

Keefektifan *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* dan Kombinasi *Bacillus* terhadap Penghambatan Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* secara *In Vitro*

The Effectiveness of Bacillus subtilis, Bacillus megaterium and the Combination of Bacillus on the Inhibition of Ralstonia solanacearum Growth In Vitro

Faradina Nabila*, Mahanani Tri Asri

Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam

Universitas Negeri Surabaya

*e-mail: faradinabila30@gmail.com

Abstrak. *Ralstonia solanacearum* merupakan penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman tomat dan menimbulkan kerusakan bahkan gagal panen pada tanaman yang diserangnya. Pengendalian secara umum yang dilakukan untuk menekan penyebaran penyakit ini dengan bakterisida yang mengandung bahan aktif streptomisin sulfat. Namun, penggunaan antibiotik secara terus menerus dapat menimbulkan dampak negatif seperti mengganggu bakteri atau jamur lain yang hidup disekitar sehingga diperlukannya pengendalian alternatif lainnya. *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium* merupakan bakteri yang sering digunakan sebagai agensia pengendali hayati sehingga dapat digunakan sebagai alternatif dalam mengendalikan penyakit layu bakteri. Tujuan penelitian ini ialah mendeskripsikan kemampuan *B. subtilis* strain FNCC 0059, *B. megaterium* strain FNCC 0083 serta kombinasi dari kedua bakteri tersebut dalam menekan pertumbuhan *R. solanacearum*. Penelitian ini dilakukan melalui uji antagonis dengan menggunakan metode sumuran dengan perlakuan pemberian kultur *B. subtilis* strain FNCC 0059, *B. megaterium* strain FNCC 0083 serta kombinasi berkomposisi 1:1 dengan konsentrasi 10^8 CFU/ml, kontrol positif streptomisin sulfat dan kontrol negatif akuades. Data dianalisis dengan ANOVA satu arah dan dilanjutkan dengan uji Duncan. Perlakuan *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* strain FNCC 0083 serta kombinasi menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan dapat menekan pertumbuhan bakteri *R. solanacearum* dengan nilai hambatan $16,95 \pm 2,74$ mm, $14,70 \pm 6,25$ mm dan $34,85 \pm 11,24$ mm. Perlakuan yang paling optimal dalam menghambat *R. solanacearum* pada penelitian ini ialah perlakuan kombinasi. Sehingga implikasi dari penelitian ini ialah kombinasi *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 dapat menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* secara *in vitro* dan dapat dimanfaatkan sebagai agensia pengendali hayati.

Kata kunci: uji antagonis; *Ralstonia solanacearum*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*

Abstract. *Ralstonia solanacearum* is the cause of bacterial wilt disease in plants such as tomatoes that causes damage and even crop failure for the infected plants. The usual treatment to suppress the spread of this disease is with bactericides containing active ingredient like streptomycin sulfate. However, the continuous use of this antibiotic may lead to a negative impact such as interfere with other bacteria or fungi that live in the soil so we need an alternative treatment. *Bacillus subtilis* and *Bacillus megaterium* are bacteria that now days often used as biological control so they can be used as alternatives in controlling bacterial wilt disease. The purpose of this study was to describe the ability of *B. subtilis* strain FNCC 0059, *B. megaterium* strain FNCC 0083 and the combination of this two bacteria in suppressing the growth of *R. solanacearum* (In Vitro). This research was conducted using the well diffusion assay with *B. subtilis* strain FNCC 0059 10^8 CFU/ml, *B. megaterium* strain FNCC 0083 10^8 CFU/ml, the combination of *B. subtilis* and *B. megaterium* with a composition of 1:1 10^8 CFU/ml, streptomycin sulfate and aquadest as a control. The data were analyzed by one way ANOVA and followed by Duncan test. The treatment of *B. subtilis* strain FNCC 0059, *B. megaterium* strain FNCC 0083 and the combination showed that each of them could suppress the growth of *R. solanacearum* with the value of the percentage of obstacles respectively $16,95 \pm 2,74$ mm, $14,70 \pm 6,25$ mm and $34,85 \pm 11,24$ mm. The most effective treatment to suppress the growth of *R. solanacearum* in this study is with the combination. The implications of this study are *B. subtilis* strain FNCC 0059 and *B. megaterium* strain FNCC 0083 can inhibit the growth of *R. solanacearum* In Vitro and can potentially be used as biological control agents to suppress the growth of *R. solanacearum*.

