

Uji Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus sp.* dalam Campuran Carbon Fiber dan Silica Nano untuk Mengendalikan Nematoda Puru Akar (*Meloidogyne spp.*) pada Tanaman Tomat

Hersanti^{1*}, Siska Rasiska², Refiona Sekar Sari³

^{1,2,3}Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor, Jawa Barat, Indonesia

*E-mail: hersanti09@gmail.com

Diterima: 03/01/2022

Direvisi: 12/08/2022

Disetujui: 12/07/2023

ABSTRAK

Penyakit puru akar adalah penyakit yang disebabkan oleh nematoda *Meloidogyne spp.* yang dapat menurunkan hasil panen tanaman tomat hingga 29%. Alternatif pengendalian penyakit puru akar adalah dengan menggunakan bakteri antagonis. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri antagonis *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus sp.* yang dicampurkan dengan serat karbon dan silika nano untuk menekan *Meloidogyne spp.* secara *in vitro* dan mengendalikan penyakit puru akar pada tanaman tomat secara *in vivo*. Penelitian dilakukan di Laboratorium Fitopatologi dan Rumah Kaca Departemen Hama dan Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran dari bulan Juni sampai Desember 2019. Percobaan terdiri atas uji *in vitro* terdiri dari 11 perlakuan dan 3 ulangan yang dan uji *in vivo* dengan 6 perlakuan dan 4 ulangan yang dilakukan dengan rancangan acak kelompok. Hasil penelitian menunjukkan bahwa *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* dapat menekan populasi *Meloidogyne spp.* Campuran *B. subtilis* dengan serat karbon dan silika nano menurunkan populasi *Meloidogyne spp.* hingga 90% secara *in vitro*. Formulasi *Bacillus subtilis* + *Lysinibacillus* adalah campuran yang paling baik dalam menekan penyakit puru akar pada tanaman tomat.

Kata kunci: Bahan pembawa, nematoda, mikroba antagonis

ABSTRACT

Root knot disease on tomato plants was able to cause tomato yield reduction up to 29%. One of the alternative control for *Meloidogyne spp.* is use antagonist bacteria. The aims of this study were to determine the ability of the antagonist bacteria *Bacillus subtilis* and *Lysinibacillus sp.* mixed with carbon fiber and silica nano to suppress pathogenic nematode *Meloidogyne spp.* *in vitro* and root knot disease in tomato plant *in vivo*. The study conducted at the Phytopathology Laboratory and Greenhouse Plant Pest and Disease Department, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University from May to October 2019. The experiment consisted of an *in vitro* test that consisted of 11 treatments and 3 replications and *in vivo* test used 6 best treatments from *in vitro* tests and 4 replications. The results showed that *B. subtilis* and *Lysinibacillus sp.* could suppress the presence of a *Meloidogyne spp.* Mixed formula of *B. subtilis* with carbon fiber and silica nano increase the mortality of *Meloidogyne spp.* up to 90%. The mixture of *B. subtilis* and *Lysinibacillus sp.* in carbon fiber and silica nano was the best formula for suppressing tomato root disease, well as inducing the tomato plant growth.

Keywords: Carrier, nematode, antagonist microbe

PENDAHULUAN

Tomat merupakan salah satu komoditas hortikultura yang memiliki banyak manfaat salah satunya yaitu sebagai sumber vitamin A. Buah tomat selain dikonsumsi sebagai buah segar, juga banyak digunakan untuk kepentingan bahan baku industri makanan olahan seperti saus tomat dan minuman sari buah dan bumbu masakan (Wasonowati, 2011). Tinggi atau rendahnya produktivitas tanaman

tomat dipengaruhi oleh kondisi tanaman, lingkungan, dan keberadaan Organisme Pengganggu Tanaman (OPT).

OPT di pertanaman tomat dapat menurunkan produktivitas tanaman. Serangan OPT yang terjadi membuat produktivitas tomat di lapangan hanya mencapai 9,42 ton.ha⁻¹, sehingga petani mengalami kerugian (Lestari, 2017). Salah satu OPT yang menyerang

pertanaman tomat adalah nematoda *Meloidogyne* spp. Nematoda tersebut merupakan penyebab penyakit puru akar. Penyakit ini dapat menurunkan hasil pada tanaman tomat sebesar 29% (Winarto, 2008). Pengendalian OPT perlu dilakukan sebagai upaya pencegahan penurunan produktivitas tanaman.

Pengendalian umum yang dapat dilakukan, yaitu dengan pestisida kimiawi. Tetapi penggunaan pestisida kimia yang terus menerus dapat memberikan dampak negatif terhadap lingkungan. Sehubungan dengan itu, maka perlu dikembangkan suatu sistem produksi pertanian yang berwawasan lingkungan terutama dalam sistem pengendalian penyakit tumbuhan dengan mengoptimalkan penggunaan agen pengendali hayati (APH) berupa mikroba antagonis (Munif, 2011). Mikroba antagonis dapat berupa bakteri, jamur, atau virus. Cara yang dapat dilakukan untuk meningkatkan keefektifan mikroba adalah dengan menggunakan konsorsium atau menggabungkan dua atau lebih mikroba antagonis dengan harapan dapat memberikan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan penggunaan mikroba secara tunggal (Komarawidjaja, 2009).

