



**APLIKASI *Bacillus* spp. UNTUK MENGINDUKSI KETAHANAN EMPAT
VARIETAS TOMAT (*Solanum lycopersicum*) TERHADAP PENYAKIT
LAYU BAKTERI *Ralstonia solanacearum***

SKRIPSI

Oleh :

**KHOTIMATUL MUNAWWAROH
NIM 141510501139**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**



**APLIKASI *Bacillus* spp. UNTUK MENGINDUKSI KETAHANAN EMPAT
VARIETAS TOMAT (*Solanum lycopersicum*) TERHADAP PENYAKIT
LAYU BAKTERI *Ralstonia solanacearum***

SKRIPSI

Diajukan Guna Memenuhi Salah Satu Persyaratan untuk Menyelesaikan
Program Sarjana pada Program Studi Agroteknologi
Fakultas Pertanian Universitas Jember

Oleh :

**KHOTIMATUL MUNAWWAROH
NIM 141510501139**

**PROGRAM STUDI AGROTEKNOLOGI
FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS JEMBER
2019**

PERSEMBAHAN

Skripsi ini saya persembahkan untuk:

1. Allah SWT atas segala karunia ini dan limpahan rahmat dalam penyelesaian karya ilmiah ini sehingga dapat terselesaikan dengan lancar.
2. Alm. ayahanda Moch Sudirdjo, almh. ibunda Nur Jannah , Ibu Endang Sri, kakak saya Desy Eka Lutfia, Desy Dwi Anggraini, Trias Indah Wulandari dan Alfia Eka, adek saya Panca Pramana, kakak ipar saya Imam, Agung dan Misyono, pendamping saya Moch Sofil Himam, serta keluarga besar atas kasih sayang dan motivasi yang selalu diberikan.
3. Guru-guru saya dari SD sampai SMA dan Dosen-dosen saya di Fakultas Pertanian, yang telah memberikan ilmu dan membimbing dengan penuh kesabaran.
4. Teman-teman seperjuangan program Studi Agroteknologi Universitas Jember angkatan 2014.
5. Almamater Fakultas Pertanian Universitas Jember.

MOTTO

“Barang siapa yang bersungguh-sungguh, sesungguhnya kesungguhan tersebut untuk kebajikannya sendiri”.

(Qs. Al-Ankabut: 6)

“Dan Allah tidak menjadikan pemberian bala bantuan itu melainkan sebagai kabar gembira bagi kemenanganmu, dan agar tentram hatimu karenanya. Dan kemenanganmu itu hanyalah dari Allah SWT.

(Qs. Al-Isra: 36)

“Menyesali nasib tidak akan mengubah keadaan. Terus berkarya dan bekerja yang membuat kita berharga”

(KH. Abdurrahman Wahid)



PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan dibawah ini:

Nama : Khotimatul Munawwaroh

NIM : 141510501139

menyatakan dengan sesungguhnya bahwa skripsi berjudul “**Aplikasi *Bacillus* spp. Untuk Menginduksi Ketahanan Empat Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum*”** adalah benar-benar hasil karya sendiri, kecuali jika dalam pengutipan substansi disebutkan sumbernya, dan belum pernah diajukan pada institusi manapun, serta bukan karya jiplakan. Saya bertanggung jawab atas keabsahan dan kebenaran isinya sesuai dengan sikap ilmiah yang harus saya junjung tinggi.

Demikian pernyataan ini saya buat dengan sebenarnya, tanpa adanya tekanan dan paksaan dari pihak manapun serta bersedia mendapat sanksi akademik jika ternyata dikemudian hari pernyataan ini tidak benar.

Jember, 28 Maret 2019

Yang menyatakan,

Khotimatul Munawwaroh
NIM. 141510501139

SKRIPSI

**APLIKASI *Bacillus* spp. UNTUK MENGINDUKSI KETAHANAN EMPAT
VARIETAS TOMAT (*Solanum lycopersicum*) TERHADAP PENYAKIT
LAYU BAKTERI *Ralstonia solanacearum***

Oleh

Khotimatul Munawwaroh

NIM 141510501139

Pembimbing:

Dosen Pembimbing Skripsi : Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si.
NIP. 196301021988022001

PENGESAHAN

Skripsi yang berjudul “**Aplikasi *Bacillus* spp. Untuk Menginduksi Ketahanan Empat Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum***” telah diuji dan disahkan pada:

Hari : Kamis

Tanggal : 28 Maret 2019

Tempat : Ruang Ujian 2 Fakultas Pertanian Universitas Jember

Dosen Pembimbing Skripsi

Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si.

NIP. 196301021988022001

Dosen Penguji 1

Dosen Penguji 2

Prof. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., Ph.D

NIP. 195212171980032001

Ir. Martinus .H. Pandutama, M.Sc.,Ph.D

NIP. 195403261981031003

Mengesahkan

Dekan,

Ir. Sigit Soeparjono, MS., Ph.D.

NIP. 196005061987021001

PRAKATA

Puji syukur saya haturkan pada kehadiran Allah SWT, yang telah memberikan rahmat, serta hidayah-Nya atas terselesaikannya Karya Ilmiah Tertulis yang berjudul “**Aplikasi *Bacillus* spp. Untuk Menginduksi Ketahanan Empat Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum***” sebagai syarat untuk menyelesaikan Program Studi Agroteknologi (S1) dan mencapai gelar Sarjana Pertanian.

Penyelesaian Karya Ilmiah Tertulis (Skripsi) ini tidak terlepas dari bantuan berbagai pihak, oleh karena itu penulis menyampaikan terima kasih atas semua dukungan dan bantuan kepada:

1. Ir. Sigit Soeparjono, MS, Ph.D., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Jember.
2. Ir. Hari Purnomo, M.Si, Ph.D, Dic., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember.
3. Ir. Saifuddin Hasjim, MP., selaku Ketua Program Studi Proteksi Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jember.
4. Dr. Ir. Rachmi Masnilah, M.Si., selaku Dosen Pembimbing Skripsi yang telah memberikan bimbingan, arahan, ilmu, pengalaman serta dukungan dalam menyelesaikan skripsi ini.
5. Prof. Ir. Wiwiek Sri Wahyuni, MS., Ph.D., selaku Dosen Penguji I yang telah memberi saran dan masukan untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini.
6. Ir. Martinus Harsanto Pandutama, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Penguji II yang telah memberi saran dan masukan untuk menyempurnakan penulisan skripsi ini.
7. Ir. Martinus Harsanto Pandutama, M.Sc., Ph.D., selaku Dosen Pembimbing Akademik yang telah memberikan nasehat dan bimbingannya selama masa studi.
8. Kedua orangtuaku Alm. Ayahanda Moch Sudirdjo, almh. ibunda Nur Jannah, dan Ibu Endang Sri yang selalu memberikan kasih sayangnya setiap waktu,

selalu memberikan doa dan dukungan disetiap kondisi, dan tak lupa kakak, adek dan kakak ipar saya tercinta.

9. Pendamping saya Moch Sofil Himam yang selalu ada untuk menemani penulis, terima kasih banyak sudah mendukung, memberi semangat tiada henti dan memberikan motivasi dalam melaksanakan penelitian ini.
10. Sahabat-sahabat seperjuangan PPSP (Aris susanto, Muji Sayekti Soekarno, Siti Juli Isnaeni, Endah Rekmawati, Nur Aini Puspitasari, Dhanu Triyoso, Ainur Rofiqi, Akhmad Sofyan, Misbahus Surur) terima kasih sudah menjadi sahabat sekaligus keluarga mulai awal masuk kuliah.
11. Teman-teman KKN PPM 01 Desa Klungkung Kecamatan Sukorambi Kabupaten Jember.
12. Teman-teman PKL Balai Besar Karantina Pertanian Surabaya.
13. Teman-teman seangkatan 2014 Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Jember yang telah banyak membantu penulis selama studi.
14. Semua pihak yang tidak dapat disebutkan satu persatu yang turut serta membantu dalam penyelesaian penulisan skripsi ini.

Karya Ilmiah Tertulis ini masih sangat jauh dari sempurna, oleh karena itu segala bentuk kritik dan saran untuk perbaikan karya ilmiah ini sangat penulis harapkan.

Jember, 28 Maret 2019

Penulis

RINGKASAN

Aplikasi *Bacillus* spp. Untuk Menginduksi Empat Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum*; Khotimatul Munawwaroh, 141510501139; 2019; Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Jember.

Tomat merupakan salah satu tanaman sayuran penting sebagai sumber gizi bagi masyarakat di Indonesia. Produktivitas tomat mengalami penurunan dikarenakan serangan patogen tular tanah. Penyakit layu bakteri termasuk dalam penyakit penting di Indonesia yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum*. Serangan patogen ini dapat menimbulkan kerugian mencapai 1 hingga 5% dan menyebabkan penurunan hasil mencapai 7 hingga 75%. Pengendalian penyakit layu bakteri ini dapat dengan menggunakan varietas tahan dan penggunaan agen *Bacillus* spp. yang berpotensi untuk menginduksi ketahanan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh penggunaan 4 varietas tomat dan *Bacillus* spp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol. Rancangan yang digunakan pada penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) faktorial yang meliputi *Bacillus* spp. sebanyak 2 taraf yaitu: B0 = -*Bacillus* spp. dan B1 = +*Bacillus* spp. 20 ml. Penggunaan 4 varietas tomat sebanyak 4 taraf yaitu: V1= Varietas Betavila F1, V2= Varietas Martha 9 F1, V3= Varietas Fiesta F1 dan V4= Varietas Servo F1. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis ragam (Anova). Apabila diperoleh beda nyata maka dilakukan uji *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf 5%. Adapun parameter yang diamati meliputi masa inkubasi, insidensi penyakit, keparahan penyakit dan kandungan senyawa fenol.

Hasil penelitian ini terdapat pengaruh dari perlakuan aplikasi *Bacillus* spp. dan penggunaan 4 varietas tomat pada variabel kandungan fenol pada kombinasi perlakuan B1V3. Faktor tunggal aplikasi *Bacillus* spp. menunjukkan pengaruh sangat nyata pada variabel insidensi penyakit, keparahan penyakit dan kandungan fenol dengan B1 (aplikasi *Bacillus* spp.), sedangkan perlakuan penggunaan 4

varietas menunjukkan pengaruh sangat nyata pada variabel kandungan fenol dengan V2 (Varietas Martha 9 F1).

Kata Kunci: Tanaman tomat, *Ralstonia solanacearum*, Induksi Ketahanan, *Bacillus* spp.



SUMMARY

The Application of *Bacillus* spp. To Induce The Resistance Of Four Tomato Varieties (*Solanum lycopersicum*) on Bacterial Wilt Disease Of *Ralstonia solanacearum*; Khotimatul Munawwaroh, 141510501139; 2019; Agrotechnology Courses, Faculty Of Agriculture, University Of Jember.

Tomato is one of the important vegetable plants as the nutrition source for societies in Indonesia. The productivity of tomato decreases because of soil-borne pathogen attack. Bacterial wilt disease is included in an important disease in Indonesia caused by *Ralstoniasolanacearum*. This pathogen attack can cause the harm of 1 to 5% and cause a decrease in yield of 7 to 75%. The control of this bacterial wilt disease can be done by using resistant varieties and the use of *Bacillus* spp. agent which has a potency to induce the plant resistance. This research aimed to know the use of 4 tomato varieties and *Bacillus* spp. on the plant resistance and the content of phenolic compounds. The design used in this research was the factorial of complete randomized design (CRD) covering *Bacillus* spp. of 2 levels that are: B0 = -*Bacillus* spp. and B1 = +*Bacillus* spp. 20 ml. The use of 4 tomato varieties of 4 levels that are: V1= Betavila F1 Variety, V2= Martha 9 F1 Variety, V3= Fiesta F1 Variety and V4= Servo F1 Variety. The observation result data were analyzed by using analysis of variance (Anova). If obtained significant difference so that it was done the *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) on the 5% level. As for parameter observed covering the incubation period, the disease incidence, the disease severity and the content of phenolic compounds.

This research result there was an effect from the application treatment of *Bacillus* spp. and the use of 4 tomato varieties on the phenolic compound variable on the combination treatment of B1V3. Single factor application of *Bacillus* spp. shown that the effect was highly significant on disease incidence variable, disease severity and content of phenolic compounds with B1 (the application of *Bacillus* spp.), while the treatment of the use of 4 varieties shown that the effect was highly

significant on the content of phenolic compounds variable with V2 (Martha 9 F1 Variety).