Key words: antagonist test; *Ralstonia solanacearum*; *Bacillus subtilis*; *Bacillus megaterium*

PENDAHULUAN

Indonesia merupakan negara agraris yang memiliki berbagai macam hasil produk hortikultura (Liu dan Madiono, 2013). Namun dalam perkembangannya, dalam menghasilkan produk hortikultura tersebut tidak dapat lepas dari berbagai kendala yang dapat mempengaruhi produksi. Salah satu penyebab rendahnya produktivitas tanaman hortikultura ialah serangan hama dan penyakit serta kualitas benih yang kurang baik (Sholeh dkk, 2017). Diantara berbagai macam jenis penyakit, salah satu jenis penyakit yang sering terjadi pada tanaman hortikultura seperti tanaman tomat ialah penyakit layu bakteri (Arwiyanto, 2014). Penyakit ini merupakan penyakit yang disebabkan oleh bakteri *Ralstonia solanacearum* (Setiawan, 2019).

Serangan bakteri *R. solanacearum* menimbulkan gejala khas yaitu pada sayatan membujur batang tanaman yang terinfeksi akan tampak jaringan pembuluh berwarna kuning, coklat terang hingga coklat tua serta batang menjadi berongga (De Ruiter dan Seminis, 2017). Arwiyanto (2014) mengelompokkan *R. solanacearum* ke dalam lima ras yaitu ras 1 (kisaran inang luas dan distribusinya di dataran rendah tropika dan subtropika), ras 2 (kisaran inang pada pisang dan *Heliconia* spp.), ras 3 (menyerang tanaman kentang dan beberapa inang pengganti di daerah tropika dan subtropika), ras 4 (menyerang tanaman jahe), dan ras 5 (menyerang tanaman murbei). Bila berhasil menginfeksi tanaman, bakteri ini akan memperbanyak diri di jaringan pembuluh xilem dan akhirnya mengganggu transportasi air tanaman tersebut (De Ruiter dan Seminis, 2017).

Pengendalian yang umum dilakukan untuk menangani serangan bakteri ini yaitu dengan penggunaan bakterisida, salah satunya ialah bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat (Arwiyanto, 2016). Pada penelitian Yendeyo dkk (2018), streptomisin sulfat dapat menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* sebesar $37,67 \pm 1,33$ mm secara *in vitro*. Namun menurut Raini (2015), penggunaan antibiotik yang berlebihan dapat menimbulkan *reservoir* bakteri yang resisten terhadap antibiotik tersebut. Selain itu, bakterisida berbahan aktif antibiotik dapat mengganggu mekanisme biologi bakteri atau jamur lain yang hidup di tanah dan dapat meninggalkan residu pada tanaman sayuran maupun buah-buahan yang dapat berbahaya bagi kesehatan (Rahayu, 2015; Raini, 2015).

Salah satu alternatif potensial yang dapat digunakan untuk pengendalian penyakit ini yaitu dengan menggunakan musuh alami atau agensia pengendali hayati (Djaenuddin dan Muis, 2015). Salah satu contoh agensia pengendali hayati yang dapat digunakan yaitu *Bacillus subtilis* dan *Bacillus megaterium*. Penelitian yang dilakukan oleh Prihatiningsih dkk (2015) menunjukkan bahwa secara *in vivo* *B. subtilis* B315 dapat menurunkan populasi *R. solanacearum* sebesar 64,9% pada tanaman kentang. Sedangkan pada pengaplikasian *B. megaterium* strain NBAlI 63 secara *in vivo* pada penelitian Sivakumar dan Rangeshwaran (2013) juga berhasil menekan pertumbuhan *R. solanacearum* pada tanaman terung. Pada penelitian secara *in vitro* menurut Sakthivel dkk (2019), *B. subtilis* strain Bs_Ane mampu menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* sebesar 10,17 mm. Sedangkan pada penelitian secara *in vitro* yang dilakukan Sivakumar dkk (2017), *B. megaterium* strain NBH63 mampu menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* sebesar $22 \pm 2,64$ mm. Berdasarkan penelitian-penelitian tersebut, secara *in vitro* kedua bakteri tersebut masih lebih rendah dalam menekan pertumbuhan *R. solanacearum* dibandingkan dengan penggunaan bakterisida berbahan aktif streptomisin sulfat. Salah satu solusi yang dapat dilakukan untuk meningkatkan penekanan pertumbuhan bakteri penyebab penyakit yang dihasilkan ialah dengan menggunakan kombinasi (Nawangsih, 2006). Selain itu, penelitian menggunakan bakteri *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* strain FNCC 0083 serta mengkombinasikannya belum pernah dilakukan sebelumnya.