Pembuatan suatu formula umumnya membutuhkan bahan pembawa untuk mempertahankan viabilitas mikroba yang memiliki beberapa persyaratan, antara lain ringan, tidak memberikan pengaruh buruk terhadap lingkungan, mudah diaplikasikan dan diperoleh, serta tidak bersifat fitotoksik (Harni, 2012). Bakteri antagonis lain yang dapat digunakan sebagai APH antara lain *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. (Hersanti et al., 2009; Istifadah et al., 2016). Pengembangan formulasi APH dapat dilakukan dengan bahan tambahan berupa unsur hara. Salah satu unsur hara yang dapat digunakan yaitu silika (Si) yang dapat menstimulasi fotosintesis dan menyuburkan tanah. Selain itu, Si juga mampu memperkuat jaringan tanaman sehingga dapat lebih tahan terhadap serangan patogen (Yuliani et al., 2014). Hasil penelitian (Hersanti et al., 2017) memperlihatkan bahwa *Lysinibacillus* sp. dalam campuran suspensi serat karbon 80 mesh 5% dan suspensi silika nano 3% dapat menekan *R. solanacearum* lebih tinggi dibandingkan

dengan tanpa campuran serat karbon dan silika nano.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan bakteri antagonis *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. yang dicampurkan dengan serat karbon dan silika nano untuk menekan *Meloidogyne* spp. secara *in vitro* dan penyakit puru akar pada tanaman tomat secara *in vivo*.

METODE

Penelitian ini dilakukan dari bulan Juni 2019 sampai Desember 2019 secara dua tahap pengujian, yaitu secara *in vitro* dan dilanjutkan secara *in vivo*. Pengujian secara *in vitro* menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 11 perlakuan termasuk kontrol dan 3 ulangan. Kontrol yang digunakan dalam penelitian adalah *aquades* tanpa ada tambahan bakteri antagonis maupun campuran silika nano dan serat karbon. Pengujian secara *in vivo* menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK), dengan 6 perlakuan terbaik termasuk kontrol dari uji *in vitro*. Masing-masing perlakuan terdiri dari 4 ulangan dan tiap ulangan terdiri dari 5 unit. Sehingga jumlah populasi yang ditanam pada unit percobaan sebanyak 120 tanaman.

Persiapan Percobaan

Nematoda *Meloidogyne* spp. diekstraksi dari akar tomat yang terserang penyakit puru akar di Kecamatan Ciwidey, Kabupaten Bandung. Ekstraksi menggunakan metode saringan bertingkat. Akar tanaman tomat diambil dari lapangan lalu dicuci bersih dengan air kemudian dipotong-potong kecil dengan ukuran $\pm 0,5$ cm yang kemudian potongan dimasukkan ke dalam Erlenmeyer yang telah berisi larutan Natrium hipoklorit (NaOCl 0,5%) sebanyak 5 ml dan air sebanyak 95 ml, kemudian diaduk selama 3-4 menit. Penyaringan dilakukan secara bertahap pada saringan 500 μm , 53 μm , dan 38 μm . Nematoda pada saringan 53 μm dan 38 μm ditampung dalam Erlenmeyer sebagai suspensi nematoda yang dijadikan bahan pengujian.

Perbanyakkan *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* CK U₃

Bakteri *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* CK U₃ dibiakkan pada media *Nutrient Agar* (NA) dalam cawan petri. Pemiakkan dilakukan

dengan menggosokkan satu ose isolat *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* CK U₃ pada permukaan NA dan diinkubasi selama 48 jam pada suhu ruangan. Hasil inkubasi kemudian dilakukan pemanenan yang dilakukan dengan memasukkan 5 ml aquades steril ke dalam cawan petri yang berisi biakkan bakteri lalu diratakan menggunakan batang L steril dengan perlahan. Suspensi kemudian dituangkan ke dalam labu Erlenmeyer berisi media *Nutrient Broth* (NB) dan dihomogenkan menggunakan *shaker* selama 13 jam. NB yang digunakan merupakan NB instan dengan komposisi terdiri dari *beef extract*, *yeast extract*, peptone, sodium chloride. Selanjutnya dilakukan perhitungan kerapatan *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* CK U₃ menggunakan metode *Total Plate Count* (TPC) dengan cara melakukan pengenceran terlebih dahulu pada setiap suspensi masing-masing perlakuan dari pengenceran 10⁻¹ hingga pengenceran 10⁻⁹. Kemudian, hasil pengenceran 10⁻⁷, 10⁻⁸ dan 10⁻⁹ diambil sebanyak 0,1 ml menggunakan mikro pipet lalu diletakkan pada cawan petri berisi media NA yang sudah keras dan diratakan menggunakan batang L lalu memutar cawan petri di permukaan yang rata untuk selanjutnya diinkubasikan selama 24 jam pada suhu ruang.