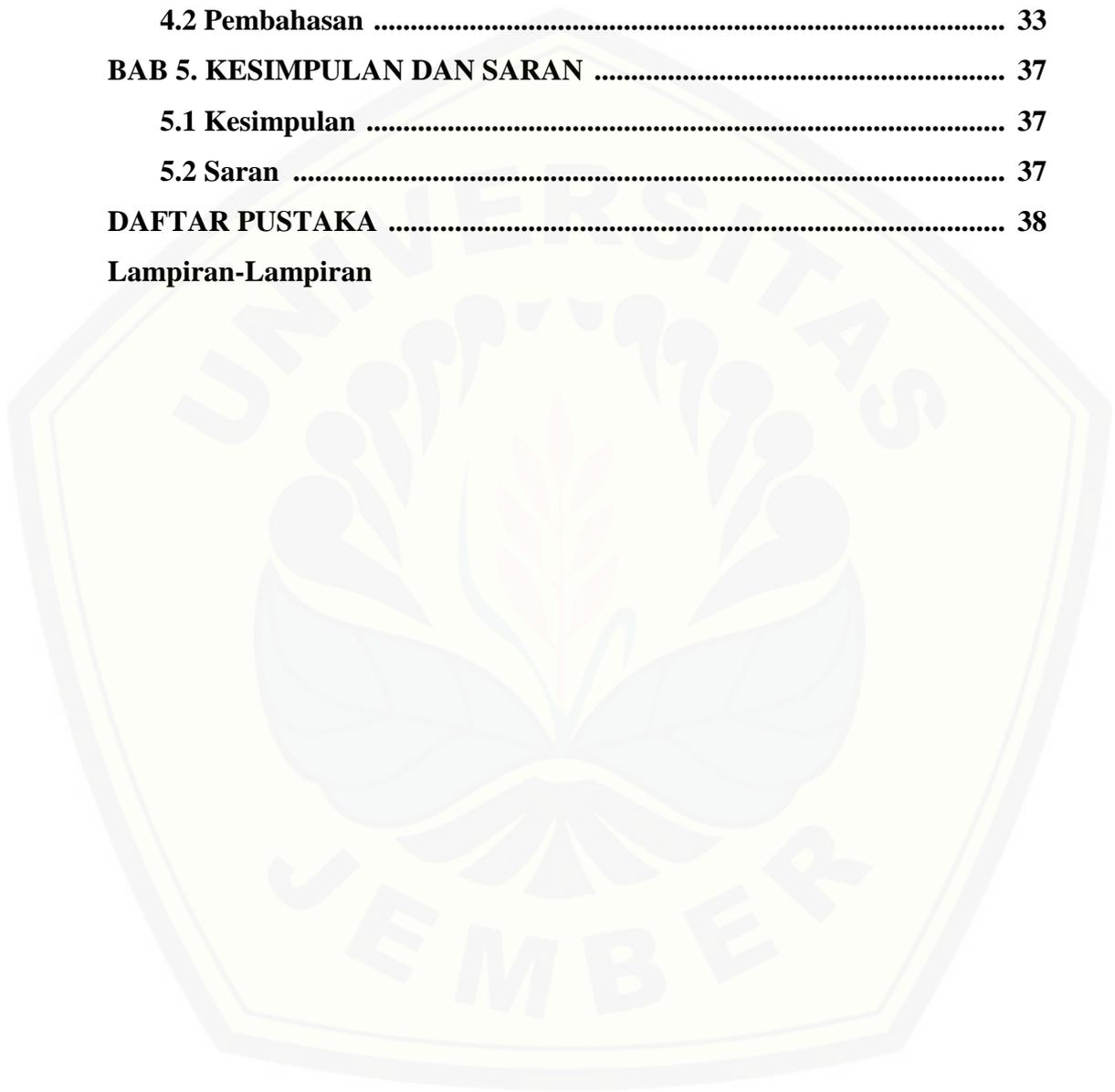
Keywords: Tomato Plant, *Ralstonia solanacearum*, Resistance Induction, *Bacillus spp.*



DAFTAR ISI

	Halaman
HALAMAN JUDUL	i
HALAMAN PERSEMBAHAN	ii
HALAMAN MOTTO	iii
HALAMAN PERNYATAAN.....	iv
HALAMAN PEMBIMBING	v
HALAMAN PENGESAHAN.....	vi
PRAKATA	vii
RINGKASAN	ix
SUMMARY	xi
DAFTAR ISI.....	xiii
DAFTAR TABEL	xv
DAFTAR GAMBAR.....	xvi
BAB 1. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang	1
1.2 Rumusan Masalah	3
1.3 Tujuan	3
1.4 Manfaat	4
BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA	5
2.1 Tanaman Tomat (<i>Solanum lycopersicum</i>)	5
2.2 Penyakit Layu Bakteri.....	5
2.3 Induksi Ketahanan Tanaman	7
2.4 Karakteristik dan Potensi <i>Bacillus</i> spp.....	9
2.5 Deskripsi 4 Varietas	10
2.6 Hipotesis.....	12
BAB 3. METODE PENELITIAN	13
3.1 Waktu dan Tempat	13
3.2 Persiapan Penelitian	13
3.3 Pelaksanaan Riset	16
3.4 Variabel Pengamatan	19

BAB 4. HASIL DAN PEMBAHASAN	21
4.1 Hasil.....	21
4.1.1 Karakteristik <i>R.solanacearum</i> dan Uji Daya Hambat	21
4.1.2 Penggunaan 4 Varietas dan Aplikasi <i>Bacillus</i> spp.....	23
4.2 Pembahasan	33
BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN	37
5.1 Kesimpulan	37
5.2 Saran	37
DAFTAR PUSTAKA	38
Lampiran-Lampiran	



DAFTAR TABEL

Tabel	Judul	Halaman
4.1	Masa Inkubasi Tanaman Tomat	24
4.2	Rangkuman nilai F-hitung insidensi penyakit dan keparahan penyakit.....	26
4.3	Pengaruh aplikasi <i>Bacillus</i> spp. terhadap insidensi penyakit dan keparahan penyakit	26
4.4	Rata-rata keparahan penyakit dan kriteria ketahanan.....	27
4.5	Rangkuman nilai F-hitung kandungan senyawa fenol.....	28
4.6	Pengaruh interaksi terhadap kandungan senyawa fenol 8 HST.....	29
4.7	Pengaruh interaksi terhadap kandungan senyawa fenol 51 HST.....	31

DAFTAR GAMBAR

Gambar	Judul	Halaman
4.1	Karakteristik <i>R. solanacearum</i>	21
4.2	Hasil pengujian <i>R. solanacearum</i>	22
4.3	Daya antagonis <i>Bacillus</i> spp. Terhadap <i>R. solanacearum</i>	22
4.4	Gejala kelayuan pada daun	23
4.5	Gejala nekrosis pada batang tomat	23
4.6	Insidensi penyakit layu bakteri <i>R. solanacearum</i>	24
4.7	Keparahan penyakit layu bakteri <i>R. solanacearum</i>	25
4.8	Pengaruh interaksi terhadap kandungan senyawa fenol.....	28

BAB 1. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Tomat merupakan salah satu tanaman hortikultura penting yang menjadi sumber gizi bagi manusia. Seiring dengan meningkatnya pertumbuhan penduduk dan kesadaran masyarakat akan pentingnya gizi konsumsi tomat menjadi meningkat. Menurut Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian (2014) produksi tomat pada tahun 2010 mencapai 891.616 ton dengan jumlah penduduk 237.64 juta jiwa, sedangkan pada tahun 2011 hasil produksi tomat mengalami penurunan mencapai 847.160 ton sehingga konsumsi tomat di Indonesia tidak dapat terpenuhi. Penurunan produktivitas tomat salah satunya disebabkan oleh penyakit tanaman akibat serangan patogen tular tanah (Khaeruni dkk., 2013).

Salah satu penyakit penting tanaman tomat adalah penyakit layu bakteri (Adriani dkk., 2012). Penyakit layu bakteri ini disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* (Setyari dkk., 2013). Pertumbuhan *Ralstonia solanacearum* dapat disebabkan oleh kondisi lahan yang lembab dengan curah hujan yang tinggi (Bariro, 2016). Serangan penyakit ini dapat menyebabkan penurunan hasil panen buah tomat hingga mencapai 7-75% (Maharina dkk., 2014). Pada tahun 2003 luas serangan *Ralstonia solanacearum* di Indonesia mencapai 159.7 ha sehingga menimbulkan kerusakan, penurunan produksi dan kerugian (Direktorat Perlindungan Tanaman dalam Bariro, 2016).

Pengendalian *Ralstonia solanacearum* pada umumnya dilakukan secara terpadu diantaranya melalui pencegahan masuknya patogen pada lahan yang sehat, eradikasi, modifikasi lingkungan yang dapat menekan perkembangan patogen dalam tanah, penggunaan pestisida nabati, pestisida kimia, pemanfaatan agens hayati dan penggunaan tanaman resisten (Supriadi, 2011). Salah satu pengendalian yang banyak dilakukan oleh petani yaitu secara kimiawi. Penggunaan bahan kimia ini secara terus menerus dan dalam jumlah besar akan dapat menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan diantaranya menyebabkan matinya musuh alami dan timbulnya resisten patogen (Nawangsih, 2006). Selain itu upaya pengendalian *Ralstonia solanacearum* yang dilakukan

melalui praktek-praktek budidaya dan pengembangan varietas tahan namun hanya menunjukkan keberhasilan yang terbatas karena masing-masing varietas memiliki ketahanan yang berbeda-beda terhadap serangan penyakit (Adriani dkk., 2012). Oleh karena itu diperlukan suatu metode pengendalian yang aman, efektif dan efisien. Salah satu pengendalian yang dapat diterapkan adalah dengan meningkatkan ketahanan tanaman.

Ketahanan suatu varietas tanaman dapat dilihat dengan adanya perbedaan keparahan penyakit yang sangat nyata. Terdapat dua jenis ketahanan tanaman yang dapat digunakan sebagai upaya pengendalian yaitu ketahanan genetik dan induksi. Ketahanan genetik tanaman merupakan suatu ketahanan yang dimiliki oleh tanaman yang disebabkan adanya struktur tanaman yang menjadi salah satu penghalang terjadinya serangan patogen dimana hal tersebut terjadi karena adanya perubahan sifat genetik pada tanaman, morfologi tanaman dan ekologi yang mempengaruhi ketahanan tanaman (Gunaeni dan Purwati, 2013). Selain itu ketahanan tanaman juga dapat dilakukan melalui cara induksi ketahanan yang dapat dijadikan sebagai alternatif untuk mendapatkan karakter ketahanan terhadap penyakit. Menurut Hoerussalam dkk (2013) induksi ketahanan merupakan suatu proses yang dilakukan dengan menstimulasi resistensi tanaman inang terhadap serangan penyakit. Ketahanan tanaman secara induksi dapat menggunakan bahan penginduksi secara eksternal diantaranya secara kimia dan biologi. Pemanfaatan agens hayati sebagai bahan penginduksi ketahanan pada tanaman dapat digunakan sebagai alternatif pengendalian *Ralstonia solanacearum*. Agens penginduksi biologis dapat memanfaatkan PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*). Salah satunya adalah rhizobakteri antagonis yang juga berpotensi untuk mengendalikan *Ralstonia solanacearum* pada tomat seperti *Bacillus* spp. (Saputra dkk., 2015).

Penggunaan *Bacillus* spp. sebagai agens hayati memiliki potensi dalam mengendalikan *Ralstonia solanacearum* karena memiliki kemampuan mensintesis metabolit sekunder yang dihasilkan mampu menunjukkan aktivitas antibakteri dan antijamur. Penggunaan agens hayati *Bacillus* spp. terdapat beberapa mekanisme seperti antibiosis, sekresi enzim pelisis dan ketahanan terinduksi sistemik

(*Induced Systemic Resistance*) (Prihatiningsih dkk., 2015). Mekanisme ketahanan terinduksi sistemik dapat terjadi jika terdapat rangsangan ketika tanaman terinfeksi patogen, ketahanan tanaman secara terinduksi dipacu oleh inokulasi mikroba. Penggunaan bakteri antagonis seperti *Bacillus* spp. yang berperan sebagai bioprotectan dapat memacu sel-sel akar untuk menghasilkan senyawa pertahanan tanaman seperti senyawa fenol (Mahadiptha dkk., 2017). Senyawa fenol pada tanaman berperan dalam meningkatkan ketahanan tanaman dan menekan perkembangan patogen (Sredevi *et al.*, 2011). Bakteri endofit seperti *Bacillus* spp. juga mampu menekan penyakit yang disebabkan oleh *Ralstonia solanacearum* pada tanaman pisang dengan persentase penekanan penyakit mencapai 66,67-83,33% akibat adanya mekanisme ketahanan tanaman oleh bakteri endofit berdasarkan aktivitas enzim pertahanan tanaman peroksidase dan polifenol oksidase, phenilalanin amonia liase, kitinase, β -1,3 glukonase dan fenol (Marwan, 2014). Oleh karena itu perlu dilakukan pengujian untuk mengetahui penggunaan beberapa varietas dan *Bacillus* spp. untuk mengendalikan penyakit layu bakteri.

1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut dapat dirumuskan masalah permasalahan sebagai berikut:

1. Bagaimana pengaruh varietas tomat dengan *Bacillus* spp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol?
2. Bagaimana pengaruh 4 varietas tomat terhadap ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* dan kandungan senyawa fenol?
3. Bagaimana pengaruh agen *Bacillus* spp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol?