Berdasarkan uraian di atas, tujuan penelitian ini ialah mendeskripsikan potensi bakteri *B. subtilis* strain FNCC 0059, *B. megaterium* strain FNCC 0083, dan kombinasi yang terdiri dari *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* strain FNCC 0083 dalam menekan pertumbuhan *R. solanacearum* serta perlakuan manakah yang paling optimal dalam menekan pertumbuhan *R. solanacearum*.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen yang dilakukan pada bulan April-Juni 2020. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Surabaya.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini meliputi LAF (*Laminar Air Flow*), autoklaf, inkubator, *rotary shaker*, tabung reaksi, mikropipet beserta tipnya, erlenmeyer 500 ml dan 50 ml, gelas beaker 25 ml, serta cawan petri. Sedangkan bahan yang digunakan meliputi isolat bakteri *B. subtilis* FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 yang didapatkan dari Laboratorium Mikrobiologi Pangan Universitas Gajah Mada, isolat *R. solanacearum* yang didapatkan dari Laboratorium Bakteriologi

Universitas Gajah Mada, *Nutrient Agar* (pepton 5 g/l, ekstrak daging 3 g/l, agar-agar 12 g/l), *Nutrient Broth* (pepton 5 g/l, ekstrak daging 3 g/l) yang ditambahkan pepton 5%, streptomisin sulfat, alkohol 70%, akuades, serta spiritus.

Bakteri *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083 dan *R. solanacearum* diinokulasikan pada media *Nutrient Broth* yang ditambahkan pepton kemudian diinkubasikan sambil digoyang menggunakan *rotary shaker* selama 48 jam. Konsentrasi kultur bakteri *R. solanacearum* yang digunakan yaitu 10^8 CFU/ml (Sakthivel dkk, 2019; Sivakumar dkk, 2017), kultur *B. subtilis* FNCC 0059 dengan konsentrasi 10^8 CFU/ml (Sakthivel dkk, 2019), dan kultur *B. megaterium* FNCC 0083 dengan konsentrasi 10^8 CFU/ml (Sivakumar dkk, 2017). Sedangkan untuk kombinasi, kultur *B. subtilis* FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 diencerkan setengah dari konsentrasi optimalnya. Setelah tercapai setengah konsentrasi optimal yaitu 5×10^7 CFU/ml, kedua bakteri tersebut kemudian dicampurkan dengan rasio 1:1 (Khan dkk, 2018).

Pengujian antagonis *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083 dan kombinasi terhadap *R. solanacearum* dilakukan dengan menggunakan metode sumuran. Kultur *R. solanacearum* dengan konsentrasi 10^8 CFU/ml sebanyak 500 μ L dituangkan kedalam cawan petri yang kemudian ditambahkan media *Nutrient Agar* sebanyak 15 ml dan dihomogenkan (Xianling dkk, 2008). Setelah padat, media dilubangi dengan pelubang steril berukuran 5 mm dan kemudian sumuran tersebut diisi dengan suspensi perlakuan yaitu *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083, kombinasi, kontrol negatif (akuades), dan kontrol positif (streptomisin sulfat) sebanyak 50 μ L (Xianling dkk, 2008; Djereng dkk, 2017). Cawan petri kemudian diinkubasi pada suhu 30°C selama 2×24 jam.