Pemuatan Campuran

Campuran dibuat dengan cara mencampurkan suspensi bakteri kerapatan 10⁹ CFU/ml, suspensi serat karbon 80 mesh 5%, suspensi silika nano 1%, dan *aquadest* dengan komposisi berdasarkan kebutuhan perlakuan. Setiap campuran kemudian dihomogenkan. Total volume setiap perlakuan yang digunakan adalah

5 ml. Serat karbon yang digunakan berukuran 80 mesh (0,177 mm), konsentrasi 20% *weight/volume* (w/v) dan berasal dari mineral grafit. Sedangkan suspensi silika nano berukuran 100 nm, konsentrasi 10% *weight/volume* (w/v) dan berasal dari senyawa SiO₂. Kebutuhan volume suspensi serat karbon berkonsentrasi 5% dan silika nano berkonsentrasi 1% dapat dihitung dengan menggunakan rumus [1].

$$C1 \times V1 = C2 \times V2 \quad [1]$$

Keterangan:

C1 = Konsentrasi awal (%)

V1 = Volume serat karbon atau silika nano yang dibutuhkan (ml)

C2 = Konsentrasi yang akan digunakan (%)

V2 = Volume total formulasi yang akan digunakan (ml)

Persiapan Media Tanam untuk *In Vivo*

Media tanam yang digunakan adalah campuran tanah dengan pupuk kotoran kambing dan arang sekam dengan perbandingan bobot (kg) antar bahan (1:1:1) yang di pasteurisasi dengan cara dikukus selama tiga jam. Media yang telah siap dimasukkan ke dalam *seed tray* untuk persemaian dan polibag berukuran 30 cm x 20 cm sebanyak tiga kg per polibag untuk pindah tanam.

Pengamatan Pengujian *In Vitro*

Pengamatan mortalitas nematoda dilakukan 24 jam setelah perlakuan (JSP) menggunakan mikroskop *compound*. Persentase mortalitas nematoda dihitung dengan rumus [2].

$$\text{Mortalitas} = \frac{\Sigma \text{Nematoda yang Mati}}{\Sigma \text{Nematoda Uji}} \times 100\% \quad [2]$$

Pengamatan Pengujian *In Vivo*

Pengamatan utama dilakukan pada 35 hari dan 70 hari setelah inokulasi (HSI) nematoda karena satu siklus hidup nematoda *Meloidogyne* spp. berlangsung selama 35 hari. Parameter yang diamati adalah jumlah puru pada akar, bobot akar segar, jumlah nematoda juvenil II pada akar, serta jumlah nematoda per 100 g tanah. Pengamatan jumlah juvenil II pada akar dilakukan dengan metode saringan bertingkat. Perhitungan persentase penghambatan menggunakan rumus [3].

Pengamatan untuk jumlah daun dan tinggi tanaman dilakukan sejak 1 minggu setelah tanaman pindah ke dalam polibag. Pindah tanam dari persemaian ke dalam polibag dilakukan pada umur tanaman 3 minggu setelah semai (MSS). Sehingga, umur tanaman tomat ketika dilakukan pengukuran jumlah daun dan tinggi tanaman pertama adalah 4 minggu. Akan tetapi, peneliti mengambil patokan untuk umur tanam adalah umur tanaman saat pindah ke polibag. Analisis data tersebut menggunakan RAK (Rancangan Acak Kelompok).

$$\text{Persentase Penghambatan} = \frac{\Sigma \text{Puru Kontrol} - \Sigma \text{Puru Perlakuan}}{\Sigma \text{Puru Kontrol}} \times 100\% \quad [3]$$

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengaruh *B. subtilis*, *Lysinibacillus*, serat karbon, silika nano dan campurannya terhadap mortalitas *Meloidogyne* spp.

Perlakuan pemberian nematisida adalah perlakuan yang memberikan pengaruh mortalitas tertinggi dengan persentase mortalitas mencapai 100% **Tabel 1**. Semua perlakuan kecuali perlakuan A, dan K memberikan pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan nematisida.

Perlakuan bakteri yang dicampurkan serat karbon dan silika nano lebih menekan mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. dibandingkan dengan perlakuan bakteri tunggal. Suspensi bakteri *B. subtilis* tanpa tambahan serat karbon dan silika nano memiliki persentase mortalitas lebih rendah, yaitu

61,10% daripada perlakuan G (*B. subtilis* + serat karbon + silika nano) dengan mortalitas 90%. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Manan & Mugiastuti, (2015) bahwa campuran mikroba antagonis mampu menekan *Meloidogyne incognita* lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian mikroba antagonis tunggal. Penelitian yang dilakukan Hersanti et al. (2019) menunjukkan bahwa pemberian serat karbon pada formulasi mikroba antagonis dapat mempertahankan populasi bakteri dan menginduksi ketahanan tanaman. Bakteri *B. subtilis* menurut Lopes et al. (2019) dapat mengeluarkan enzim protease dan kitinase yang mampu mematikan nematoda termasuk nematoda *Meloidogyne* spp.. Enzim protease dan kitinase bekerja dengan mendegradasi dinding sel telur dan juvenil nematoda.