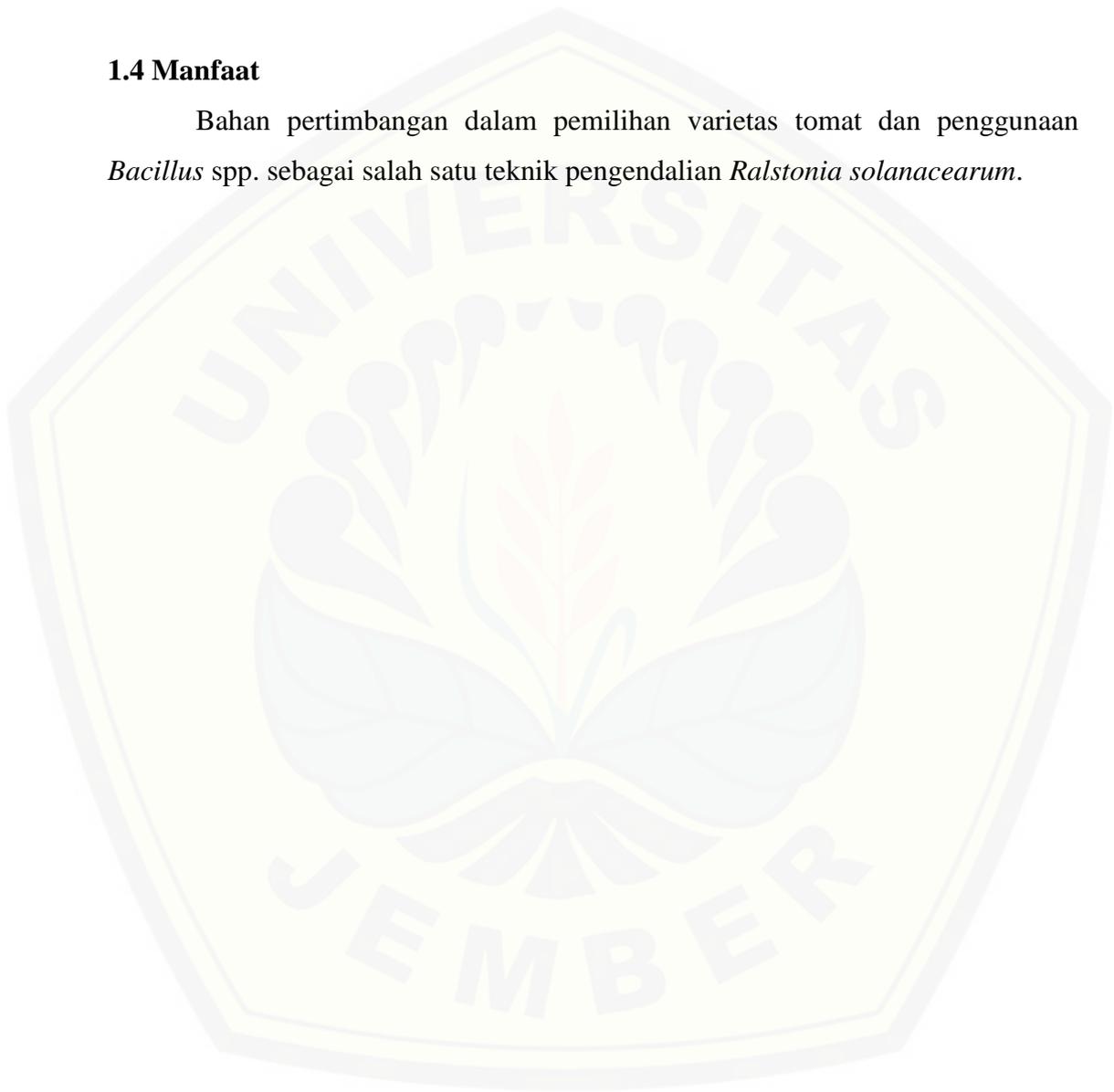
1.3 Tujuan

1. Mengetahui pengaruh varietas tomat dengan *Bacillus* spp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol

2. Mengetahui pengaruh 4 varietas tomat terhadap ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* dan kandungan senyawa fenol
3. Mengetahui pengaruh agen *Bacillus* sp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol

1.4 Manfaat

Bahan pertimbangan dalam pemilihan varietas tomat dan penggunaan *Bacillus* spp. sebagai salah satu teknik pengendalian *Ralstonia solanacearum*.



BAB 2. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

Tanaman tomat merupakan salah satu tanaman hortikultura yang sangat penting bagi manusia dimana sayuran tomat ini banyak dimanfaatkan untuk bumbu masakan, konsumsi dalam keadaan segar dan berbagai macam olahan tomat yang bergizi. Tanaman tomat dalam 100 gram mengandung gizi protein 1 gram, lemak 0,3 gram, karbohidrat 4,2 gram, fosfor 27 mg dan kandungan gizi lainnya (Marliah dkk., 2012). Tanaman tomat tergolong dalam tanaman semusim dengan ketinggian tanaman sekitar 70-200 cm tergantung varietasnya. Tanaman tomat dapat tumbuh baik pada jenis tanah dengan pH 6,0 sampai 7,0. Tanaman tomat memiliki ciri-ciri yaitu batang berbulu kasar, daun termasuk dalam daun majemuk dengan panjang daun antar 15 cm hingga 30 cm, lebar daun 10 cm – 25 cm, tangkai daun 3 – 6 cm. Selain itu bunga tanaman tomat memiliki ciri termasuk bunga majemuk yang terdiri dari 4 sampai 14 bunga, jumlah mahokta bunga berjumlah 6, benang sari berjumlah 6 dan bertangkai pendek (Pracaya, 1998).

Kebutuhan tomat di Indonesia dari tahun ke tahun mengalami peningkatan sehingga perlu adanya upaya untuk meningkatkan produksi tomat. Konsumsi tomat pada tahun 2010 mencapai 891.616 ton dengan jumlah penduduk 237.64 jiwa namun pada tahun 2011 produksi tomat mengalami penurunan mencapai 847.160 (Pusat Data dan Sistem Infomasi Pertanian., 2014). Salah satu faktor penurunan hasil produksi tomat disebabkan oleh adanya serangan patogen penting tanaman tomat diantaranya penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) (Diarta dkk., 2016).

2.2 Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*)

Penyakit layu bakteri yang disebabkan oleh patogen *Ralstonia solanacearum* termasuk dalam penyakit penting tanaman tomat di Indonesia karena serangan patogen ini dapat menimbulkan tanaman menjadi mati sehingga mengakibatkan terjadinya kegagalan panen dan kerugian secara ekonomis yang

cukup besar (Adriani dkk., 2012). *Ralstonia solanacearum* termasuk dalam bakteri bergram negatif yang memiliki metabolisme oksidatif dan bersifat aerob. Bakteri ini berbentuk batang dan ujungnya berbentuk bulat. Sel tunggal *R. solanacearum* berukuran 0,5-0,7 x 1,5-2,0 μm dan tidak memiliki spora.

Bakteri *Ralstonia solanacearum* tergolong dalam bakteri patogen tular tanah yang dapat berkembang di daerah tropis dan subtropis dimana bakteri ini dapat menyerang sekitar perakaran tanaman dan memperbanyak diri didalam jaringan xylem tanaman. Serangan penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* dapat menimbulkan kerugian mencapai 1 hingga 5% bahkan serangan patogen ini di India menimbulkan kerugian mencapai 90% (Saputra dkk., 2015). Proses infeksi *Ralstonia solanacearum* menyerang tanaman dengan masuk dan menginfeksi pada jaringan tanaman yang terluka dimana bakteri ini masuk bersama dengan air dan unsur hara yang diberikan, patogen *Ralstonia solanacearum* yang telah masuk dalam jaringan tanaman akan merusak sel-sel tanaman pada daerah perakaran sehingga dapat menghambat pengangkutan air dan unsur hara. Sel-sel tanaman yang terserang bakteri *Ralstonia solanacearum* lama-kelamaan akan hancur akibat enzim yang dikeluarkan oleh patogen mengandung selulosa dan pektin yang mampu menghancurkan dinding sel tanaman sehingga mengakibatkan tanaman menjadi layu akibat terhambatnya translokasi air dan unsur hara (Setyari dkk., 2013). Gejala secara eksternal pada tanaman dapat terjadi saat tanaman tomat berumur 2 hingga 3 minggu setelah tanam yang ditunjukkan dengan gejala layu pada daun muda dan batang agak layu, gejala selanjutnya nampak pada seluruh tanaman menjadi layu dan mengalami perubahan warna menjadi kusam sehingga batang dan daun menjadi layu permanen dan mengering sehingga lama-kelamaan tanaman akan mati (Muthoni *et al.*, 2012). Sedangkan untuk gejala Layu Fusarium pada Tomat ditandai dengan menguningnya daun bawah tanaman sehingga menyebabkan jaringan daun mati dan kemudian mengering, gejala selanjutnya pangkal batang tomat coklat dan kering dan tanaman layu sehingga lama-kelamaan tanaman menjadi rebah dan mati (Putri dkk., 2014).

Penyebaran patogen *Ralstonia solanacearum* biasanya terjadi di atas permukaan tanah. Patogen ini dapat tersebar melalui benih, semai, bahan

kemasan, cara bercocok tanam dan kontak akar. Penyebaran melalui benih yang terkontaminasi pada saat panen maupun saat pengolahan dapat menyebabkan terbawanya patogen pada benih tersebut. Penyebaran melalui tempat semai dapat terjadi pada tanaman yang memerlukan tempat penyemaian benih sebelum tanam dimana lahan semai tersebut telah terinfeksi patogen *R. solanacearum*. Penyebaran melalui bahan kemasan dapat terjadi jika bahan kemasan dan bahan angkut terkontaminasi patogen *R. solanacearum* sehingga dapat menjadi sumber inokulum dan menyebarkan patogen dari satu tempat ke tempat lainnya. Penyebaran patogen melalui cara bercocok tanam yakni dapat melalui alat yang digunakan untuk mengolah tanah, tanah yang terinfeksi patogen *R. solanacearum* kemudian melekat pada alat olah tanah dapat menjadi salah satu faktor pembawa dan penyebaran patogen dari satu tempat ke tempat lainnya. Penyebaran melalui kontak akar yakni patogen menyebar melalui kontak akar, penularan dapat terjadi saat terjadi kontak antara akar tanaman sakit dan akar tanaman sehat. Selain itu teknik penyiangan yang kurang tepat juga dapat menyebabkan dan memperparah penyebaran patogen *Ralstonia solanacearum* (Arwiyanto, 2014).

2.3 Induksi Ketahanan Tanaman

Tanaman dapat melakukan mekanisme pertahanan terhadap tekanan biotik dimana pertahanan tanaman tersebut dapat diaktifkan dengan menginduksi ketahanan tanaman tersebut. Induksi ketahanan merupakan salah satu alternatif upaya pengendalian suatu patogen dengan pengaplikasian bahan penginduksi eksternal. Induksi ketahanan dapat mengaktifkan sistem ketahanan dan menstimulasi daya resistensi secara alami tanaman inang terhadap patogen. Ketahanan tanaman secara alami dapat diinduksikan dengan menggunakan agens biologi (Hoerussalam dkk., 2013). Ketahanan Tanaman terdapat dua bentuk yakni *induced systemic resistance* (ISR) dan *systemic acquired resistance* (SAR). Tanaman yang telah terinduksi ketahanannya mampu meningkatkan aktivitas ketahanannya seperti tanaman rentan dapat menjadi varietas tahan. Ketahanan tanaman yang dilakukan dengan pemanfaatan tanaman elisitor dapat mengaktifkan gen ketahanan tanaman dengan terbentuknya akumulasi senyawa

asam salisilat disebut dengan *systemic acquired resistance* (SAR) (Hanudin dkk., 2016). Menginduksi ketahanan tanaman dapat dilakukan dengan beberapa cara yaitu dengan menginduksi ketahanan tanaman secara *in vitro* dengan mengaplikasikan asam salisilat yang memiliki peran pada pertumbuhan dalam aktivitas fisiologis tanaman salah satunya untuk ketahanan tanaman terhadap penyakit dimana mekanisme ketahanan sistemik terinduksi tersebut dapat terjadi melalui proses akumulasi asam salisilat pada jaringan tanaman yang terinfeksi dan tidak terinfeksi sehingga dapat mengaktifkan gen ketahanan tanaman (Juwanda dkk., 2016).

Ketahanan terinduksi sistemik (ISR) merupakan ketahanan tanaman yang diinduksi oleh agen biotik nonpatogenik seperti rizobakteria. Untuk meningkatkan ketahanan tanaman secara terinduksi dapat menggunakan mikroorganisme yang mampu hidup pada daerah perakaran dan mampu meningkatkan ketahanan sistemik tanaman atau *induced systemic resistance* (ISR) dengan memacu sel-sel akar untuk menghasilkan senyawa-senyawa tertentu yang mampu menghambat pertumbuhan patogen. Ketahanan tanaman pada metode *induced systemic resistance* (ISR) dapat terjadi jika adanya akumulasi senyawa ketahanan seperti fenol, asam salisilat, peroksidase, asam jasmonik dan senyawa lainnya yang dapat menghasilkan *related-protein* (PR-protein) pada tanaman (Mahadiptha dkk., 2017). Menurut Djaenuddin (2016) ketahanan terinduksi pada tanaman dapat terjadi jika telah diinokulasikan secara biotik dengan menggunakan mikroorganisme avirulen, nonpatogenik dan saprofit maupun secara abiotik dengan menggunakan asam salisilat, asam kloroetil fasonat dan sebagainya. Tanaman yang terinduksi oleh mikroba sebagai agens penginduksi ketahanan tanaman dapat meningkatkan beberapa senyawa glukonase, kitinase dan fenol.