Penghambatan pertumbuhan *R. solanacearum* diamati berdasarkan diameter zona hambat yang dihasilkan oleh *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083, kombinasi, kontrol negatif (akuades), dan kontrol positif (streptomisin sulfat). Rerata diameter zona hambat didapatkan dengan menggunakan rumus sebagai berikut (Warbung dkk, 2013):

$$D = \frac{(D_1 - D_s) + (D_2 - D_s)}{2}$$

Keterangan:

D: Rerata diameter *clear zone*

D₁: Diameter *clear zone* vertikal

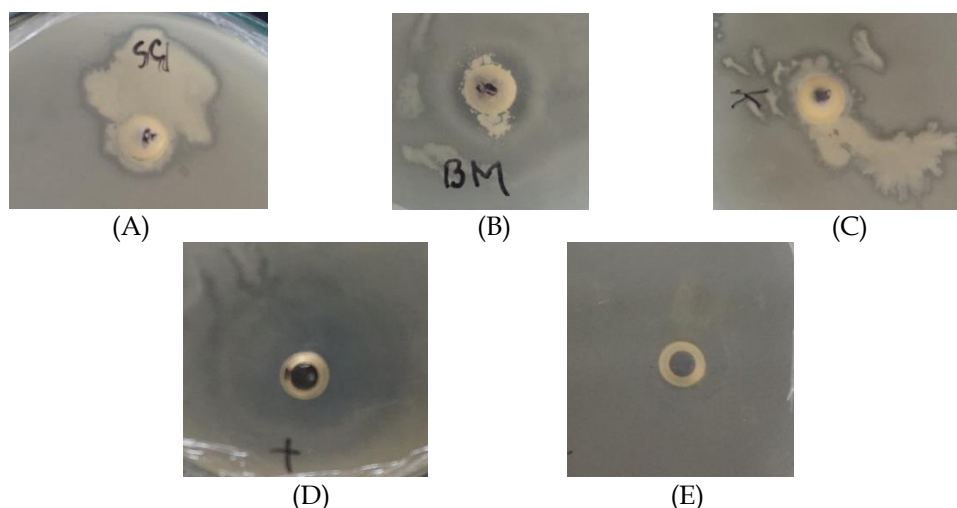
D₂: Diameter *clear zone* horisotal

D_s: Diameter sumuran

Data penghambatan pertumbuhan *R. solanacearum* dianalisis dengan *One Way Anova* lalu dilanjutkan dengan Uji Duncan untuk mengetahui perlakuan terbaik dalam menghambat pertumbuhan *R. solanacearum*.

HASIL

Hasil uji antagonis *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083 dan kombinasinya terhadap bakteri *R. solanacearum* menunjukkan bahwa masing-masing perlakuan memiliki kemampuan menghambat pertumbuhan bakteri. Terlihat pada Gambar 1 (A) (B) dan (C), ketiga perlakuan tersebut menunjukkan zona hambat terhadap pertumbuhan *R. solanacearum*. Rerata diameter hambatan pertumbuhan tertinggi sebesar $34,85 \pm 11,24$ mm pada kombinasi *Bacillus*. Sedangkan rerata diameter hambatan pertumbuhan terendah sebesar $0,00 \pm 0,00$ mm pada kontrol negatif. Rerata diameter hambatan pertumbuhan oleh streptomisin sulfat sebesar $21,30 \pm 3,17$ mm. Rerata diameter hambatan pertumbuhan bakteri *R. solanacearum* oleh *B. subtilis* FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 masing-masing sebesar $16,95 \pm 2,74\%$ dan $14,70 \pm 6,25$ mm (Tabel 1). Analisis data penghambatan pertumbuhan *R. solanacearum* menggunakan uji statistika menunjukkan bahwa data berdistribusi normal dengan nilai signifikansi (0,2) lebih besar dari nilai α (0,05), serta varian data signifikansi (0,056) lebih besar dari nilai α (0,05). Hasil analisis data menggunakan uji statistika ANOVA satu arah menunjukkan bahwa F hitung (35,23) lebih besar daripada F tabel (2,87) yang menunjukkan bahwa terdapat pengaruh pemberian perlakuan terhadap pertumbuhan *R. solanacearum*. Berdasarkan hasil uji Duncan, pemberian perlakuan yang paling efektif yaitu perlakuan kombinasi *B. subtilis* FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083. Sedangkan perlakuan *B. subtilis* FNCC 0059 tidak berbeda nyata dengan *B. megaterium* FNCC 0083 dan juga tidak berbeda nyata dengan kontrol positif streptomisin sulfat. Namun perlakuan *B. megaterium* berbeda nyata dengan kontrol positif streptomisin sulfat, yang ditunjukkan dengan kesamaan notasi pada Tabel 1.



