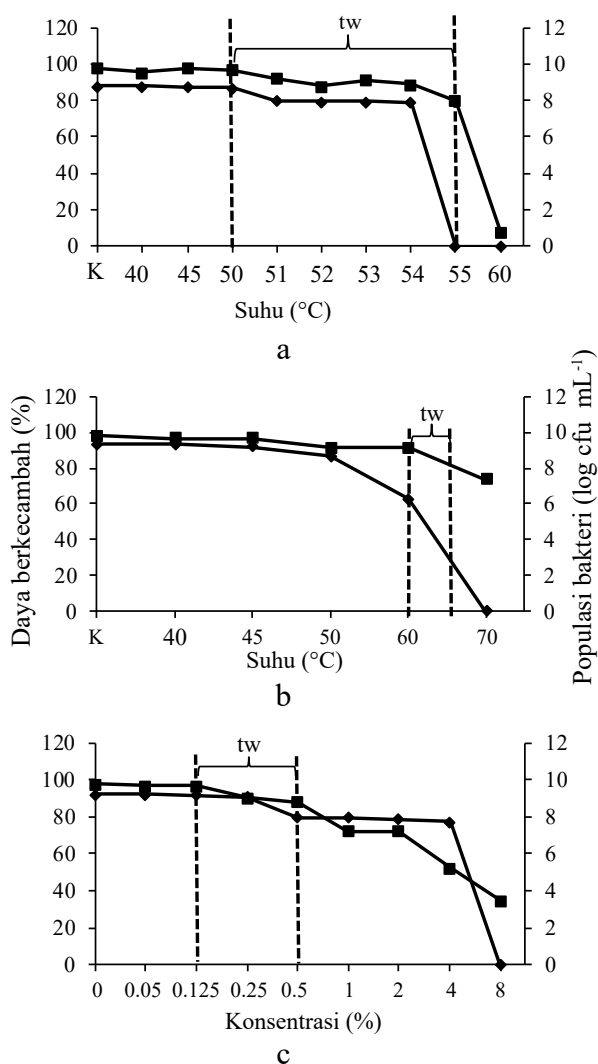
Perlakuan Fisik dan Minyak Atsiri pada Benih Terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

Perlakuan air panas yang direkomendasikan untuk perlakuan benih tomat ialah pada suhu 53 °C selama 25 menit. Perlakuan ini mengeliminasi bakteri hingga 90.94% dengan daya berkecambah sebesar 86.67%. Perlakuan panas kering yang paling baik ialah pada suhu 60 °C selama 24 jam dengan vigor dan daya berkecambah sama dengan perlakuan air panas

Tabel 1 Diameter zona bening dari aktivitas minyak atsiri terhadap bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* secara *in vitro*

Konsentrasi (%)	Diameter zona bening (mm) ^a			
	Minyak cengkeh	Minyak sirih	Minyak serai	Minyak pala
0	0.00 i	0.00 i	0.00 i	0.00 i
0.25	9.00 efg	7.00 fgh	6.33 gh	5.67 h
0.50	9.67 def	7.67 fgh	6.67 gh	6.33 gh
1	11.33 de	7.67 fgh	7.00 fgh	7.00 fgh
2	12.00 d	15.67 c	7.33 fgh	7.33 fgh
4	17.33 bc	19.67 b	8.00 fgh	8.00 fgh
8	19.33 b	27.33 a	9.00 efg	10.67 de

^aAngka-angka pada kolom dan baris yang sama yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%)



Gambar 1 Pengaruh perlakuan fisik dan minyak sirih terhadap daya berkecambah benih tomat dan populasi bakteri. a, air panas; b, suhu kering; dan c, minyak sirih. tw, daerah *treatment window*. K, Kontrol; ■, Daya kecambah (%); dan ◄, Populasi bakteri (log cfu mL⁻¹).

pada suhu 53 °C. Pemberian minyak sirih konsentrasi 0.125, 0.25, dan 0.5% pada benih terinfeksi menghasilkan daya kecambah benih tomat yang sama dan persentase eliminasi bakteri di atas 99% (Tabel 2).

Kombinasi Perlakuan Fisik dan Minyak Atsiri pada Benih Terinfeksi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*

Kombinasi perlakuan air panas suhu 55 °C, minyak sirih 0.5% selama 25 menit, dan panas kering pada suhu 60 °C selama 24 jam mampu mengeliminasi populasi bakteri paling

tinggi dibandingkan dengan perlakuan yang lain. Kombinasi tersebut menghasilkan daya berkecambah benih hingga 100% (Tabel 3).