Senyawa fenol merupakan senyawa aromatik yang mengandung gugus hidroksil (OH) yang efektif dalam mencegah serangan hama dan penyakit (Wanita dkk., 2014). Senyawa fenol termasuk dalam metabolit sekunder yang memiliki beberapa manfaat pada tanaman diantaranya sebagai atraktan, pelindung dari serangan hama dan penyakit, zat pengatur tumbuh, dan ketahanan tanaman terhadap hama dan patogen (Setyorini dan Eriyanto, 2016). Senyawa yang

dihasilkan untuk menginduksi ketahanan tanaman seperti senyawa fenol karena mampu meracuni patogen dimana senyawa ini berperan sebagai penentu patogenisitas berdasarkan perkembangan patogen dan tingkat ketahanan tanaman secara kimia (Wachjadi dkk., 2013). Proses pembentukan senyawa fenol terdapat tiga macam yaitu melalui jalur asam malonat, asam mevalonat dan asam shikimat. Pembentukan senyawa fenol diperoleh dari tahap phenylalanin melalui eliminasi molekul ammonia dari asam sinamat kemudian dikatalis *phenylalanine ammonia lyase* (PAL) (Setyorini dan Eriyanto, 2016).

2.4 Karakteristik dan Potensi *Bacillus* spp. Sebagai Agen Penginduksi Ketahanan Tanaman

Bacillus spp. merupakan bakteri yang termasuk dalam bakteri ber gram positif. Morfologi bakteri ini diantaranya memiliki bentuk batang, pada bagian sentral selnya berbentuk oval spiral. *Bacillus* spp. memiliki sel berukuran 0,3 – 2,2 x 1,2 – 7,0 μm yang berbentuk batang dan terdapat flagel peritrikus. Selain itu bakteri ini juga memiliki spora yang berfungsi untuk dapat bertahan hidup pada kondisi yang ekstrim untuk pertumbuhan bakteri tersebut dengan membentuk endospora (Putra, 2011). Bakteri *Bacillus* spp. ini berpotensi sebagai agens hayati yang berperan untuk mengendalikan patogen yang menyerang tanaman dimana bakteri ini memiliki sifat antagonis. *Bacillus* spp. mampu berinteraksi dengan tanaman sehingga mampu memacu pertumbuhan tanaman melalui kolonisasi *Bacillus* spp. pada area perakaran tanaman (Abidin dkk., 2015). Pada daerah perakaran bakteri *Bacillus* spp. mendapatkan nutrisi untuk pertumbuhannya dengan memanfaatkan eksudat akar. Proses antagonisme *Bacillus* spp. dalam mengendalikan patogen yakni melalui senyawa antimikroba yang dihasilkan oleh *Bacillus* spp. seperti bakteriosin yang menyisip pada membran sel patogen target sehingga membran sel patogen mengalami lisis (Findi, 2009).

Bakteri *Bacillus* spp. menghambat pertumbuhan patogen melalui mekanisme antibiosis yakni terjadinya penghambatan pertumbuhan dan perkembangan patogen melalui hasil metabolisme mikroba antagonis yang bersifat racun bagi patogen, kompetisi yakni terjadinya persaingan antara patogen

dan mikroba antagonis dalam memperebutkan nutrisi atau makanan dan pemacu pertumbuhan (Handiyanti, 2010). Bakteri *Bacillus* spp. memiliki kemampuan untuk menghidrolisis pati serta membentuk asam sitrat dari karbohidrat yang diperoleh (Khaeruni dkk., 2013). *Bacillus* spp. termasuk dalam salah satu mikroorganisme yang hidup dalam perakaran dan menghasilkan senyawa metabolit sekunder yang mampu memacu ketahanan tanaman terhadap patogen secara terinduksi (Mahadiptha dkk., 2017). *Bacillus* spp. berpotensi dalam menginduksi ketahanan tanaman dimana bakteri ini hidupnya berada pada daerah perakaran sehingga dapat memacu sel-sel akar menghasilkan senyawa-senyawa yang dapat menghambat pertumbuhan patogen, salah satu senyawa yang berpotensi dalam meningkatkan ketahanan tanaman adalah senyawa fenol. Tanaman yang terserang patogen akan mengaktifkan mekanisme pertahanan dengan menginduksi biosintesis senyawa fenol yang dapat dipacu oleh *Bacillus* spp. yang kaitannya dengan pertahanan kimiawi pada tanaman. Mekanisme pembentukan senyawa fenol dihasilkan dari phenylalanin melalui eliminasi molekul ammonia dari asam sinamat dimana reaksi ini dikatalis oleh *phenylalanine ammonia lyase* (Setyorini dan Eriyanto, 2016)

2.5 Deskripsi 4 Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum* L.)

a. Varietas Betavila F1 (112/Kpts/SR.120/D.2.7/12/2013)

Tinggi Tanaman	: 120-160 cm
Umur Berbunga	: 30 – 35 hari setelah tanam
Umur Panen	: 70 – 75 hari setelah tanam
Ketahanan Penyakit	: <i>Phytophthora</i> sp., <i>Alternaria solani</i> dan agak tahan terhadap <i>Gemini virus</i>
Hasil Buah per Ha	: 46,59 – 74,65 ton
Populasi per Ha	: 25.000 tanaman
Ciri Utama	: Bentuk buah kerucut membulat, pangkal buah berpundak, warna buah muda hijau keputihan
Wilayah Adaptasi	: Dataran rendah ketinggian 145 – 300 m dpl

b. Varietas Martha 9 F1 (1604/Kpts/SR.120/5/2012)

Tinggi Tanaman	: 195 – 225 cm
Umur Berbunga	: 38 – 40 hari setelah tanam
Umur Panen	: 83 – 90 hari setelah tanam
Ketahanan Penyakit	: tahan (moderat) terhadap <i>Geminivirus</i>
Hasil Buah per Ha	: 51,12 – 89,40 ton
Populasi per Ha	: 20.200 – 24.000 tanaman
CiriUtama	: tipe pertumbuhan <i>indeterminate</i> , buah keras dan tekstur halus
Wilayah Adaptasi	: Dataran tinggi ketinggian 800 – 1.500 m dpl

c. Varietas Fiesta F1 (4981/Kpts/SR.120/12/2011)

TinggiTanaman	: 130 -135 cm
Umur Berbunga	: 25 – 30 hari setelah tanam
Umur Panen	: 60 – 80 hari setelah tanam
Ketahanan Penyakit	: <i>Geminivirus</i> , ToMV, <i>Fusarium</i>
Hasil Buah per Ha	: 28 – 32 ton
Populasi per Ha	: 15.000 – 18.000 tanaman
CiriUtama	: Bentuk buah seperti hati
Wilayah Adaptasi	: Dataran rendah ketinggian 100 – 300 m dpl

d. Varietas Servo F1 (093/Kpts/SR.120/D.2.7/9/2013)

Tinggi Tanaman	: 92 – 145,85 cm
Umur Berbunga	: 30 – 33 hari setelah tanam
Umur Panen	: 62 – 65 hari setelah tanam
Ketahanan Penyakit	: <i>Geminivirus</i>
Hasil Buah/Ha	: 45,34 – 73,58 ton
Populasi/Ha	: 25.000 tanaman
Ciri Utama	: Buah muda berwarna hijau keputihan
Wilayah Adaptasi	: Dataran rendah ketinggian 145 – 300 m dpl

2.6 Hipotesis Penelitian

1. Terdapat pengaruh varietas tomat dengan *Bacillus* spp. terhadap ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol
2. Empat varietas tomat dapat meningkatkan ketahanan tanaman terhadap penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum* dan kandungan senyawa fenol
3. *Bacillus* spp. dapat meningkatkan ketahanan tanaman dan kandungan senyawa fenol



BAB 3. METODE PENELITIAN

3.1 Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian mengenai “Aplikasi *Bacillus* spp. Untuk Menginduksi Ketahanan Empat Varietas Tomat (*Solanum lycopersicum*) Terhadap Penyakit Layu Bakteri *Ralstonia solanacearum*.” dilaksanakan pada bulan April hingga Desember 2018 di Laboratorium Penyakit Tumbuhan Fakultas Pertanian, Universitas Jember dan di *Greenhouse* Jl. Sumatera Gang 7, Kec. Sumbersari, Kab. Jember.

3.2 Persiapan Penelitian

3.2.1 Persiapan Alat dan Bahan

Hal-hal yang perlu dipersiapkan dalam penelitian ini adalah bahan dan alat. Bahan yang digunakan selama penelitian ini adalah benih tomat berbagai varietas, isolat *Ralstonia solanacearum* dan *Bacillus* spp., media YPGA, Nutrient Broth, TTC (triphenil tetrazolium chlorid), NA dan aquadest. Sedangkan peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah autoclave, erlenmeyer, petridish, tabung reaksi, LAF, vorteks, jarum ose, kertas label, timbangan, dan peralatan lain yang mendukung penelitian ini.

3.2.2 Persiapan Inokulum *Ralstonia solanacearum*

Isolat bakteri *Ralstonia solanacearum* diperoleh dari tanaman tomat yang terserang layu bakteri. Gejala yang ditunjukkan berupa layu, tanaman kerdil dan daunnya menguning. Sampel yang menunjukkan gejala tersebut kemudian dipotong pada bagian batang dan dicuci dengan air kemudian bagian epidermis dibuang. Batang yang akan diisolasi dipotong lebih kecil lagi dan kemudian direndam dalam alkohol 70% selama 1 menit dan dibersihkan kembali menggunakan air steril sebanyak 2 kali. Sampel kemudian dimasukkan dalam air steril sebanyak 5 ml untuk mengeluarkan massa bakteri. Suspensi bakteri yang diperoleh kemudian di isolasi pada media YPGA kemudian diinkubasikan selama 48 jam. Kemudian isolat yang tumbuh diamati ciri-cirinya dimana koloni *R.*

solanacearum memiliki ciri-ciri koloni berbentuk tidak teratur, berlendir dan tidak transparan. Bakteri yang tumbuh kemudian dipindah ke agar miring YPGA dan diinkubasi selama 48 jam. Isolat yang tumbuh pada agar miring selanjutnya diberi parafin dan disimpan dalam kulkas sebagai stok kultur dan kultur kerja. Isolat yang akan digunakan kemudian dipindahkan ke media TTC (triphenil tetrazolium chlorid) untuk mengetahui virulensinya. Kemudian isolat bakteri *R. solanacearum* pada media TTC diinkubasikan selama 48 jam (Adriani dkk., 2012). Isolat yang tumbuh kemudian diamati ciri-ciriya dimana koloni *Ralstonia solanacearum* yang virulen memiliki ciri-ciri yakni berbentuk tidak teratur, berlendir dan pada bagian tengah terdapat warna merah dengan bentuk spiral dengan tepi berwarna putih.

3.2.3 Uji Gram, Hipersensitif dan Patogenisitas

a. Uji Gram *R. solanacearum*

Uji gram dilakukan dengan mengambil isolat bakteri sebanyak 1 ose kemudian diletakkan pada obyek glass dan ditetesi dengan larutan KOH 3%. Isolat bakteri dan KOH 3% dicampur merata kemudian jarum ose diangkat secara perlahan, jika isolat tersebut lengket maka bakteri tersebut tergolong dalam bakteri gram negatif dan jika bakteri tidak lengket maka bakteri tersebut tergolong bakteri bergram positif.

b. Uji Hipersensitif (HR)

Pengujian reaksi hipersensitif dilakukan dengan membuat suspensi bakteri dengan kerapatan $7,2 \times 10^9$ cfu/ml kemudian menyuntikan suspensi bakteri pada daun tembakau, kemudian diamati diinkubasikan selama 48 jam hingga menunjukkan gejala dengan adanya gejala nekrosis pada daun tembakau.

c. Uji Patogenisitas

Pengujian patogenisitas dilakukan dengan menginokulasi suspensi bakteri dengan kerapatan $7,2 \times 10^9$ cfu/ml dengan menyuntikkan suspensi bakteri pada bagian *petiole* tanaman tomat, kemudian diinkubasikan hingga muncul gejala berupa layu (Nasrun dkk., 2007).

3.2.4 Persiapan Isolat *Bacillus* spp.

Biakan murni *Bacillus* spp. diperoleh dari koleksi saudara Rana Virga Tesha Syofiana diremajakan dengan memindahkan isolat *Bacillus* spp. dari kultur stok dengan menggunakan jarum ose ke dalam tabung reaksi yang telah berisi 5 ml air. Kemudian isolat tersebut divortex hingga homogen kurang lebih selama 5 menit setelah itu isolat *Bacillus* spp. dipindahkan ke dalam media NA dengan menggunakan jarum ose secara aseptik dan diinkubasikan selama 24 hingga 48 jam. Kemudian *Bacillus* spp. di perbanyak dengan menumbuhkannya kedalam media Nutrient Broth 20 ml menggunakan jarum ose dan diinkubasikan menggunakan shaker selama 13 jam dengan kecepatan 100 rpm. Setelah masa inkubasi sel kemudian bakteri dihitung kerapatan dengan kerapatan $1,36 \times 10^{11}$ cfu/ml (Arwiyanto dan Hartana, 1999).