Gambar 1. Penghambatan pertumbuhan *R. solanacearum* yang dilakukan oleh (A) *B. subtilis* FNCC 0059, (B) *B. megaterium* FNCC 0083, (C) kombinasi *Bacillus*, (D) streptomisin sulfat, (E) akuades.
(Sumber: Dokumentasi pribadi, 2020)

Tabel 1. Rerata penghambatan pertumbuhan bakteri *R. solanacearum*

Perlakuan	Rata-rata \pm sd
Kontrol negatif	0,00 \pm 0,00 ^a
<i>B. subtilis</i> FNCC 0059	16,95 \pm 2,74 ^{bc}
<i>B. megaterium</i> FNCC 0083	14,70 \pm 6,25 ^b
Kombinasi	34,85 \pm 11,24 ^d
Streptomisin sulfat	21,30 \pm 3,17 ^c

PEMBAHASAN

Ralstonia solanacearum merupakan bakteri patogen tular tanah yang dapat menyebabkan penyakit layu bakteri pada tanaman yang diinfeksi (Rahayu, 2012). Bakteri ini menginfeksi tanaman dalam tiga tahap utama yaitu kolonisasi akar, kolonisasi korteks dan penetrasi xilem (Arwiyanto, 2014). Penetrasi ke dalam xilem yang dilakukan *R. solanacearum* ini menyebabkan penyumbatan pada pembuluh sehingga aliran air pada tanaman terganggu (Rahayu, 2013). Hal ini mengakibatkan tanaman yang terinfeksi menjadi layu dan kerdil (Arwiyanto, 2014).

Berdasarkan hasil uji ANOVA (α : 0,05) dapat diketahui bahwa perlakuan *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083, kombinasi *Bacillus*, dan streptomisin sulfat berpengaruh dalam menekan pertumbuhan bakteri *R. solanacearum*. Berdasarkan hasil uji lanjut Duncan, diketahui bahwa terdapat perlakuan yang berbeda nyata yakni terdapat pada perlakuan kombinasi *Bacillus* dengan nilai 34,85 \pm 11,24 mm. Sedangkan perlakuan *B. subtilis* FNCC 0059 (16,95 \pm 2,74 mm) menunjukkan tidak adanya perbedaan yang nyata dengan *B. megaterium* FNCC 0083 (14,70 \pm 6,25 mm) dan kontrol positif streptomisin sulfat (21,30 \pm 3,17 mm). Namun, perlakuan *B. megaterium* FNCC 0083 (14,70 \pm 6,25 mm) berbeda nyata dengan kontrol positif streptomisin sulfat (21,30 \pm 3,17 mm).

Berdasarkan hasil yang didapat, pemberian perlakuan *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083, kombinasi *Bacillus* mampu menekan pertumbuhan *R. solanacearum*. Menurut Pueyo dkk (2009), beberapa antibiotik yang dihasilkan bakteri genus *Bacillus* merupakan biosurfaktan seperti lipopeptida siklik. Menurut Soesanto (2008), *B. subtilis* menghasilkan senyawa seperti basitrasin, surfaktin, fengisin, iturin A, polimiksin, difisidin, subtilin, subtilosin dan mikrobasilin. Sedangkan *B. megaterium* menghasilkan beberapa senyawa seperti surfaktin, lichenisins, iturin A, fengisins A, fengisins B (Pueyo dkk, 2009) dan senyawa yang memiliki struktur mirip seperti basitrasin (Al-Thubiani dkk, 2018).