Tabel 1. Pengaruh Perlakuan terhadap Mortalitas *Meloidogyne* spp

Kode	Perlakuan	Mortalitas (%)
A	<i>Bacillus subtilis</i>	61,1 a
B	<i>Lysinibacillus</i> sp.	69,5 ab
C	Silika Nano	68,1 ab
D	Serat Karbon	75,0 ab
E	Serat Karbon + Silika Nano	70,0 ab
F	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp.	77,3 ab
G	<i>Bacillus subtilis</i> + Serat Karbon + Silika Nano	90,0 ab
H	<i>Lysinibacillus</i> sp. + Serat Karbon + Silika Nano	71,1 ab
I	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp. + Serat Karbon + Silika Nano	72,2 ab
J	Nematisida (karbofuran 3%)	100,0 b
K	Kontrol	61,1 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pengaruh Perlakuan Terhadap Jumlah Puru Akar dan Bobot Akar Segar

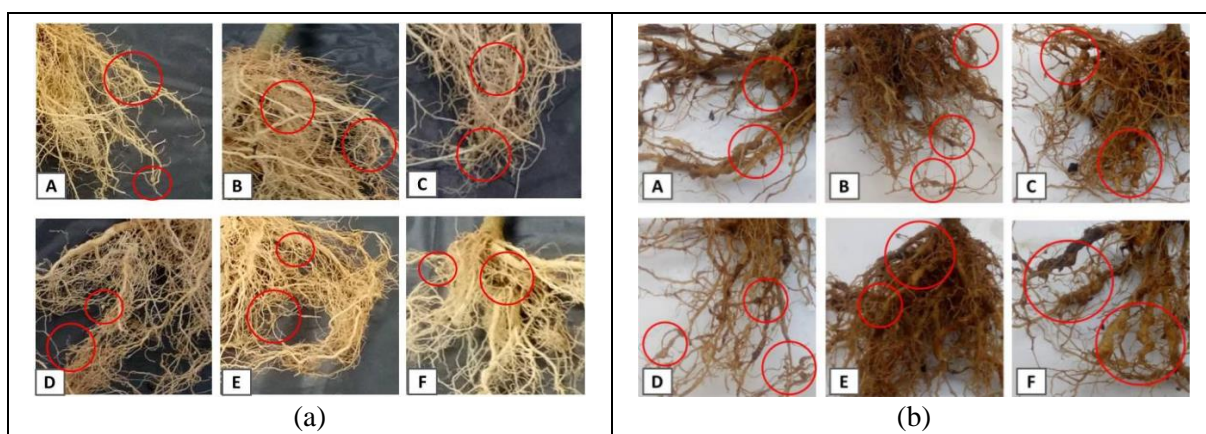
Gejala serangan nematoda *Meloidogyne* spp. pada tanaman tomat dapat dilihat di bagian atas maupun bagian bawah tanaman yaitu bagian akar tanaman. Tanaman yang terserang nematoda parasit *Meloidogyne* spp. memiliki puru yang terbentuk pada akar serta memiliki ukuran yang berbeda-beda satu dengan lainnya disebabkan oleh nematoda betina, telur, serta juvenil nematoda (Yus et al., 2014). **Gambar 1** menunjukkan kondisi puru akar setelah diberikan perlakuan.

Pada tajuk tanaman tomat umur 35 HSI dan 70 HSI tidak terdapat gejala serangan *Meloidogyne* spp., seperti pertumbuhan terhambat dan tanaman kerdil. Gejala serangan terlihat pada bagian akar berupa bintil dan timbul puru dengan berbagai bentuk dan ukuran di perakaran. Gejala penyakit yang terdapat di perakaran menunjukkan bahwa semua tanaman yang diuji telah terinfeksi *Meloidogyne* spp. Gejala di bagian atas tanaman dapat tidak muncul karena tanaman uji memiliki ketahanan yang baik dari serangan *Meloidogyne* spp. Berikut merupakan hasil dari pengaruh perlakuan terhadap jumlah dan persentase

penghambatan puru akar dan bobot akar segar pada tanaman tomat berumur 35 HSI dan 70 HSI.

Berdasarkan **Tabel 2**, diketahui bahwa tiap perlakuan memberikan pengaruh berbeda terhadap rata-rata jumlah puru akar tanaman tomat. Semua perlakuan pada 35 HSI tidak memberikan pengaruh yang berbeda dengan kontrol. Saat 70 HSI perlakuan C (*B. subtilis* + serat karbon + silika nano) memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol. Perlakuan C (*Bacillus subtilis* + Serat Karbon + Silika Nano) pada 70 HSI memiliki rata-rata jumlah puru akar tomat sebesar 75,3 buah yang berbeda nyata dengan perlakuan kontrol yang mana rata-rata jumlah puru akar

perlakuan kontrol adalah sebesar 94,0 buah. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan C dapat menekan puru akar tomat, besarnya penekanan mencapai 20,0%. Semakin sedikit jumlah rata-rata puru akar, menunjukkan bahwa perlakuan memberikan pengaruh yang semakin baik. Aplikasi *B. subtilis* secara tunggal telah dilaporkan tidak dapat menurunkan jumlah puru akar pada tanaman tomat dibandingkan dengan kontrol (Lopes et al., 2019). Sementara pada penelitian ini penambahan serat karbon dan silika nano pada *B. subtilis* menunjukkan kemampuan penurunan jumlah puru. Hal ini menunjukkan bahwa penambahan serat karbon, dan silika nano dapat meningkatkan aktivitas *B. subtilis*.



Gambar 1. Puru akar tanaman tomat pada 35 HSI (a) dan 70 HSI (b). A = Perlakuan pemberian serat karbon; B = Perlakuan pemberian *Bacillus subtilis* + *Lysinibacillus* CK U3; C = Perlakuan pemberian *Bacillus subtilis* + Serat Karbon + Silika Nano; D = Perlakuan pemberian Perlakuan pemberian *Bacillus subtilis* + Serat Karbon + Silika Nano; E = Perlakuan pemberian Nematocida (karbofuran 3%); F = Kontrol.