3.2.5 Persiapan Media Tanam dan Tanaman

Persiapan tanah untuk media persemaian benih dilakukan dengan menggunakan media tanah, pasir steril dan pupuk kandang yang diletakkan dalam pot tray sebagai tempat persemaian benih. Bahan yang digunakan untuk media tanam tomat adalah tanah steril, pasir steril dan pupuk kandang agar dapat mengetahui pengaruh mikroorganisme yang diinokulasikan tanpa adanya pengaruh dari mikroorganisme indigenous dengan perbandingan 2:1:1 yang dimasukkan dalam polybag berukuran 140 x 50 cm. Metode sterilisasi yang digunakan adalah metode secara fisik dengan menggunakan panas lembab (uap). Sterilisasi media tanam dilakukan dengan menggunakan metode sterilisasi uap yaitu dengan cara tanah dan pasir yang digunakan dibungkus menggunakan karung kemudian dimasukkan kedalam drum yang telah berisi air dan dikukus selama 2 jam per hari selama 3 hari berturut-turut. Teknik sterilisasi dengan metode panas lembab dinilai sangat efektif karena saat pemanasan terdapat uap air yang berkondensasi pada bahan yang disterilkan dan pemanasan ini akan mendenaturasikan protein pada mikroorganisme indigenous sehingga dapat mematikannya (Cahyani, 2009).

3.3 Pelaksanaan Riset

3.3.1 Rancangan Percobaan

Rancangan percobaan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap (RAL) Faktorial yang meliputi Pengaplikasian *Bacillus* spp. dan Penggunaan Beberapa Varietas Tomat sehingga terdapat 8 perlakuan dengan 3 ulangan dengan masing-masing ulangan terdapat 6 tanaman dimana 5 tanaman digunakan untuk mengamati perkembangan penyakit, 1 tanaman digunakan sebagai tanaman destruktif. Tanaman destruktif digunakan untuk mengamati kandungan senyawa fenol pada akar. Perlakuan yang digunakan adalah:

Faktor 1: Pengaplikasian *Bacillus* spp.

B0: Kontrol (Tanpa *Bacillus* spp.)

B1: *Bacillus* spp. 20 ml

Faktor 2: Penggunaan Beberapa Varietas

V1: Tanaman tomat varietas betavila F1

V2: Tanaman tomat varietas martha 9 F1

V3: Tanaman tomat varietas fiesta F1

V4: Tanaman tomat varietas servo F1

Adapun kombinasi antara pengaplikasian *Bacillus* spp. dan 4 varietas yaitu

:

1. B0V1 5. B1V1
2. B0V2 6. B1V2
3. B0V3 7. B1V3
4. B0V4 8. B1V4

B1V2	B1V3	B0V1
B1V3	B0V2	B0V4
B0V1	B0V3	B1V1
B0V4	B0V2	B1V4
B0V3	B1V2	B0V3
B1V3	B1V1	B1V1
B0V1	B0V4	B0V2
B1V4	B1V2	B1V4

Model linier untuk rancangan percobaan RAL Faktorial adalah sebagai berikut:

$$Y_{ijk} = \mu + \alpha_i + \beta_j + \alpha\beta_{ij} + \varepsilon_{ijk}$$

Keterangan:

Y_{ijk} = Nilai pengamatan pada satuan percobaan ke-k yang memperoleh kombinasi perlakuan taraf ke-i dari faktor A dan taraf ke-j dari faktor B

μ = Rata-rata umum

α_i = Pengaruh taraf ke-i faktor A

β_j = Pengaruh taraf ke-j faktor B

$\alpha\beta_{ij}$ = Pengaruh interaksi taraf ke-i faktor A dengan taraf ke-j faktor B

ε_{ijk} = Pengaruh galat percobaan dari satuan percobaan ke-k yang memperoleh taraf ke-i faktor A dan taraf ke-j faktor B

3.3.2 Prosedur Penelitian

1. Uji Daya Hambat *Bacillus* spp. Terhadap *Ralstonia solanacearum* secara in Vitro

Pengujian daya hambat antara bakteri patogen dan bakteri antagonis dilakukan dengan metode *dual plating*. Bakteri *Bacillus* spp. ditumbuhkan pada media YPGA pada cawan petri dengan cara menitikkan bakteri dengan tusuk gigi kemudian diinkubasikan selama 48 jam. Setelah 48 jam bakteri antagonis ditetesi klorofom pada tutup cawan petri dengan kondisi terbalik sebanyak 1 ml dan diamkan selama 2 jam. Setelah 2 jam kemudian cawan petri yang berisi bakteri antagonis tersebut dituangkan suspensi bakteri *R. solanacearum* dalam agar air 5 ml kemudian ratakan suspensi bakteri yang dituang dan diinkubasikan kembali selama 24 jam, jika telah terbentuk zona hambatan maka zona hambat dihitung dengan rumus (Izza dkk., 2018):

$$DP = \frac{DH + DV}{2}$$

Keterangan:

DP= diameter daya hambat (cm)

DH= diameter horizontal

DV= diameter vertikal (cm)

2. Uji Ketahanan 4 Varietas Tomat Terhadap *R. solanacearum* Dengan Aplikasi *Bacillus* spp. Secara in Vivo

a. Aplikasi Bakteri *Bacillus* spp. pada Tanaman Tomat

Isolat *Bacillus* spp. yang telah diperbanyak kemudian disuspensikan pada air steril dengan tingkat kerapatan 10^9 cfu/ml. Aplikasi *Bacillus* spp. dilakukan saat tanaman tomat berumur 21 hari setelah semai (sebelum tanam). Aplikasi *Bacillus* spp. dilakukan dengan perendaman selama 15 menit pada bagian perakaran tanaman tomat. Pengaplikasian *Bacillus* spp. dilakukan 1 kali sebelum bibit tomat dipindah tanam. Kemudian tanaman tomat yang telah di aplikasikan *Bacillus* spp. ditanam pada media polybag berukuran 140 x 50 cm.

b. Penanaman Bibit Tanaman Tomat

Bibit tomat yang telah siap dipindah pada media tanam. Tanaman tomat dipindah ke dalam polybag pada saat berumur 21 hari setelah semai. Tanaman tomat ditanam pada polybag yang berukuran 140 x 50 cm dengan media tanam tanah pasir dan pupuk kandang steril dengan perbandingan 2:1:1. Penanaman tomat dilakukan setelah diaplikasi dengan *Bacillus* spp.

c. Inokulasi Patogen *Ralstonia solanacearum* pada Tanaman Tomat

Inokulasi *Ralstonia solanacearum* dilakukan 9 hari setelah dilakukan penanaman bibit tomat dengan cara melukai bagian akar saat benih telah ditanam dalam polybag dengan menggunakan *cutter*. Kemudian menyiramkan suspensi *R. solanacearum* dengan kerapatan 10^8 cfu/ml dalam suspensi sebanyak 20 ml/tanaman pada beberapa lubang pada media tanam yang telah dibuat sebelumnya (Adriani dkk., 2012).

3.4 Variabel Pengamatan

1. Masa Inkubasi

Pengamatan masa inkubasi dilakukan setiap hari dimulai sejak tanaman tomat diinokulasi *Ralstonia solanacearum* dengan cara mengamati gejala pertama muncul dengan ditandai terjadinya daun-daun yang layu permanen dan menghitung jumlah tanaman yang terserang layu.

2. Insidensi Penyakit

Insidensi penyakit layu bakteri pada tanaman tomat dapat diperoleh dari perhitungan rumus insidensi penyakit dengan menggunakan metode Abbolt (1925) (Adriani dkk., 2012).

$$KP = \frac{n}{N} \times 100\%$$

Keterangan:

KP: kejadian penyakit

n: jumlah tanaman layu yang diamati

N: jumlah tanaman yang diamati

3. Keparahan Penyakit

Variabel yang diamati adalah tingkat keparahan penyakit. Keparahan penyakit dapat diketahui melalui penghitungan bagian tanaman yang terinfeksi patogen. Perhitungan keparahan penyakit pada penelitian ini diamati pada bagian daun yang dilakukan pada setiap satu minggu setelah perlakuan dengan skala keparahan penyakit menurut Arwiyanto dan Hartana (1999) sebagai berikut:

Skor 0	= Tidak ada gejala
Skor 1	= 1 sampai 10% daun layu
Skor 2	= 11 sampai 30% daun layu
Skor 3	= 31 sampai 60% daun layu
Skor 4	= 60 sampai <100% daun layu
Skor 5	= 100% daun layu (tanaman mati)

Keparahan penyakit dapat dihitung dengan menggunakan rumus :

$$IP = \frac{\sum_{i=1}^k kx_nk}{ZxN} \times 100\%$$

Keterangan:

N_k = Jumlah tanaman dengan skala keparahan penyakit *k* (*k* = 0, 1, 2, 3, 4, 5)

N = Jumlah tanaman yang diinokulasi

Z = Skala keparahan tertinggi

Kriteria ketahanan pada masing-masing varietas dilihat berdasarkan nilai keparahan penyakit sebagai berikut (Adriani dkk., 2012):

Kriteria Ketahanan	Keparahan Penyakit (%)
Sangat Tahan	0
Tahan	<10
Agak Tahan	10 > 20
Agak Rentan	20 > 40
Rentan	40 > 100

4. Kandungan Fenol

Analisis kandungan fenol dilakukan di Laboratorium Analisis Tanaman Jurusan Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Jember. Kandungan senyawa fenol dianalisis saat tanaman berumur 8 dan 51 hari setelah tanam (HST). Menurut Wachjadi dkk (2013) senyawa fenol pada tanaman sangat berpengaruh terhadap tingkat ketahanan tanaman terhadap infeksi patogen karena senyawa fenol yang terkandung dalam tanaman mampu meracuni patogen. Analisis total kandungan fenol pada tanaman dapat diukur dengan mengekstraksi akar tomat sebanyak 0,2 gram dan gerus dengan menggunakan mortar kedalam 1,5 ml metanol 80% dan dimaturasi selama 24 jam. Setelah itu sentrifuse pada kecepatan 10.000 rpm selama 10 menit dan diambil supernatan untuk dianalisa. Selanjutnya supernatan dari akar tomat diambil sebanyak 10 µl kemudian ditambahkan 40 µl methanol, 1 ml Na₂CO₃ 2% dan 50 µl reagen Folin-Ciocalteu . Kemudian semua campuran divortex dan diinkubasikan pada tempat yang gelap dengan suhu ruang selama 30 menit dan diukur absorbansinya pada panjang gelombang 755 nm (Yondra dkk., 2014).

BAB 5. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian aplikasi *Bacillus* spp. dan 4 varietas tomat terhadap ketahanan tanaman tomat (*Solanum lycopersicum*). Kesimpulan yang dapat diambil berdasarkan tujuan dan hasil percobaan yang telah dilakukan sebagai berikut:

1. Pengaruh kombinasi perlakuan aplikasi *Bacillus* spp. dan varietas memberikan pengaruh nyata pada variabel kandungan fenol. Perlakuan B1V2 (+*Bacillus* spp. dan varietas martha 9 F1) mampu meningkatkan kandungan fenol tertinggi sebesar 0,45 mg/ml.
2. Penggunaan 4 varietas memiliki reaksi ketahanan yang sama dalam meningkatkan ketahanan tanaman dengan menekan penyakit layu tetapi mampu meningkatkan kandungan fenol. Varietas memiliki kecenderungan tingkat keparahan penyakit terendah adalah V3 (varietas fiesta F1) dengan reaksi ketahanan agak rentan.
3. Pengaplikasian *Bacillus* spp. berpengaruh terhadap variabel insidensi penyakit, keparahan penyakit dan kandungan fenol. Aplikasi *Bacillus* spp. yang mampu menekan penyakit layu bakteri tertinggi adalah B1 (+*Bacillus* spp.) dengan menekan insidensi penyakit layu bakteri menjadi 26,67% dan keparahan penyakit menjadi 20%.

5.2 Saran

Penelitian ini sebaiknya perlu dilakukan analisis senyawa ketahanan tanaman lainnya untuk mengetahui potensi *Bacillus* spp. dalam menginduksi senyawa ketahanan lainnya dan dapat menggunakan varietas lainnya untuk mengetahui tingkat ketahanan masing-masing varietas terhadap *R. solanacearum*. Aplikasi *Bacillus* spp. dapat direkomendasikan untuk menekan penyakit layu bakteri pada tanaman tomat dan varietas martha 9 F1 untuk meningkatkan kandungan fenol.