Senyawa basitrasin merupakan antibiotik polipeptida yang dapat menghambat pembentukan dinding sel (Kumar, 2017). Basitrasin mengganggu C55-isoprenil pirofosfat yang merupakan komponen pada dinding sel bakteri dan berfungsi sebagai *carrier* dalam transfer polisakarida, peptidoglikan dan lipopolisakarida ke dinding sel bakteri sehingga menyebabkan terganggunya formasi dari dinding sel bakteri (O'Donnell dkk, 2015). Surfaktin merupakan lipopeptida siklik yang efektif dalam merusak dinding sel bakteri (Meena dkk, 2019). Senyawa surfaktin memiliki sifat amfifilik (hidrofilik dan hidrofobik) seperti detergen pada membran sel dan dapat mengganggu rantai

asil sehingga menyebabkan hilangnya permeabilitas membran (Reningtyas dan Mahreni, 2015; Shaligram dan Singhal, 2010). Sedangkan senyawa polimiksin merupakan polipeptida siklik non ribosomal (Velkov dkk, 2013). Kelompok polipeptida polimiksin terdiri dari lima macam yaitu polimiksin A, polimiksin B, polimiksin C, polimiksin D, polimiksin E (Wanger dkk, 2017). Polimiksin bersifat antimikroba yang menyerang komponen lipid A dari lipopolisakarida pada membran, memicu pertukaran fosfolipid dan menghasilkan ketidak seimbangan osmotik yang berujung pada kematian sel (Velkov dkk, 2013).

Berdasarkan penghambatan yang dilakukan, perlakuan kombinasi *Bacillus* yang terdiri dari *B. subtilis* FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 lebih optimal dalam menekan pertumbuhan *R. solanacearum*. Hal ini diduga akibat senyawa polipeptida yang dihasilkan kedua bakteri ini bekerja sinergis dalam menghambat pertumbuhan *R. solanacearum*. Menurut Cornelisen dan Bossche (1983), gabungan senyawa basitrasin dan polimiksin bersifat sinergis. Hal ini didukung oleh Cornelisen dan Bossche (1983) yang menyatakan bahwa sifat basitrasin yang dapat mengganggu fungsi dinding sel berkemungkinan dapat meningkatkan akseibilitas polimiksin masuk ke dalam sel. Selain itu menurut Shank dkk (2011), penumbuhan *B. subtilis* tipe liar dan *B. subtilis* mutan spo0A dengan *B. megaterium* secara berdekatan tidak terlihat adanya zona bening diantara bakteri tersebut sehingga dapat disimpulkan bahwa interaksi kedua bakteri tersebut tidak bersifat antagonis.