Tabel 2. Pengaruh perlakuan terhadap jumlah dan persentase penghambatan puru akar dan bobot akar segar pada tanaman tomat berumur 35 HSI dan 70 HSI

Kode	Perlakuan	Jumlah Puru Akar (buah)		Penghambat Puru (%)		Bobot Akar Segar (g)	
		35 HSI	70 HSI	35 HSI	70 HSI	35 HSI	70 HSI
A	Serat Karbon	70,8 ab	81,3 ab	-0,7	13,6	8,7 a	10,2 a
B	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp.	87,5 b	88,3 ab	-24,6	6,1	10,7 c	11,5 a
C	<i>Bacillus subtilis</i> + Serat Karbon + Silika Nano	68,8 a	75,3 a	2,1	20,0	9,8 bc	9,8 a
D	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp. + Serat Karbon + Silika Nano	73,3 ab	82,0 ab	-4,3	12,8	9,9 bc	10,1 a
E	Nematocida (karbofuran 3%)	70,5 ab	79,3 ab	-35,6	15,7	9,4 ab	10,7 a
F	Kontrol	70,3 ab	94,0 b	0	0	9,4 ab	11,2 a

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pengamatan pada bobot akar segar menunjukkan perlakuan B (*B. subtilis* +

Lysinibacillus sp.) merupakan perlakuan dengan pengaruh paling baik pada 35 HSI

walaupun tidak berbeda nyata dengan perlakuan C (*B. subtilis* + serat karbon + silika nano), serta perlakuan D (*B. subtilis*+*Lysinibacillus* sp + serat karbon + silika nano). Semakin besar bobot akar segar menunjukkan bahwa pemberian perlakuan memberikan pengaruh yang semakin baik bagi tanaman. Bobot akar segar dari perlakuan campuran *B. subtilis* dengan *Lysinibacillus* sp. Pada 35 HSI yang lebih besar menandakan bahwa formulasi tersebut dapat berperan sebagai pupuk bagi tanaman. Sesuai dengan penelitian yang telah dilakukan sebelumnya, bakteri *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dapat menginduksi pertumbuhan tanaman, berfungsi sebagai *plant growth promotion bacteria* untuk tanaman tomat. Pemberian *Lysinibacillus* sp. dapat meningkatkan bobot akar maupun bobot buah (Sahu et al., 2018). Selain *Lysinibacillus* sp. bakteri *B. subtilis* juga dapat menginduksi ketahanan tanaman melalui peningkatan kadar asam salisilat (Harni, 2012). Penelitian yang dilakukan oleh Lopes et al. (2019) menunjukkan bahwa Pemberian *B. subtilis* pada tanaman tomat dapat meningkatkan bobot akar segar tanaman tomat sebesar sampai 268,99%. Kombinasi bakteri *Lysinibacillus* sp. dan *B. subtilis* memberikan pengaruh lebih baik pada peningkatan bobot akar segar tanaman tomat.

Perlakuan *Lysinibacillus* sp. + *B. subtilis*, tetap menjadi perlakuan yang membuat bobot akar segar tanaman tomat lebih besar dari pada perlakuan lain, yaitu 11,5 g. Pemberian silika nano pada formulasi perlakuan tidak

menunjukkan adanya pengaruh pada penambahan bobot akar segar tanaman dibandingkan perlakuan bakteri antagonis tanpa tambahan silika nano.

Pengaruh Perlakuan terhadap Jumlah Nematoda di Akar Tanaman Tomat dan Nematoda di dalam Tanah

Jumlah nematoda di tanah dihitung dengan mengambil 100 g tanah. Perbedaan pengaruh antar perlakuan menunjukkan kemampuan dari tiap perlakuan untuk mengurangi populasi nematoda di akar maupun di tanah.

Pengamatan terhadap rata-rata jumlah nematoda di akar menunjukkan bahwa perlakuan C adalah perlakuan yang mampu mengurangi jumlah nematoda dengan baik. Rata-rata jumlah nematoda pada 70 HSI di akar tanaman yang diberikan perlakuan C adalah sebesar 68,5 ekor. Hal ini jauh berbeda dibandingkan dengan rata-rata jumlah nematoda pada perlakuan kontrol yang mencapai 100,8 ekor **Tabel 3**. Penekanan populasi di akar tanaman oleh perlakuan C mencapai 51,8%. Menurut Eltayeb (2017) pemberian *B. subtilis* pada tanaman tomat melalui perlakuan benih, perendaman akar, ataupun penyiraman langsung ke tanaman tomat dapat menurunkan jumlah *Meloidogyne* spp. secara signifikan. Penelitian Lopes et al. (2019), penekanan nematoda juvenil II *Meloidogyne* spp pada tanaman tomat yang diaplikasikan.