DAFTAR PUSTAKA

- Abidin, Z., L. Q. Aini dan A. L. Abadi. 2015. Pengaruh Bakteri *Bacillus sp.* dan *Pseudomonas sp.* terhadap Pertumbuhan Jamur Patogen *Sclerotium rolfsii sacc.* Penyebab Penyakit Rebah Semai Pada Tanaman Kedelai. *HPT*, 3(1): 1-10.
- Adriani, A. Rahman, Gusnawati H. S., dan A. Khaeruni. 2012. Respon Ketahanan Berbagai Varietas Tomat Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*). *Agroteknos*, 2(2): 63-68.
- Arwiyanto, T. 2014. *Ralstonia solanacearum*(Biologi, Penyakit yang Ditimbulkan, dan Pengelolaannya). Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Arwiyanto, T., dan L. Hartana. 1999. Pengendalian Hayati Penyakit Layu Bakteri Tembakau: 2. Percobaan di Rumah Kaca. *Perlindungan Tanaman Indonesia*, 5(1): 50-59.
- Bariro, N. R. 2016. *Karakterisasi dan Uji Resistensi 9 Genotipe Tomat Lokal Terhadap Penyakit Layu Bakteri (Ralstonia solanacearum)*. Fakultas Pertanian: Institut Pertanian Bogor.
- Cahyani, Vita R. 2009. Pengaruh Beberapa Metode Sterilisasi Tanah Terhadap Status Hara, Populasi Mikrobiota, Potensi Infeksi Mikorisa dan Pertumbuhan Tanaman. *Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*, 6(1): 43-52.
- Diarta, I. M., C. Javandira, dan I. K. Widnyana. 2016. Antagonistik Bakteri *Pseudomonas spp.* dan *Bacillus spp.* Terhadap Jamur *Fusarium oxysporum* Penyebab Penyakit Layu Tanaman Tomat. *Bakti Saraswati*, 1(5): 70-76.
- Djaenuddin, N. 2016. Interaksi Bakteri Antagonis dengan Tanaman: Ketahanan Terinduksi pada Tanaman Jagung. *Iptek Tanaman Pangan*, 2(11): 143-148.
- Findi, K. 2009. *Aktifitas Penghambatan Bacillus sp. Terhadap Xanthomonas oryzae pv. oryzae, Pseudomonas syringae pv. Lycines dan Pseudomonas fluorescens*. Fakultas Matematika dan Pengetahuan Alam: Institut Pertanian Bogor.
- Gunaeni, N., dan Purwati E. 2013. Uji Ketahanan Terhadap *Tomato Yellow Leaf Curl Virus* Pada Beberapa Galur Tomat. *Hort*, 23(1): 65-71.
- Habibullah, M., A. Widiastuti, dan C. Sumardiyono. 2018. Respon Awal Ketahanan Jagung terhadap *Peronosclerospora maydis* and *Chemical Induction*. *Perlindungan Tanaman Indonesia*, 22(1): 27-32

- Handiyani, M. 2010. *Produksi Massal Inokulum Azotobacter, Azospirillum dan Bakteri Pelarut Fosfat dengan Menggunakan Media Alternatif*. Fakultas Pertanian: Institut Pertanian Bogor.
- Hanudin, W. Nuryani dan B. Marwoto. 2016. Induksi Resistensi Tanaman Krisan Terhadap *Puccinia horiana* P. Henn Dengan Menggunakan Ekstrak Tanaman Elisitor. *Hort*, 2(26): 245-256.
- Hoerussalam, A. Purwantoro dan A. Khaeruni. 2013. Induksi Ketahanan Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Terhadap Penyakit Bulai Melalui Seed Treatment Serta Pewarisannya Pada Generasi S1. *Ilmu Pertanian*, 16(2): 42-59.
- Izza, J. F., L. Q. Aini, dan R. R. Kusuma. 2018. Pemanfaatan Rhizobakteri dari Gulma di UB Forest Sebagai Agen Antagonis Penyakit Layu Bakteri pada Kentang. *Biotropika*, 6(2): 54-62.
- Jaratenghar, A. S. 2017. *Pertumbuhan Vegetatif Tanaman Tomat (Lycopersicum esculentum Mill.) F1 Hasil Induksi Medan Magnet yang Diinfeksi Fusarium oxysporum f.sp. lycopersici (Fol)*. Fakultas Matematika dan Pengatahuan Alam: Universitas Lampung.
- Juwanda, M., K. Khotimah, dan M. Amin. 2016. Peningkatan Ketahanan Bawang Merah Terhadap Penyakit Layu Fusarium Melalui Induksi Ketahanan dengan Asam Salisilat Secara *In vitro*. *Agrin*, 1(20): 15-28.
- Khaeruni, A., Asrianti, dan A. Rahman. 2013. Efektivitas Limbah Cair Pertanian Sebagai Media Perbanyakan dan Formulasi *Bacillus subtilis* Sebagai Agens Hayati Patogen Tanaman. *Agroteknos*, 3(3): 144-151.
- Mahadiptha, P., I. M. Sudana, dan I. G. N. Raka. 2017. Pengaruh Rhizobakteria Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan dan Ketahanan Tanaman Kedelai (*Glycine max* (L) Merrill) terhadap Patogen Virus Mosaic. *Agroekoteknologi Tropika*, 2(6): 153-164.
- Maharina, K. E., L. Q. Aini, dan T. Wardiyati. 2014. Aplikasi Agens Hayati dan Bahan Nabati Sebagai Pengendalian Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Budidaya Tanaman Tomat. *Produksi Tanaman*, 1(6): 506-513.
- Marliah, A., M. Hayati dan I. Mulihsyah. 2012. Pemanfaatan Pupuk Organik Cair Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Beberapa Varietas Tomat (*lycopersicum esculentum* L.). *Agrista*, 3(16): 122-128.
- Marwan, Husda. 2014. Pengimbasan Ketahanan Tanaman Pisang Terhadap Penyakit Darah (*Ralstonia solanacearum* [hilotipe IV) Menggunakan Bakteri Endofit. *HPT Tropika*, 2(14): 128-135.

- Muthoni, J., H. Shimelis, dan R. Melis. 2012. Management of Bacterial Wilt (*Ralstonia solanacearum*) of Potatoes: Opportunity for Host Resistance in Kenya. *Agricultural Science*, 9(4): 64-78.
- Nasrun, Christanti, T. Arwiyanto, dan Ika Mariska. 2007. Karakteristik Fisiologis *Ralstonia solanacearum* Penyebab Penyakit Layu Bakteri Nilam. *Littri*, 13(2): 43-48.
- Nawangsih, A. A. 2006. *Seleksi dan Karakterisasi Bakteri Biokontrol Untuk Mengendalikan Penyakit Layu Bakteri (Ralstonia solanacearum) Pada Tomat*. Program Studi Entomologi/Fitopatologi: Institut Pertanian Bogor.
- Pracaya. 1998. *Bertanam Tomat*. Yogyakarta: Kanisius.
- Prihatiningsih, N., T. Arwiyanto, B. Hadisutrisno, dan J. Widada. 2015. Mekanisme Antibiosis *Bacillus subtilis* B315 untuk Pengendalian Penyakit Layu Bakteri Kentang. *HPT Tropika*, 15(1): 64-71.
- Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. 2014. *Outlook Komiditi Tomat*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian Sekretariat Jenderal Kementerian Pertanian: Jakarta.
- Putra, M. C. 2011. *Kompatibilitas Bacillus spp. dan Aktinomiset Sebagai Agens Hayati Xanthomobas oryzae pv. oryzae dan Pemicu Pertumbuhan Padi*. Fakultas Pertanian: Institut Pertanian Bogor.
- Putri, Oktavia S. D., I. R. Sastrahidayat, dan S. Djauhari. 2014. Pengaruh etode Inokulasi Jamur *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycopersici*(Sacc.) Terhadap Kejadian Penyakit Layu *Fusarium* Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *HPT*, 3(2): 74-81.
- Saputra, R., T. Arwiyanto, dan A. Wibowo. 2015. Uji Aktivitas Antagonistik Beberapa Isolat *Bacillus* spp. Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada Beberapa Varietas Tomat dan Identifikasinya. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon*, 1(5): 1116-1122.
- Sastrahidayat, I.R. 1990. *Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Surabaya: Fakultas Pertanian Universitas Brawijaya.
- Setyari, A. R., L. Q. Aini, dan A. L. Abadi. 2013. Pengaruh Pemberian Pupuk Cair Terhadap Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*) Pada Tanaman Tomat (*Lycopersicum esculentum* Mill.). *HPT*, 1(2): 80-87.
- Setyorini, S. D., dan Eriyanto Y. 2016. Peningkatan Kandungan Metabolit Sekunder Tanaman Aneka Kacang sebagai Respon Cekaman Biotik. *Iptek Tanaman Pangan*, 2(11): 167-174.

- Sredevi, B., M. C. Devi, and D. V. R. Saigopal. 2011. Induction of Defense Enzyme in *Trichoderma harzianum* Treated Groundnut Plants Against *Macrophomina phaseolina*. *Biological control*, 25(1): 33-39.
- Supriadi. 2011. Penyakit Layu Bakteri (*Ralstonia solanacearum*): Dampak, Bioekologi, dan Peranan Teknologi Pengendaliannya. *Pengembangan Inovasi Pertanian*, 4(4): 279-293.
- Suslow T. V., M. N. Schroth, and M. Isaka. 1982. Application of A Rapid Method for Gram Differentiation of Plant Pathogenic and Saprophytic Bacteria Without Staining. *Phytopathology*, 72(1): 917-918.
- Wachjadi, M., L. Soesanto, A. Manan, dan E. Mugiastuti. 2013. Pengujian Kemampuan Mikroba Antagonis Untuk Mengendalikan Penyakit Hawar Daun dan Layu Bakteri pada Tanaman Kentang di Daerah Endemis. *Agrin*, 17(2): 92-102.
- Wanita, Y. P., B. Setyono, dan D. P. Agriawati. 2014. Krisan (*Chrysanthemum indicum* L.) Organik Sebagai Bahan Aneka Pangan Olahan. *Pertanian Organik*, 1(2): 445-450.
- Yondra, A. D., C. Jose, dan H. Y. Teruna. 2014. Total Fenol, Flavonoid Serta Aktivitas Antioksidan Ekstrak *n*-Heksana, Diklorometan dan Metanol *Amaranthus spinosus* L EM5-Bawang Putih. *JOM FMIPA*, 1(2): 359-369.
- Zuraida, Sulistiyani, D. Sajuthi, dan I. H. Suparto. 2017. Fenol, Flavonoid, dan Aktivitas Antioksidan Pada Ekstrak Kulit Batang Pulai (*Alstonia scholaris* R.Br). *Penelitian Hasil Hutan*, 35(3): 211-219.

LAMPIRAN

Lampiran 1. Data Masa Inkubasi (HSI)

Perlakuan	Ulangan		
	1	2	3
B0V1	24	9	12
B0V2	6	10	18
B0V3	37	15	20
B0V4	6	30	4
B1V1	24	32	38
B1V2	19	31	25
B1V3	0	34	40
B1V4	35	22	22

Lampiran 2. Data Insidensi Penyakit (%)**a. Data Pengamatan Insidensi Penyakit 7 sampai 42 HSI**

Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi					
	7	14	21	28	35	42
B0V1	0	13,33	13,33	26,67	40	60
B0V2	6,67	13,33	26,67	53,33	53,33	86,67
B0V3	0	0	13,33	20	26,67	53,33
B0V4	13,33	20	20	33,33	33,33	60
B1V1	0	0	0	6,67	20	26,67
B1V2	0	0	6,67	20	20	26,67
B1V3	0	0	0	0	6,67	13,33
B1V4	0	0	0	20	26,67	33,33

b. Data Pengamatan Insidensi Penyakit 42 HSI

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	60,00	40,00	80,00	180,00	60,00	20,00
B0V2	100,00	100,00	60,00	260,00	86,67	23,09
B0V3	100,00	40,00	20,00	160,00	53,33	41,63
B0V4	40,00	100,00	40,00	180,00	60,00	34,64
B1V1	40,00	20,00	20,00	80,00	26,67	11,55
B1V2	40,00	20,00	40,00	100,00	33,33	11,55
B1V3	0,00	20,00	20,00	40,00	13,33	11,55
B1V4	40,00	20,00	40,00	100,00	33,33	11,55
Jumlah	420,00	360,00	320,00	1100,00	45,83	

c. Data Transformasi Persentase Insidensi Penyakit 42 HSI

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	50,77	39,23	63,44	153,44	51,15	12,11
B0V2	90	90	50,77	230,77	76,92	22,65
B0V3	90	39,23	26,56	155,79	51,93	33,57
B0V4	39,23	90	39,23	168,46	56,15	29,31
B1V1	39,23	26,56	26,56	92,35	30,78	7,32
B1V2	39,23	26,56	39,23	105,02	35,01	7,32
B1V3	0	26,56	26,56	53,12	17,71	15,33
B1V4	39,23	26,56	39,23	105,02	35,01	7,32
Jumlah	387,69	364,7	311,58	1063,97	44,33	

Fk	47168,01
----	----------

d. Analisis Ragam (ANOVA)

SK	Db	Jumlah	Kuadrat	F-Hitung	F-Tabel		Ket.
					Kuadrat	Tengah	
Perlakuan	7	7117,52	1016,79	2,67	2,66	4,03	*
<i>Bacillus</i> spp. (B)	1	5190,57	5190,57	13,65	4,49	8,53	**
Varietas (V)	3	1432,38	477,46	1,26	3,24	5,29	ns
BXV	3	494,56	164,85	0,43	3,24	5,29	ns
Galat	16	6083,26	380,20				
Total	23	13200,78	573,95				

e. Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B)

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	59,04			
<i>Bacillus</i> spp.	29,63	16,89	3	2

SE	5,63
----	------

PERLAKUAN		59,04	29,63	Notasi
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	59,04	0		a
<i>Bacillus</i> spp.	29,63	29,41	0	b
		16,89		

Lampiran 3. Data Keparahan Penyakit (%)**a. Data Pengamatan Keparahan Penyakit 7 sampai 42 HSI**