PEMBAHASAN

Minyak sirih mempunyai daya hambat paling besar terhadap *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dibandingkan dengan minyak cengkeh, minyak serai, dan minyak pala. Keefektifan minyak sirih dalam menghambat bakteri disebabkan kandungan senyawa flavonoid, tanin, dan minyak atsiri. Flavonoid mempunyai sifat sebagai koagulator protein, mengganggu integritas sel bakteri dengan membentuk senyawa kompleks pada permukaan sel bakteri. Minyak atsiri sirih mengandung senyawa kavikol, allipirokatekol, kavibetol, metil kavikol, metil eugenol, 1.8-sineol, eugenol, kariofilena, dan kadinena (Suppakul *et al.* 2006). Senyawa-senyawa tersebut bersifat hidrofobik dan menyebabkan peningkatan permeabilitas membran sel bakteri sehingga sel bakteri akan mengalami kerusakan. Ekstrak sirih konsentrasi 2% mampu mematikan *X. campestris* pv. *campestris* sebesar 100% secara *in vitro* dan 99.9% pada benih kubis terinfeksi (Fitriawati 2012).

Perlakuan air panas suhu 53 °C selama 25 menit dapat direkomendasikan untuk perlakuan benih tomat karena perlakuan ini dapat menurunkan populasi bakteri dengan daya berkecambahnya di atas 80%. Secara umum pengaruh panas terhadap bakteri patogen meliputi perubahan dalam struktur dinding dan inti sel, denaturasi protein, kerusakan mitokondria, gangguan pada membran vakuola, sitoplasma, keluarnya senyawa lipid, kerusakan hormon, berkurangnya oksigen pada jaringan, dan gangguan metabolisme di dalam sel bakteri (Nega *et al.* 2003). Perlakuan air panas suhu 55 °C selama 25 menit menyebabkan daya berkecambah benih rendah. Air panas suhu tersebut tidak mampu mematahkan dormansi benih, tetapi menyebabkan kerusakan benih khususnya bagian embrio sehingga menurunkan perkecambahan benih. Perlakuan air panas

Tabel 2 Vigor, daya berkecambah benih, dan populasi bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* pada berbagai taraf suhu air panas, panas kering, dan konsentrasi minyak sirih

Perlakuan	Vigor benih (%) ^a	Daya berkecambah (%) ^a	Populasi bakteri (log ₁₀ cfu g ⁻¹ benih) ^a	Persentase eliminasi ^b
Air Panas				
Kontrol	61.11 b	71.11 ab	6.59 a	0.00
50 °C	81.11 a	82.22 a	5.86 b	81.20
53 °C	80.00 a	86.67 a	5.55 c	90.94
55 °C	45.56 b	52.22 b	5.28 d	95.04
Panas Kering				
60 °C	68.89 a	81.11 a	5.81 b	85.13
65 °C	57.78 a	67.78 a	5.42 c	94.23
Minyak Sirih				
0.125%	93.33 a	94.45 a	4.16 b	99.63
0.25%	91.11 a	92.22 a	3.82 c	99.82
0.50%	75.55 ab	80.00 a	3.76 c	99.84

^a Angka-angka pada kolom yang sama yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT pada α 5%.

^b Dihitung dengan rumus = $([T_0 - T_S] / T_0) \times 100\%$; T₀, populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* tanpa perlakuan benih; dan T_S, populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* setelah perlakuan.

suhu 50 °C selama 60 menit dapat mengurangi populasi bakteri *X. campestris* pv. *carotae* pada benih wortel dan mampu mengeliminasi populasi bakteri tersebut pada suhu 53 °C selama 10 menit (Nega *et al.* 2003). Panas kering merusak struktur dinding sel bakteri dan menyebabkan terjadinya denaturasi dan agregasi protein sehingga bakteri menjadi inaktif (Kubota *et al.* 2012). Perlakuan panas kering pada suhu 60 °C selama 24 jam juga dapat mematikan bakteri *P. stewartii* subsp. *stewartii* sebesar 100 % secara *in vitro* (Nalis *et al.* 2015).