Tabel 3. Rata-rata jumlah nematoda dan persentase penekanan populasi nematoda di akar pada 35 HSI dan 70 HSI

Kode	Perlakuan	Nematoda di akar (ekor)		Penekanan Populasi nematode di akar (%)	
		35 HSI	70 HSI	35 HSI	70 HSI
A	Serat Karbon	39,0 ab	80,8 ab	50,2	19,9
B	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp.	57,0 c	89,3 ab	27,2	11,4
C	<i>Bacillus subtilis</i> + Serat Karbon + Silika Nano	37,8 a	68,5 a	51,8	32,0
D	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp. + Serat Karbon + Silika Nano	46,3 b	81,5 ab	40,9	19,1
E	Nematisida (karbofuran 3%)	60,0 c	94,3 b	23,3	6,5
F	Kontrol	78,3 d	100,8 b	0	0

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Berdasarkan **Tabel 4**, perlakuan C yaitu perlakuan pemberian *B. subtilis* + serat karbon + silika nano memberikan pengaruh yang

berbeda nyata terhadap jumlah nematoda di tanah dibandingkan dengan kontrol saat 35 HSI maupun 70 HSI, dengan masing-masing rata-

rata jumlah nematoda sebesar 43,8 ekor dan 48,3 ekor. Besarnya penekanan populasi nematoda pada tanah yang diberi perlakuan C pada 35 HSI dan 70 HSI masing-masing sebesar 42,2% dan 40,8%. Perlakuan B dan D memiliki pengaruh yang tidak berbeda nyata dengan perlakuan C pada 35 maupun 70 HSI. Sesuai dengan penelitian yang dilakukan oleh Soliman et al. (2017), pemberian bakteri *Lysinibacillus sphaericus* dan pemberian bakteri *Bacillus amyloliquefaciens* dapat menurunkan jumlah

nematoda di tanah terutama nematoda juvenil II bahkan hingga 100% di pertanaman tomat. Bakteri *Bacillus* sp. menghasilkan enzim kitinase yang mampu mendegradasi senyawa kitin penyusun nematoda maupun jamur (Pratiwi et al., 2015). Suciyananda et al. (2017) dalam penelitiannya menyatakan keberadaan enzim kitinase dapat mengganggu proses penetasan telur *M. incognita* sehingga menyebabkan berkurangnya jumlah nematoda pada tanah.

Tabel 4. Rata-rata jumlah nematoda dan persentase penekanan populasi nematoda di 100 g tanah pada 35 HSI dan 70 HSI

Kode	Perlakuan	Nematoda di akar (ekor)		Penekanan Populasi nematode di akar (%)	
		35 HSI	70 HSI	35 HSI	70 HSI
A	Serat Karbon	64,0 b	64,0 b	15,5	25,5
B	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp.	45,3 a	45,3 a	40,3	39,0
C	<i>Bacillus subtilis</i> + Serat Karbon + Silika Nano	43,8 a	43,8 a	42,2	40,8
D	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> sp. + Serat Karbon + Silika Nano	46,0 a	46,0 a	39,3	32,8
E	Nematisida (karbofuran 3%)	73,8 b	73,8 b	23,3	15,9
F	Kontrol	75,8 b	75,8 b	0	0

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Pengaruh Perlakuan terhadap Tinggi dan Jumlah Daun Tanaman

Berdasarkan **Tabel 5** dapat diketahui bahwa masing-masing perlakuan memiliki rata-rata tinggi tanaman yang berbeda. Tinggi tanaman tomat pada semua perlakuan lebih tinggi dari pada kontrol terjadi sejak 4 MST. Pertumbuhan rata-rata tinggi tanaman tomat mengalami kenaikan secara signifikan sejak 2 MST.

Perlakuan C adalah perlakuan dengan rata-rata tinggi tanaman tertinggi pada 6 MST. Perlakuan C dan D adalah perlakuan yang berpengaruh nyata daripada kontrol sejak 4 MST. Selanjutnya, semua perlakuan campuran, yaitu perlakuan B, C, dan D dapat meningkatkan tinggi tanaman dibandingkan dengan kontrol sejak 5 MST.

Tabel 5. Pengaruh perlakuan terhadap tinggi dan jumlah daun tanaman

Kode	Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)					
		1 MST	2 MST	3 MST	4 MST	5 MST	6 MST
A	Serat karbon	9,2 a	19,1 b	41,1 b	63,2 bc	76,3bc	90,3 bc
B	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> CK U ₃	12,3 a	23,2 a	48,4 a	74,6 abc	87,9 ab	101 ab
C	<i>Bacillus subtilis</i> + Serat Karbon + Silika Nano	11,1 a	23,0 a	50,0 a	80,9 a	92,5 a	105,6a
D	<i>Bacillus subtilis</i> + <i>Lysinibacillus</i> + Serat Karbon + Silika Nano	11,7 a	22,6 ab	47,1 ab	76,5 ab	89,0 ab	101,3ab
E	Nematisida (karbofuran 3%)	8,8 a	19,6 ab	46,4 ab	65,4 bc	78,3 abc	90,20 bc
F	Kontrol	10,6 a	21,5 ab	44,7 ab	61,2 c	72,9 c	84,5 c

Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%.

Beberapa penelitian telah membuktikan bahwa perlakuan campuran bahan organik dengan agen antagonis dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan meningkatkan

ketahanan tanaman terhadap organisme pengganggu tanaman (OPT) salah satunya adalah penelitian yang dilakukan Rizki (2017) menunjukkan bahwa pemberian campuran

bahan organik dengan mikroba antagonis dapat menekan pertumbuhan *Meloidogyne* spp. pada tanaman kentang dan menjadi pupuk alami. Lopes et al. (2019) menunjukkan bahwa *B. subtilis* dapat berperan sebagai Plant Growth Promotion dengan mengkolonisasi perakaran tanaman. Penelitian Hanudin et al. (2010) membuktikan campuran bahan organik dan bakteri antagonis dapat menekan serangan patogen *Puccinia horiana* pada tanaman krisan dan meningkatkan hasil panen. Semua perlakuan campuran yang diberikan mengandung bakteri *B. subtilis*. Hanudin et al. (2018) menyatakan bahwa bakteri *B. subtilis* adalah bakteri yang dapat menginduksi pertumbuhan tanaman secara langsung maupun tidak langsung dan berperan sebagai pupuk hayati yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman.