Perlakuan	Hari Setelah Inokulasi					
	7	14	21	28	35	42
B0V1	0	5,33	8	21,33	38,67	61,33
B0V2	2,67	6,67	16	41,33	54,67	84
B0V3	0	0	6,67	16	26,67	40
B0V4	5,33	9,33	14,67	28	37,33	64
B1V1	0	0	0	2,67	16	22,67
B1V2	0	0	2,67	9,33	20	25,33
B1V3	0	0	0	0	4	10,67
B1V4	0	0	0	12	17,33	21,33

b. Data Pengamatan Keparahan Penyakit 42 HSI

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	68,00	48,00	68,00	184,00	61,33	11,55
B0V2	80,00	100,00	72,00	252,00	84,00	14,42
B0V3	72,00	32,00	16,00	120,00	40,00	28,84
B0V4	64,00	80,00	48,00	192,00	64,00	16,00
B1V1	36,00	20,00	12,00	68,00	22,67	12,22
B1V2	60,00	4,00	12,00	76,00	25,33	30,29
B1V3	0,00	24,00	8,00	32,00	10,67	12,22
B1V4	28,00	12,00	24,00	64,00	21,33	8,33
Jumlah	408,00	320,00	260,00	988,00	41,17	

c. Data Transformasi Persentase Keperahan Penyakit 42 HSI

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	55,55	43,85	55,55	154,95	51,65	6,75
B0V2	63,44	90	58,05	211,49	70,50	17,10
B0V3	58,05	34,45	23,58	116,08	38,69	17,62
B0V4	53,13	63,44	43,85	160,42	53,47	9,80
B1V1	36,87	26,56	20,27	83,70	27,90	8,38
B1V2	50,77	11,54	20,27	82,58	27,53	20,60
B1V3	0	29,33	16,43	45,76	15,25	14,70
B1V4	31,95	20,27	29,33	81,55	27,18	6,13
Jumlah	349,76	319,44	267,33	936,53	39,02	

FK	36545,35
----	----------

d. Analisis Ragam (ANOVA)

SK	Db	Jumlah Kuadrat	Kuadrat Tengah	F- Hitung	F-Tabel		Ket.
					5%	1%	
Perlakuan	7	6960,05	994,29	5,33	2,66	4,03	**
<i>Bacillus</i> spp. (B)	1	5085,23	5085,23	27,25	4,49	8,53	**
Varietas (V)	3	1483,42	494,47	2,65	3,24	5,29	ns
BXV	3	391,40	130,47	0,70	3,24	5,29	ns
Galat	16	2985,80	186,61				
Total	23	9945,85	432,23				

e. Tabel 2 Arah (Total)

Aplikasi <i>Bacillus</i> spp.	Varietas				TOTAL
	V1	V2	V3	V4	
Tanpa <i>Bacillus</i> spp. (B0)	154,95	211,49	116,08	160,42	642,94
<i>Bacillus</i> spp. (B1)	83,70	82,58	45,76	81,55	293,59
TOTAL	238,65	294,07	161,84	241,97	

f. Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B)

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
Tnp <i>Bacillus</i>	53,58			
<i>Bacillus</i>	24,47	11,83	3	2

SE	3,94
----	------

Perlakuan		53,58	24,47	Notasi
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	53,58	0		a
<i>Bacillus</i> spp.	24,47	29,11	0	b
		11,83		

Lampiran 4. Data Kandungan Senyawa Fenol 8 HST (mg/ml)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	0,256	0,316	0,390	0,96	0,32	0,07
B0V2	0,380	0,488	0,418	1,29	0,43	0,05
B0V3	0,176	0,164	0,164	0,50	0,17	0,01
B0V4	0,260	0,273	0,263	0,80	0,27	0,01
B1V1	0,315	0,288	0,250	0,85	0,28	0,03
B1V2	0,159	0,231	0,254	0,64	0,21	0,05
B1V3	0,192	0,215	0,225	0,63	0,21	0,02
B1V4	0,300	0,256	0,242	0,80	0,27	0,03
Jumlah	2,038	2,231	2,206	6,48	0,27	

FK	1,75
----	------

SK	Db	Jumlah	Kuadrat	F-Hitung	F-Tabel		Ket.
					5%	1%	
Perlakuan	7	0,13	0,019	12,51	2,66	4,03	**
<i>Bacillus</i> spp. (B)	1	0,02	0,016	10,43	4,49	8,53	**
Varietas (V)	3	0,06	0,021	13,31	3,24	5,29	**
BXV	3	0,06	0,019	12,40	3,24	5,29	**
Galat	16	0,02	0,002				
Total	23	0,16					

a. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B)

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD		SSR	Jarak p
		5%			
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	0,3				
<i>Bacillus</i> spp.	0,24	0,034	3	2	

SE	0,01
----	------

PERLAKUAN		0,3	0,24	Notasi
Tnp Bacillus	0,3	0		a
Bacillus	0,24	0,06	0	b
		0,03		

b. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) 4 Varietas Tomat

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD		Jarak p
		5%	SSR	
V2	0,32			
V1	0,3	0,048	3	2
V4	0,27	0,050	3,15	3
V3	0,19	0,052	3,23	4

SE	0,02
----	------

PERLAKUAN		0,32	0,3	0,27	0,19	Notasi
V2	0,32	0				a
V1	0,3	0,02	0			ab
V4	0,27	0,05	0,03	0		b
V3	0,19	0,13	0,11	0,08	0	c
		0,052	0,05	0,048		

c. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B) x 4 Varietas Tomat (V)

SE	0,023
----	-------

Varietas pada B0

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
V2	0,43			
V1	0,32	0,068	3	2
V4	0,27	0,071	3,15	3
V3	0,17	0,073	3,23	4

PERLAKUAN		0,43	0,32	0,27	0,17	Notasi
V2	0,43	0				a
V1	0,32	0,110	0			b
V4	0,27	0,160	0,05	0		b
V3	0,17	0,260	0,15	0,10	0	c
		0,073	0,071	0,068		

Varietas pada B1

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
V1	0,28			
V4	0,27	0,068	3	2
V2	0,21	0,071	3,15	3
V3	0,21	0,073	3,23	4

Perlakuan	Rata2	0,28	0,27	0,21	0,21	Notasi
V1	0,28	0				a
V4	0,27	0,01	0			a
V2	0,21	0,070	0,06	0		a
V3	0,21	0,070	0,06	0	0	a
		0,073	0,071	0,068		

Bacillus pada V1

Perlakuan	Rata2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B0	0,32			
B1	0,28	0,068	3	2

Perlakuan		0,32	0,28	
B0	0,32	0		a
B1	0,28	0,04	0	a
		0,068		

Bacillus pada V2

Perlakuan	Rata2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B0	0,43			
B1	0,21	0,068	3	2

Perlakuan		0,43	0,21	
B0	0,43	0		a
B1	0,21	0,22	0	b
		0,068		

Bacillus pada V3

Perlakuan	Rata2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B1	0,21			
B0	0,17	0,068	3	2

Perlakuan		0,21	0,17	
B1	0,21	0		a
B0	0,17	0,04	0	a
		0,068		

Bacillus pada V4

Perlakuan	Rata2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B0	0,27			
B1	0,27	0,068	3	2

Perlakuan		0,27	0,27	
B0	0,27	0		a
B1	0,27	0	0	a
		0,068		

V	B	
	B0	B1
V1	0,32aB	0,28aA
V2	0,43aA	0,21bA
V3	0,17aC	0,21aA
V4	0,27aB	0,27aA

Lampiran 5. Data Kandungan Senyawa Fenol 51 HST (mg/ml)

Perlakuan	Ulangan			Jumlah	Rata-rata	Sd.
	1	2	3			
B0V1	0,233	0,265	0,246	0,74	0,25	0,02
B0V2	0,160	0,178	0,243	0,58	0,19	0,04
B0V3	0,198	0,222	0,247	0,67	0,22	0,03
B0V4	0,242	0,188	0,221	0,65	0,22	0,03
B1V1	0,365	0,312	0,266	0,94	0,31	0,05
B1V2	0,385	0,433	0,525	1,34	0,45	0,07
B1V3	0,408	0,403	0,388	1,20	0,40	0,01
B1V4	0,257	0,237	0,182	0,68	0,23	0,04
Jumlah	2,250	2,240	2,320	6,80	0,28	

Fk	1,93
----	------

SK	Db	Jumlah	Kuadrat	F-Hitung	F-Tabel		Ket.
					Kuadrat	Tengah	
Perlakuan	7	0,19	0,027	16,84	2,66	4,03	**
<i>Bacillus</i> spp. (B)	1	0,10	0,095	60,10	4,49	8,53	**
Varietas (V)	3	0,03	0,012	7,30	3,24	5,29	**
BXV	3	0,06	0,019	11,96	3,24	5,29	**
Galat	16	0,03	0,002				
Total	23	0,21					

a. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B)

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD		SSR	Jarak p
		5%			
<i>Bacillus</i> spp.	0,35				
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	0,22	0,034		3	2

SE	0,011
----	-------

PERLAKUAN		0,35	0,22	Notasi
<i>Bacillus</i> spp.	0,35	0		a
Tanpa <i>Bacillus</i> spp.	0,22	0,13	0	b
		0,034		

b. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) 4 Varietas Tomat (V)

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
V2	0,32			
V3	0,31	0,049	3	2
V1	0,28	0,051	3,15	3
V4	0,23	0,052	3,23	4

SE	0,016
----	-------

Perlakuan		0,32	0,31	0,28	0,23	notasi
V2	0,32	0				a
V3	0,31	0,01	0			a
V1	0,28	0,04	0,03	0		a
V4	0,23	0,09	0,08	0,05	0	b
		0,052	0,051	0,049		

c. Uji Duncan Multiple Range Test (DMRT) Aplikasi *Bacillus* spp. (B) x 4 Varietas (V)

SE	0,02
----	------

Varietas pada B0

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
V1	0,25			
V3	0,22	0,069	3	2
V4	0,22	0,072	3,15	3
V2	0,19	0,074	3,23	4

Perlakuan		0,25	0,22	0,22	0,19	notasi
V1	0,25	0				a
V3	0,22	0,030	0			a
V4	0,22	0,030	0	0		a
V2	0,19	0,060	0,03	0,03	0	a
		0,074	0,072	0,069		

Varietas pada B1

Perlakuan	Rata2	Nilai UJD 5%	SSR	Jarak p
V2	0,45			
V3	0,4	0,069	3	2
V1	0,31	0,072	3,15	3
V4	0,23	0,074	3,23	4

Perlakuan		0,45	0,4	0,31	0,23	notasi
V2	0,45	0				a
V3	0,4	0,05	0			a
V1	0,31	0,14	0,09	0		b
V4	0,23	0,22	0,17	0,08	0	c
		0,074	0,072	0,069		

Bacillus pada V1

Perlakuan	Rat2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B1	0,31			
B0	0,25	0,069	3	2

		0,31	0,25	notasi
B1	0,31	0		a
B0	0,25	0,060	0	a
		0,069		

Bacillus pada V2

Perlakuan	Rat2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B1	0,45			
B0	0,19	0,069	3	2

		0,45	0,19	notasi
B1	0,45	0		a
B0	0,19	0,260	0	b
		0,069		

Bacillus pada V3

Perlakuan	Rat2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B1	0,40			
B0	0,22	0,069	3	2

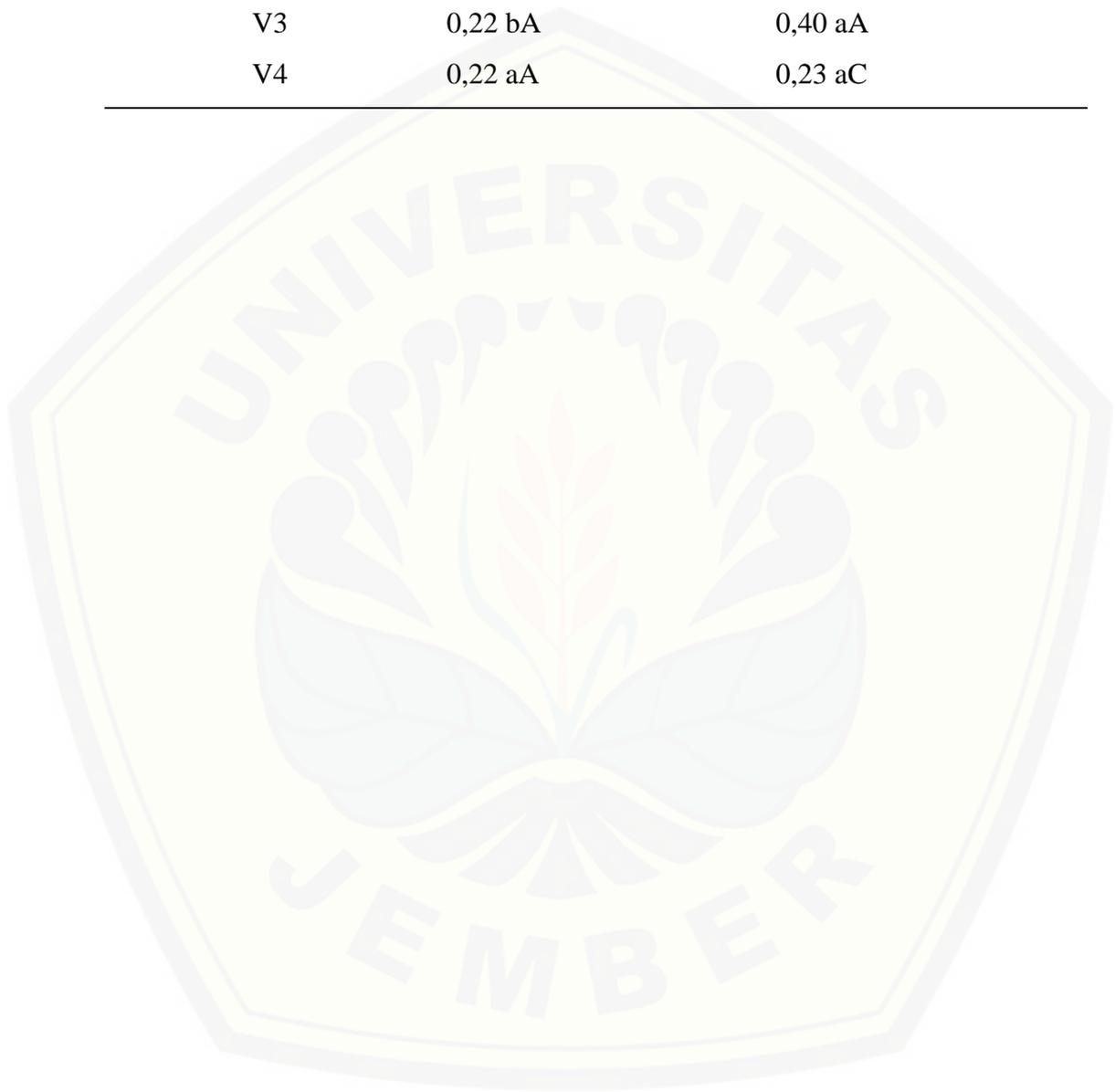
		0,4	0,22	notasi
B1	0,4	0		a
B0	0,22	0,180	0	b
		0,069		