SIMPULAN

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, dapat disimpulkan bahwa perlakuan *B. subtilis* FNCC 0059, *B. megaterium* FNCC 0083, dan kombinasi *Bacillus* dapat menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* secara *in vitro*. Perlakuan dengan menggunakan kombinasi *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 merupakan perlakuan yang paling efektif dalam menghambat *R. solanacearum* secara *in vitro* dengan diameter hambatan sebesar $34,85 \pm 11,24$ mm. Sehingga implikasi dari penelitian ini ialah kombinasi *B. subtilis* strain FNCC 0059 dan *B. megaterium* FNCC 0083 dapat menghambat pertumbuhan *R. solanacearum* secara *in vitro* dan dapat dijadikan sebagai agensia pengendali hayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Al-Thubiani ASA, Maher YA, Fathi A, Abourehab MAWS, Alarjah M, Khan MSA., Al-Ghamdi SB, 2018. Identification and Characterization of a Novel Antimicrobial Peptide Compound Produced by *Bacillus megaterium* Strain Isolated from Oral Microflora. *Saudi Pharmaceutical Journal* Vol 26 (8): 1089-1097.
- Arwiyanto T, 2014. Biological Control of Bacterial Wilt in South East Asia (Pengendalian Hayati Penyakit Layu Bakteri di Asia Tenggara). *Jurnal Perlindungan Tanaman Indonesia* Vol. 18 (2): 55-64.
- Arwiyanto T, 2016. *Ralstonia solanacearum*: Biologi, Penyakit yang Ditimbulkan dan Pengelolaannya. UGM Press.
- Cornelissen F dan Bossche HVD, 1983. Synergism of the Antimicrobial agents Miconazole, Bacitracin and Polymyxin B. *Chemotherapy* Vol 29 (6): 419-427.
- De Ruiter dan Seminis, 2017. Tomato Disease Field Guild. (Online), (<https://www.deruiterseeds.com/en-ca/resources/disease-guides/tomato-disease-guide.html>), diunduh pada 2 Oktober 2018).
- Djaenuddin N dan Muis A, 2015. Karakteristik Bakteri Antagonis *Bacillus subtilis* dan Potensinya sebagai Agen Pengendali Hayati Penyakit Tanaman. *Seminar Nasional Serealia*. Balai Penelitian Tanaman Serealia.
- Djereng DK, Kawuri R, Ramona Y, 2017. Potential *Bacillus* sp. B3 as Biocontrol agent of Bacterial Wilt caused by *Ralstonia* sp. on Chili (*Capsicum annum* L.) Plant. *Jurnal Metamorfosa* Vol. IV (2): 237-246.
- Khan P, Bora LC, Borah PK, Bora P dan Talukdar K, 2018. Efficacy of Microbial Consortia against Bacterial Wilt Caused by *Ralstonia solanacearum* in Hydroponically Grown Lettuce Plant. *International Journal of Current Microbiology and Applied Sciences* Vol. 7 (6): 3046-3055.
- Kumar P, 2017. *Pharmacology and Therapeutics for Dentistry Edisi 7 (Pharmacology of Specific Drug Groups: Antibiotic Therapy*. St Louis: Elsevier.
- Liu MNS dan Madio E, 2013. Pengelolaan dan Pengembangan Usaha Hortikultura pada PT. Horti Bima International. *AGORA* Vol. 1 (1): 263-271.
- Meena KR, Sharma A, Shamsheer SK, 2019. Antitumoral and Antimicrobial Activity of Surfactin Extracted from *Bacillus subtilis* KLP2015. *International Journal of Peptide Research and Therapeutics* 26: 423-433.
- Nawangsih AA, 2006. *Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Biokontrol untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri (Ralstonia solanacearum) pada Tomat*. Disertasi. Tidak Dipublikasi. Bogor: Institut Pertanian Bogor.
- O'Donnel JA, Gelone SP, Safdar A, 2015. *Mandel, Douglas, and Bennet's Principles and Practice of Infectious Diseases (Edition 8th: 452-462)*. Philadelphia: Elsevier Saunders.
- Prihatiningsih N, Arwiyanto T, Hadisutrisno B dan Widada J, 2015. Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *Jurnal HPT Tropika* Vol. 15 (1): 64-71.
- Pueyo MT, Junior CB, Carmona-Ribeiro AM, Mascio PD, 2009. Lipopeptides Produced by a Soil *Bacillus megaterium* Strain. *Microbial Ecology* Vol. 57 (2): 367-78.