Pengaruh perlakuan berbahan tunggal terhadap rata-rata tinggi tanaman tidak lebih besar dibandingkan perlakuan dengan bahan formulasi campuran, yaitu perlakuan B, C, dan D. Hal ini membuktikan bahwa penggunaan bahan campuran memberikan pengaruh yang lebih baik dibandingkan dengan pemberian bahan tunggal. Rata-rata tinggi tanaman tomat pada perlakuan C lebih tinggi dibandingkan rata-rata tinggi tanaman tomat pada perlakuan B dan D sejak 3 MST. Hal ini disebabkan karena adanya pengaruh pengendalian nematoda oleh *B. subtilis* dan juga oleh bahan pembawa formula serat karbon dan silika nano yang berfungsi mempertahankan efektivitas dan performa bakteri antagonis. Penelitian yang dilakukan Fitriani dan Haryanti (2016), pemberian silika nano berpengaruh terhadap tinggi tanaman. Menurut Hasnia et al. (2017) Silika bekerja dengan meningkatkan kekuatan mekanis jaringan tanaman, memperkuat dinding sel, membuat tanaman mengalami peningkatan ketahanan. Peningkatan tinggi tanaman pada perlakuan C juga menunjukkan bahwa perlakuan tersebut dapat berperan sebagai pupuk.

Pengaruh yang diberikan perlakuan berbahan tunggal tidak berbeda nyata dengan pengaruh kontrol sejak 1 MST hingga 6 MST. Perlakuan E adalah perlakuan dengan pemberian nematisida. Perlakuan A adalah perlakuan dengan pemberian serat karbon. Serat karbon berfungsi sebagai bahan yang dapat

mempertahankan mikroba dan menjaga efektivitas pengaruh mikroba terhadap nematoda parasit. Pemberian serat karbon tanpa mikroba pada formulasi perlakuan menunjukkan bahwa serat karbon tidak memiliki pengaruh terhadap induksi pertumbuhan tanaman. Tinggi tanaman tomat yang diberi perlakuan serat karbon tunggal saat 6 MST adalah sebesar 90,3 cm.

SIMPULAN

Perlakuan tunggal *Bacillus subtilis*, *Lysinibacillus* sp., maupun campuran dengan serat karbon 80 mesh, dan silika nano 1% mampu mengakibatkan mortalitas nematoda *Meloidogyne* spp. di atas 60%. Campuran *B. subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. mampu menghambat populasi *Meloidogyne* sp. di dalam akar tanaman yaitu 40,3% dan 39,0%; campuran *B. subtilis*, serat karbon dan silika nano 1% mampu menekan populasi *Meloidogyne* sp. dalam akar sebesar 42,2% dan 40,8%. Hasil ini lebih baik dibandingkan perlakuan nematisida yang hanya mampu menekan populasi *Meloidogyne* sp. sebesar 23,3% dan 15,9% pada pengamatan umur tanaman tomat umur 35 Hari dan 70 HST

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari Academic Leadership Grant (ALG) Universitas Padjadjaran.

DAFTAR PUSTAKA

- Eltayeb, F. M. . (2017). The effects of *Bacillus subtilis* bacteria on *Meloidogyne javanica* (nematode) infection and tomato plant growth. *Journal of Advanced Research in Biological and Life Science*, 5(2), 45–51.
- Fitriani, H. P., dan Haryanti, S. (2016). Pengaruh Penggunaan Pupuk Nanosilika Terhadap Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum*) var. Bulat. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*, 24(1), 34–41.
<https://doi.org/10.14710/baf.v24i1.11691>
- Hanudin, Budiarto, K., dan Marwoto, B. (2018). Potensi beberapa mikroba pemacu pertumbuhan tanaman sebagai bahan aktif pupuk dan pestisida hayati. *Jurnal Litbang Pertanian*, 37(2), 59–70.
- Hanudin, W., Nuryani, E., Silvia, I., Djatnika, B., dan Marwoto. (2010). Formulasi biopestisida berbahan aktif *Bacillus subtilis*, *Pseudomonas fluorescens*, dan