Peningkatan vigor dan daya berkecambah benih tomat setelah perlakuan minyak sirih disebabkan minyak sirih menekan populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*. Pemberian perlakuan minyak sirih dapat menekan populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat terinfeksi, menaikkan vigor, dan daya berkecambah benih tomat. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian dari Zainal *et al.* (2010), yaitu ekstrak daun sirih dapat mengeliminasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dan menghasilkan perkecambahan benih, laju perkecambahan, dan keseragaman tumbuh

yang tinggi setelah benih diberi perlakuan.

Kombinasi perlakuan air panas suhu 55 °C, minyak sirih konsentrasi 0.5% selama 25 menit dan panas kering dengan suhu 60 °C selama 24 jam efektif mengeliminasi populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat dibandingkan dengan perlakuan yang dilakukan secara sendiri-sendiri. Oleh karena itu, kombinasi ini dapat digunakan sebagai salah satu alternatif mengeliminasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat. Perlakuan panas kering selain bertujuan mengeliminasi populasi *C. michiganensis* subsp. *michiganensis*, juga mengeringkan benih agar lebih lama disimpan.

Pengaruh perlakuan panas kering setelah perlakuan minyak sirih dan air panas meningkatkan daya berkecambah benih tomat. Hasil penelitian Farooq *et al.* (2006), pemberian panas kering suhu 50 °C dan 60 °C selama 24 jam pada benih tomat mampu meningkatkan daya berkecambah dan vigor dibandingkan dengan yang tidak diberi perlakuan.

Perlakuan yang paling efektif untuk mengendalikan bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat ialah

Tabel 3 Daya berkecambah benih tomat dan populasi bakteri *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* hasil dari kombinasi berbagai taraf konsentrasi minyak sirih, suhu air panas dan suhu panas kering

Ovenan	Air panas	Minyak sirih											
		Vigor (%)			Daya berkecambah (%)			Populasi bakteri (log 10 cfu g ⁻¹ benih)					
		0.125%	0.25%	0.50%	0.125%	0.25%	0.50%	0.125%	0.25%	0.50%			
Kontrol	Kontrol	93.33 a	91.11 a	75.55 b	94.45 ab	92.22 abcd	80.00 g	4.16 abc	3.82 bcde	3.76 bcdef.			
	50 °C	4.44 kl	5.56 kl	7.78 kl	95.56 ab	70.00 hi	59.97 j	4.56 a	3.54 cdefgh	3.32 efghij			
	53 °C	10.00 jkl	5.56 kl	13.33 hijkl	84.44 cdefg	77.78 gh	82.22 efg	4.33 ab	3.16 efghij	3.06 efghij			
60 °C	55 °C	22.22 fghi	25.56 fg	11.11 jkl	77.78 gh	82.22 efg	63.33 ij	4.12 abcd	3.26 efghij	2.90 ghijkl			
	Kontrol	61.113 c	37.78 de	45.56 d	81.11 fg	84.44 cdefg	91.11 abcde	3.56 cdeg	3.41 cdefgh	3.42 cdefgh			
	50 °C	20.00 fghij	15.56 fghijk	23.33 fgh	92.22 abcd	92.22 abcd	93.33 abc	3.43 cdefgh	3.26 efghij	3.20 efghij			
65 °C	53 °C	23.33 fgh	12.22 ijkl	32.22 ef	90.00 bsdef	91.11 abcde	92.22 abcd	3.41 cdefgh	3.36 defghi	3.31 efghij			
	55 °C	68.89 bc	6.67 kl	14.44 hijkl	65.56 a	97.78 b	100.00 a	3.34 defghij	3.16 efghij	1.80 m			
	Kontrol	68.89 bc	72.22 b	72.22 b	95.56 ab	97.78 ab	100.00 a	3.02 efghijk	2.56 ijkl	2.28 klm			
55 °C	50 °C	31.11 ef	23.33 fgh	37.78 de	97.78 ab	97.78 ab	97.78 ab	3.21 efghij	3.02 efghijk	2.74 hijk			
	53 °C	10.00 jkl	6.67 kl	37.78 de	94.44 ab	93.33 acb	94.44 ab	3.15 efghij	3.00 fghijk	2.55 jkl			
	55 °C	12.22 ijkl	5.56 kl	3.33 l	81.11 fg	83.33 defg	83.33 defg	3.22 efghij	3.18 efghij	1.96 kl			

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama pada peubah yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata menurut uji DMRT 5%)

kombinasi perlakuan minyak sirih dengan konsentrasi 0.5 %, air panas pada suhu 55 °C selama 25 menit, dilanjutkan panas kering pada suhu 60 °C selama 24 jam. Kombinasi perlakuan ini hampir memusnahkan populasi bakteri *C. michiganensis* subsp. *michiganensis* dan mempertahankan daya berkecambah benih mencapai 100%.