- Rahayu M, 2012. Penyakit Layu *Ralstonia solanacearum* pada Kacang Tanah dan Strategi Pengendalian Ramah Lingkungan. *Buletin Palawija* No. 24: 69-81
- Rahayu M, 2013. Ragam Penyakit Tular Tanah pada Tanaman Aneka Kacang dan Strategi Pengendalian non Kimiawi. *Prosiding Seminar Hasil Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi*.
- Rahayu M, 2015. *Monograf Balitkabi No. 13 Kacang Tanah Inovasi Teknologi dan Pengembangan Produk Bab Penyakit Layu Bakteri Bioekologi dan Cara Pengendaliannya*. Malang: Balai Penelitian Tanaman Aneka Kacang dan Umbi.
- Raini M, 2015. Kajian Pestisida Berbahan Aktif Antibiotika. *Media Litbangkes* Vol. 25 (1): 33-42.
- Reiningtyas R dan Mahreni, 2015. Biosurfaktan. *Eksergi* Vol. 7 (2): 12-22.
- Sakthivel K, Manigundan K, Gautam RK, Singh PK, Nakkeeran S, Sharma SK. 2019. *Bacillus* spp. for Suppression of Eggplant Bacterial Wilt Pathogen in Andaman Islands: Isolation and Characterization. *Indian Journal of Experimental Biology* Vol. 57(2): 131-137.
- Setiawan AW, 2019. Epidemiologi Penyakit Layu Bakteri dan Perkembangan Kompleks Spesies *Ralstonia solanacearum*. *Jurnal Galung Tropika* Vol. 8 (3): 243-270
- Shaligram NS dan Singhal RS, 2010. Surfactin- A Review on Biosynthesis, fermentation, Purification and Application. *Food Technology Biotechnology* Vol. 8 (2): 119-134.
- Shank EA, Klepac-Ceraj V, Colado-Torres L, Powers GE, Losick R, Kolter R, 2011. Interspecies Interaction that Result in *Bacillus subtilis* Forming Biofilm are Mediated Mainly by Members of its Own Genus. *PNAS* Vol. 108 (48): 1.236-1.243.
- Sholeh A, Yulianah I, dan Purnamaningsih SL, 2017. Penampilan Sifat Ketahanan Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) dan Produktivitas Tinggi Tanaman Cabai Merah (*Capsicum annum* L.) pada 24 Famili F5. *Jurnal Produksi Tanaman* Vol. 5 (6), 957-964.
- Sivakumar G dan Rangeshwaran R, 2013. Evaluation of *Bacillus megaterium* Strain NBAII 63 against Bacterial Wilt of Brinjal (*Solanum melongena*). *Journal Myco Pl Path* Vol. 43 (1): 95-98.
- Sivakumar G, Rangeshwaran R, Yandigeri MS, Rajkumar, Kumari R, 2017. Root Priming with *Bacillus* spp. Against Bacterial Wilt Disease of Tomato caused by *Ralstonia solanacearum*. *Indian Journal of Agriculture Sciences* Vol. 87 (11): 37-43.
- Soesanto L, 2008. *Pengantar Pengendalian Hayati Penyakit Tanaman*. Malang: PT. Raja Grafindo Persada.
- Velkov T, Roberts KD, Nation RL, Thompson PE, Jian L, 2013. Pharmacology of Polymixin: New Insight into an 'Old' Class of Antibiotic. *Future Microbiol* Vol. 8 (6): 1-20.
- Wanger A, Chavez V, Huang R, Wahed A, Dasgupta A, Actor JK, 2017. *Microbiology and Molecular Diagnosis in Pathology*. United States: Elsevier.
- Warbung YY, Wowor VNS, Posangi J, 2013. Daya Hambat Ekstrak Spons Laut *Callyspongia* sp terhadap Pertumbuhan Bakteri *Staphylococcus aureus*. *e-Gigi* Vol. 1 (2): 1-12.
- Xianling J, Guobing L, Yingping G, Chengchao Z, Zhimei M, 2008. Biological Control Against Bacterial Wilt and Colonization of Mulberry by an Endophytic *Bacillus subtilis* Strain. *FEMS Microbiol Ecol* 65 (3): 565-573.
- Yendeyo S, Ramesh GC, Pandey VR, 2018. Evaluation of *Trichoderma* spp., *Pseudomonas fluorescence* and *Bacillus subtilis* for Biological control of *Ralstonia* Wilt of Tomato. *F1000Research* Vol. 6 (2028): 1-12.

Published: 31 Mei 2021

Authors:

Faradina Nabila, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang, Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: faradinanabila30@gmail.com
 Mahanani Tri Asri, Jurusan Biologi, Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Negeri Surabaya, Jalan Ketintang, Gedung C3 Lt.2 Surabaya 60231, Indonesia, e-mail: mahananitria@gmail.com

How to cite this article:

Nabila F dan Asri MT, 2021. Kefektifan *Bacillus subtilis*, *Bacillus megaterium* dan Kombinasi *Bacillus* terhadap Penghambatan Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* secara *In Vitro*. *LenteraBio*; 10(1): 220-225