Bacillus pada V4

Perlakuan	Rata2	UJD 5%	SSR	Jarak p
B1	0,23			
B0	0,22	0,069	3	2

		0,23	0,22	notasi
B1	0,23	0		a
B0	0,22	0,010	0	a
		0,069		

V	B	
	B0	B1
V1	0,25 aA	0,31 aB
V2	0,19 bA	0,45 aA
V3	0,22 bA	0,40 aA
V4	0,22 aA	0,23 aC



Lampiran 6. Deskripsi Varietas Betavila F1

Asal	: Introduksi (PT. East West Seed Filipina)
Silsilah	: Dee Max 53218 (F) x Dee Max 51106 (M)
Golongan varietas	: Hibrida
Tinggi tanaman	: 120 -160 cm
Bentuk penampang batang	: Bulat
Diameter batang	: 1,2 – 1,5 cm
Warna batang	: Hijau
Warna daun	: Hijau
Bentuk daun	: Oval dengan tepi berlekuk
Ukuran daun majemuk	: Panjang 27,4 – 40,4 cm, lebar 24,2 – 31,5 cm
Ukuran daun tunggal	: Panjang 10,0 – 13,6 cm, lebar 5,8 – 8,2 cm
Bentuk bunga	: Seperti bintang
Warna kelopak bunga	: Hijau
Warna mahkota bunga	: Kuning
Warna kepala putik	: Hijau muda
Warna benang sari	: Kuning
Warna kepala putik	: Hijau muda
Warna benang sari	: Kuning
Umur mulai berbunga	: 30 – 35 hari setelah tanam
Umur mulai panen	: 70 – 75 hari setelah tanam



Bentuk buah	: Kerucut membulat
Ukuran buah	: Panjang 5,84 – 6,00 cm, diameter 5,34 – 5,49 cm
Warna buah	: Merah
Jumlah rongga buah	: 2 – 3 rongga
Kekerasan buah	: Keras (6,87 – 7,08 Ibs)
Berat 1000 biji	: 3,0 – 4,5 g
Jumlah buah per tanaman	: 24 – 39 buah
Ketahanan terhadap penyakit	: <i>Phytophthora</i> sp., <i>Altenaria solani</i> , agak tahan <i>Geminivirus</i>
Hasil buah per hektar	: 46,59 – 74,65 ton
Wilayah adaptasi	: Dataran rendah dengan ketinggian 145-300 m dpl

Lampiran 7. Deskripsi Varietas Martha 9 F1

Asal	: PT. East West Seed Indonesia
Silsilah	: TO – 60452 x TO – 38754
Golongan varietas	: Hibrida
Tinggi tanaman	: 195 – 225 cm
Bentuk penampang batang	: Bulat
Diameter batang	: 1,70 – 1,85 cm
Warna batang	: Hijau
Warna daun	: Hijau
Bentuk daun	: Oval
Ukuran daun	: Panjang 48,37 – 50,21 cm, lebar 37,64 – 40,77 cm
Bentuk bunga	: Seperti bintang
Warna kelopak bunga	: Hijau
Warna mahkota bunga	: Kuning muda
Warna kepala putik	: Hijau muda
Warna benang sari	: Kuning
Warna kepala putik	: Putih
Warna benang sari	: Putih kecoklatan
Umur mulai berbunga	: 38 - 40 hari setelah tanam
Umur mulai panen	: 83 - 90 hari setelah tanam
Bentuk buah	: Lonjong <i>blocky</i>
Ukuran buah	: Panjang 6,73 – 7,48 cm, diameter 6,07 – 6,70 cm

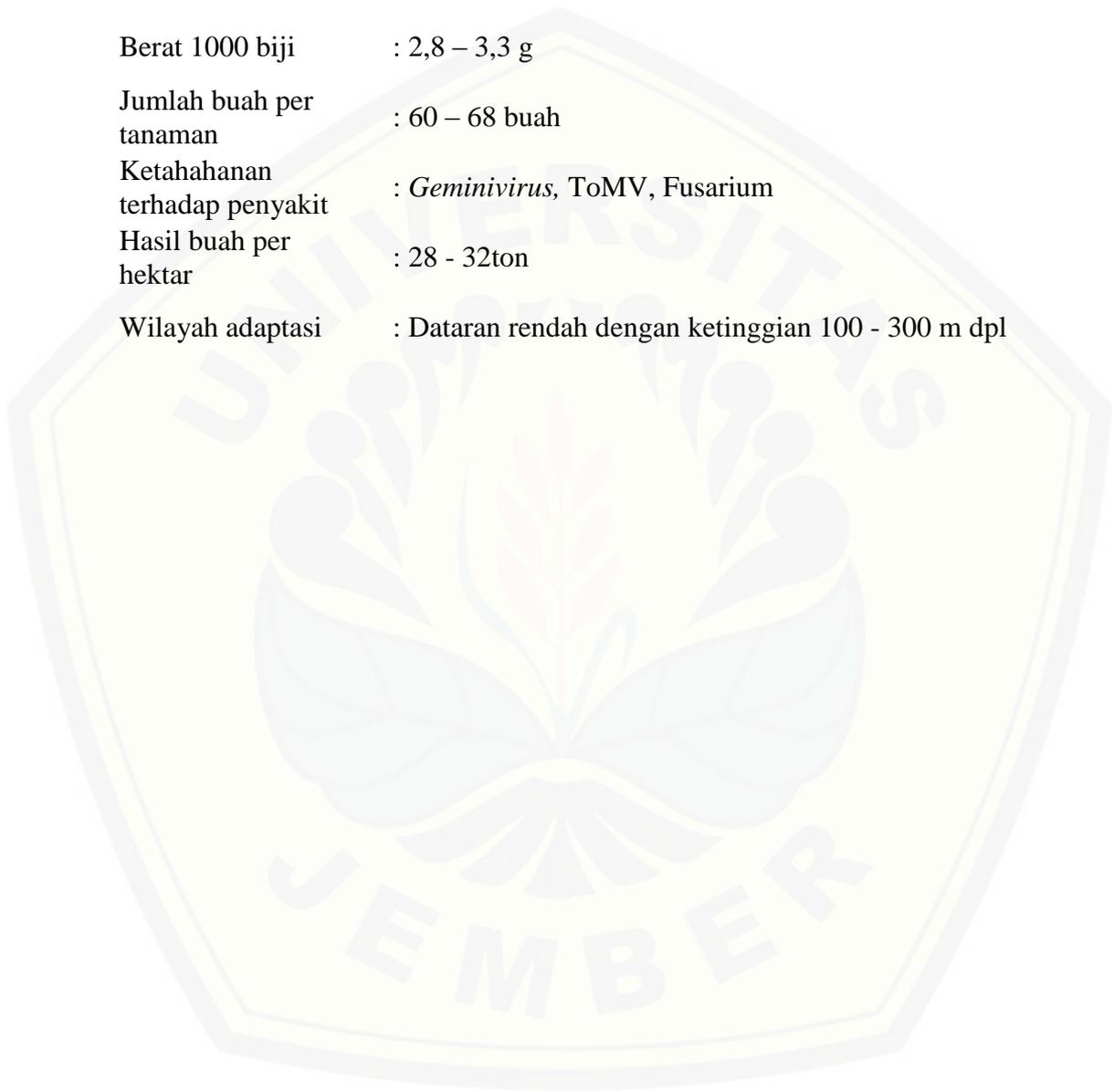
Warna buah	: Merah
Jumlah rongga buah	: 2 – 3 rongga
Kekerasan buah	: Keras (8,13 – 9,15 Ib)
Berat 1000 biji	: 3,50 – 4,75 g
Jumlah buah per tanaman	: 30 - 54 buah
Ketahanan terhadap penyakit	: Tahan (moderat) <i>Geminivirus</i>
Hasil buah per hektar	: 51,12 – 89,40 ton
Wilayah adaptasi	: Dataran tinggi dengan ketinggian 800 – 1.500 m dpl



Lampiran 8. Deskripsi Varietas Fiesta F1

Asal	: PT Benih Citra Asia
Silsilah	: SL 1244 x SL 1215
Golongan varietas	: Hibrida
Tinggi tanaman	: 130 – 135 CM
Bentuk penampang batang	: Bulat
Diameter batang	: 1,2 – 1,5 cm
Warna batang	: Hijau
Warna daun	: Hijau
Bentuk daun	: Menjari
Ukuran daun	: Panjang 30 - 39 cm, lebar 28 - 34 cm
Bentuk bunga	: Seperti terompet
Warna kelopak bunga	: Hijau terang
Warna mahkota bunga	: Kuning
Warna kepala putik	: Hijau
Warna benang sari	: Kuning
Warna kepala putik	: Hijau
Warna benang sari	: Kuning
Umur mulai berbunga	: 25 - 30 hari setelah tanam
Umur mulai panen	: 60 - 80 hari setelah tanam
Bentuk buah	: Bentuk hati
Ukuran buah	: Panjang 4,5 – 4,9 cm, diameter 4,0 – 4,3 cm

Warna buah	: Merah
Jumlah rongga buah	: 2 – 3 rongga
Kekerasan buah	: Keras
Berat 1000 biji	: 2,8 – 3,3 g
Jumlah buah per tanaman	: 60 – 68 buah
Ketahanan terhadap penyakit	: <i>Geminivirus</i> , ToMV, <i>Fusarium</i>
Hasil buah per hektar	: 28 - 32ton
Wilayah adaptasi	: Dataran rendah dengan ketinggian 100 - 300 m dpl



Lampiran 9. Deskripsi Varietas Servo F1

Asal	: PT East West Seed Indonesia
Silsilah	: 65092-0-175-1-5-0 (F) x 53882-0-10-6-0-0 (M)
Golongan varietas	: Hibrida
Tinggi tanaman	: 92 – 145,85 cm
Bentuk penampang batang	: Segi empat membulat
Diameter batang	: 1,0 – 1,2 cm
Warna batang	: Hijau
Warna daun	: Hijau
Bentuk daun	: Oval dengan ujung meruncing dan tepi daun bergerigi
Ukuran daun	: Panjang daun majemuk 28 – 37,22 cm, lebar daun majemuk 20,50 – 28,87 cm Panjang daun tunggal 10,4 – 14,7 cm, lebar daun tunggal 6,6 – 9,4 cm
Bentuk bunga	: Seperti bintang
Warna kelopak bunga	: Hijau
Warna mahkota bunga	: Kuning
Warna kepala putik	: Hijau muda
Warna benang sari	: Kuning
	:
Umur mulai berbunga	: 30 - 33 hari setelah tanam
Umur mulai panen	: 62 - 65 hari setelah tanam
Bentuk buah	: membulat (<i>high round</i>)

Ukuran buah	: Panjang 4,51 – 4,77 cm, diameter 4,82 – 5,13 cm
Warna buah	: Merah
Jumlah rongga buah	: 2 – 3 rongga
Kekerasan buah	: Keras (7,30 – 7,63 Ibs)
Berat 1000 biji	: 3,1 – 3,9 g
Jumlah buah per tanaman	: 31– 53 buah
Ketahanan terhadap penyakit	: <i>Geminivirus</i>
Hasil buah per hektar	: 45,34 – 73,58 ton
Wilayah adaptasi	: Dataran rendah dengan ketinggian 145 - 300 m dpl

DOKUMENTASI



Varietas Tomat



Pembibitan



Isolat *Bacillus* spp.



Aplikasi *Bacillus* spp.



Penanaman bibit tomat



Pelukaan akar



Inokulasi *R. solanacearum*



Penyiangan gulma



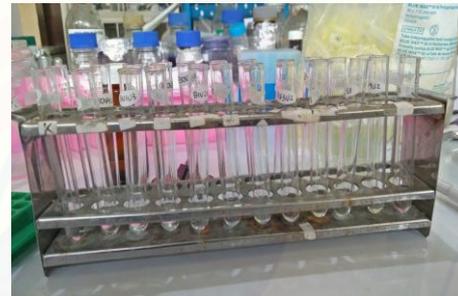
Pemupukan



Sterilisasi Media Tanam



Pencampuran Media Tanam



Analisis Kandungan Senyawa Fenol



Perhitungan Kerapatan Bakteri



Koloni *R. solanacearum* Pada Media TTC