- Corynebacterium* sp. non patogenik untuk mengendalikan penyakit karat pada krisan. *Jurnal Hortikultura*, 20(3), 247–261.
- Harni, R. (2012). Peranan bakteri endofit untuk mengendalikan nematoda *Pratylenchus coffeae* dan *Radophulus similis* pada tanaman kopi. *Laporan Tahunan Balitri*.
- Hasnia, Damhuri, dan Samai, S. (2017). Pengaruh Pemberian Abu Sekam Padi Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.). *Jampibi: Jurnal Alumni Pendidikan Biologi*, 2(1), 65–74.
- Hersanti, A., Susanto, N., Istifadah, dan Pawstri, R. . (2017). Keefektifan bakteri *Lysinibacillus* sp. dalam formulasi silika nano dan serat karbon untuk menekan perkembangan *Ralstonia solanacearum* secara In Vitro. *Seminar Nasional dan Kongres XXIV Perhimpunan Fitopatologi Indonesia*.
- Hersanti, H., Sudarjat, S., dan Damayanti, A. (2019). Kemampuan *Bacillus subtilis* dan *Lysinibacillus* sp. dalam Silika Nano dan Serat Karbon untuk Menginduksi Ketahanan Bawang Merah terhadap Penyakit Bercak Ungu (*Alternaria porri* (Ell.) Cif). *Agrikultura*, 30(1), 8. <https://doi.org/10.24198/agrikultura.v30i1.22698>
- Hersanti, R. T., Rupendi, A., Purnama, Hanudin, B., Marwoto, dan Gunawan, O. . (2009). Penapisan beberapa isolat *Pseudomonas fluorescens*, *Bacillus subtilis* dan *Trichoderma harzianum* yang bersifat antagonistik terhadap *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Kentang. *Agrikultura*, 20(3), 198 – 203.
- Istifadah, N., Umar, M. ., Sudarjat, dan Djaya, L. (2016). Kemampuan bakteri endofit akar dan ubi kentang untuk menekan penyakit busuk lunak (*Erwinia caratovora* pv. *caratovora*) ada ubi kentang. *Jurnal Agrikultura*, 27(3), 167–172.
- Komarawidjaja, W. (2009). Karakteristik dan pertumbuhan konsorsium mikroba local dalam media mengandung minyak bumi. *Jurnal Teknik Lingkungan*, 10(1).
- Lestari, I. . (2017). *Dampak Serangan Organisme Pengganggu Tanaman Terhadap Usahatani Tomat Di Kabupaten Cianjur*. Institut Pertanian Bogor.
- Lopes, E. ., Ribeiro, R. C. ., Xavier, A. ., Alves, R. ., de Castro, M. ., Martins, M. ., de Almeida, L. G., Mizobutsi, E. ., dan Neto, J. A. . (2019). Effect of *Bacillus subtilis* on *Meloidogyne javanica* and on tomato growth promotion. *Journal of Experimental Agriculture International*, 35(1), 1–8.
- Manan, A., dan Mugiastuti, E. (2015). Potensi campuran mikroba antagonis untuk mengendalikan nematoda puru akar (*Meloidogyne incoqnita*) pada tanaman tomat. *Jurnal Agrin*, 19(1), 1–7.
- Munif, A. (2011). Keefektifan Bakteri Endofit untuk Mengendalikan Nematoda Parasit *Meloidogyne incognita* pada Tanaman Lada. *Buletin RISTRI*, 2(3).
- Pratiwi, R. ., Susanto, T. ., Wardani, Y. A. ., dan Sutrisno. (2015). Enzim kitinase dan aplikasi di bidang industri: kajian pustaka. *Jurnal Pangan dan Agroindustri*, 3(3), 878–887.
- Rizki, R. . (2017). *Pengaruh bahan organik dan mikroba antagonis (Trichoderma viridae dan Trichoderma harzianum) terhadap dominasi nematoda puru akar (Meloidogyne spp.) pada tanaman kentang di lapangan*. Universitas Sumatera Utara.
- Sahu, P. ., Shivaprakash, M. ., Mallesha, B. ., dan Subbarayappa, C.T Brahmprakash, G. . (2018). Effect of bacterial endophytes *Lysinibacillus* sp. on plant growth and fruit yield of Tomato (*Solanum lycopersicum*). *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences*, 7(5), 3399–3408.
- Soliman, G. ., Ameen, H. ., dan El Kelany, U. . (2017). Effect of treatment time on biocontrol efficacy of *Bacillus amyloliquefaciens*, *Lysinibacillus sphaericus* and their fusants against root knot nematode *Meloidogyne incognita* infecting tomato plants. *Middle East Journal of Agriculture*, 6(2), 369–375.
- Suciyanda, I. ., Wahyuni, S., Prihananta, W., dan Wijayanti, K. . (2017). Uji efektifitas *Bacillus* sp. untuk menurunkan daya tetas telur nematode puru akar (*Meloidogyne incognita*) pada akar tembakau (*Nicotiana tobacum*). *Prosiding seminar nasional III tahun 2017*.
- Wasonowati, C. (2011). Meningkatkan Pertumbuhan Tanaman Tomat (*Lycopersicum Esculentum* Mill) Dengan

- Sistem Budidaya Hidroponik. *Agrovigor*, 4.
- Winarto. (2008). *Nematologi Tumbuhan*. Universitas Andalas.
- Yuliani, K., Ngadiwiyana, Siswoyo, E., Amaliah, D. ., dan Wahyono, Y Widianingrum, D. (2014). Pengaruh kombinasi silika dan kitosan berbasis nanoteknologi sebagai bahan dasar pembuatan pupuk nano slow release terhadap penyerapan unsur hara oleh tanaman dalam meningkatkan hasil pertanian di Indonesia. *Artikel Ilmiah Teknologi Kimia dan Industri*, 1 – 6.
- Yus, I. D. ., Rahardjo, B. T., dan Himawan, T. (2014). Pengaruh aplikasi bakteri *Pseudomonas fluorescens* dan *Bacillus subtilis* terhadap mortalitas nematoda puru akar (*Meloidogyne javanica*) di laboratorium. *Jurnal HPT*, 2(3), 9–17.