DAFTAR PUSTAKA

- [CABI] Centre in Agricultural and Biological Institute. 2016. Datasheet: *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* (bacterial canker tomato). <http://www.cabi.org/isc/datasheet/15338>. [diakses 22 Maret 2016].
- Dhanvantari BN, Brown RJ. 1993. Improved seed treatments for control of bacterial canker of tomato. *Can J Plant Pathol.* 15(3):201–205. DOI:<https://doi.org/10.1080/07060669309500823>.
- [EPPO] European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2013. Data Sheets on quarantine pests *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*. https://www.eppo.int/QUARANTINE/data_sheets/bacteria. [diakses 2016 Mei 25].
- Farooq M, Basra SMA, Salem BA, Nafees M. 2008. Germination, seedling vigor and electrical conductivity of seed leachates as affected by dry heat treatment of tomato seeds. *Acta Horti.* 771:43–50. DOI:<http://dx.doi.org/10.17660/ActaHortic.2008.771.5>.
- Fitriawati N. 2012. Keefektifan ekstrak empat jenis tumbuhan dan kitosan terhadap bakteri *Xanthomonas campestris* pv. *campestris* penyebab penyakit busuk hitam pada kubis [Tesis]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Forsberg G. 2001. Heat sanitation of cereal seeds with a new, efficient, cheap and environmentally friendly method. Di dalam: *Proceedings of Symposium no. 76 of the British Crop Protection Council: Seed Treatment, Challenges and Opportunities*. Farnham (UK): BCPC. Hlm. 69–72.
- Kasselaki AM, Goumas D, Tamm L, Fuchs J, Cooper J, Leifert C. 2011. Effect of alternative strategies for the disinfection of tomato seed infected with bacterial canker (*Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis*). *J Life Sci.* 58(2011):145–147. DOI:10.1016/j.nj2.2011.07.001.
- [Kementan] Kementerian Pertanian. 2015. Peraturan Menteri Pertanian Nomor 51/Permentan/KR.010/9/2015 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina. Jakarta (ID): Kementan.
- Kubota M, Hagiwara N, Shirakawa T. 2012. Disinfection of seeds of cucurbit crops infested with *Acidovorax citrulli* with dry heat treatment. *J Phytopathol.* 12:1–5. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1439-0434.2012.01913.x>.
- Nalis S, Suastika G, Giyanto. 2015. Perlakuan panas kering dan bakterisida untuk menekan infeksi *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* pada benih jagung manis. *J Fitopatol Indones.* 11(4): 128–135. DOI: 10.14692/jfi.11.4.128.
- Nega E, Ulrich R, Welner S, Jahn M. 2003. Hot water treatment of vegetable seed, an alternative seed treatment method to control seedborne pathogens in organic farming. *J Plant Dis Prot.* 110(3):220–234.
- Rahma H. 2013. Kajian penyakit layu stewart pada jagung yang disebabkan oleh *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* dan pengendaliannya [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Rachmawati AY. 2009. Pengaruh perlakuan matricconditioning plus bakterisida sintesis atau nabati untuk mengendalikan hawar daun bakteri (*Xanthomonas oryzae* pv. *oryzae*) terbawa benih serta meningkatkan viabilitas dan vigor benih padi (*Oryza sativa*) [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Sen Y, Wolf JVD, Visser RGF, Van Heusden S. 2015. Bacterial canker of tomato: current knowledge of detection, management, resistance, and interactions. *Plant Dis.* 99(1): 4–13. DOI: <https://doi.org/10.1094/PDIS-05-14-0499-FE>.

- Suppakul P, Sanlaead N, Phoopuritham P. 2006. Antimicrobial and antioxidant activity of betel oil. *Kasetsart J.* 40(1):91–100.
- Werner NA, Fulbrigt DW, Podolsky R, Bell J, Hausbeck MK. 2012. Limiting populations and spread of *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* on seedling tomatoes in the greenhouse. *Plant Dis:* 85(5):535–542.
- Zainal Abidin, Anwar A, Ilyas S, Giyanto. 2010. Efektifitas ekstrak tumbuhan untuk mengeliminasi *Clavibacter michiganensis* subsp. *michiganensis* pada benih tomat. *J Agron Indones.* 38(1):52–59.