

Editor
2022-08-22 12:58 PM

Subject: [J. Agro] Editor Decision

DELETE

endang Endang Mugiastuti:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Agro, "KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT HAWAR PELEPAH JAGUNG IN PLANTA".

Our decision is: Revisions Required
We urge you to submit the revision not more than 29-08-2022

If you have already uploaded your revised papers via website
<http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ja/login>

Dr. Cecep Hidayat
Editor in Chief
<http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ja>

Editor
2022-09-19 04:26 PM

Subject: [J. Agro] Editor Decision

DELETE

endang Endang Mugiastuti:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Agro, "KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT HAWAR PELEPAH JAGUNG IN PLANTA".

Our decision is: Revisions Required
We urge you to submit the revision not more than 26-09-2022

If you have already uploaded your revised papers via website
<http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ja/login>

Dr. Cecep Hidayat
Editor in Chief
<http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ja>

Editor
2022-10-31 12:22 PM

Subject: [J. Agro] Editor Decision

DELETE

endang Endang Mugiastuti:

We have reached a decision regarding your submission to Jurnal Agro, "KEMAMPUAN BAKTERI RIZOSFER DAN ENDOFIT UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT HAWAR PELEPAH JAGUNG IN PLANTA".

Our decision is to: Accept Submission

Cecep Hidayat
Scopus ID: 57200565548, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati
cephidayat62@uinsgd.ac.id
<http://journal.uinsgd.ac.id/index.php/ja>

Close

1. Koreksi ke-1

PENGUJIAN^[u1] *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APPLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT TOMATO

Endang Mugiastuti, Abdul Manan, Ruth Feti Rahayuniati dan Loekas Soesanto
Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Korespondensi :endangmugiastuti@gmail.com

Diterima..... / Disetujui

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida. Hasil pengujian menunjukkan *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering akar 15.23%, dan bobot buah per tanaman 46.48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a cause of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in field. Randomized block design (RBD) experiment was composed of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tanin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing weight of dry root 15.23%, and increasing weight of fruits (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman, termasuk tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan pestisida kimiawi, namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman. *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler. Bakteri ini juga mampu

menginduksi senyawa ketahanan tanaman dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Compant *et al.* 2005, Slecpecky dan Hemphill 2006, Ghasemi *et al.* 2010). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth*. Selanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus sp* B42., *Bacillus sp* B 46, gabungan *Bacillus sp.* B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri dari 8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus sp.* dilakukan bersamaan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus sp* dengan kepadatan 1×10^{10} cfu mL⁻¹. Selanjutnya diulang setiap 7 hari, hingga 6 kali aplikasi. Dosis aplikasi untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/tanaman

Variabel yang diamati pada pengujian ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah daun pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah daun yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tidak ada serangan/sehat; 1 = 1 - 25 % daun

menguning; 2 = 26 - 50% daun menguning; 3 = 51 - 75% daun menguning, dan 4 = 76 - 100% daun menguning

Kandungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus sp.* Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus sp* B42, *Bacillus sp.* B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan perlakuan mikroba antagonis *Bacillus sp.* B42 dan B64 baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus sp.* dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengkoloni perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut

Compant *et al.* (2005), kompetisi ruang dan nutrisi merupakan mekanisme mendasar

dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian in vitro dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium* sebesar 20 % dan 26.69% (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan

berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Compant *et al.* (2005)., sebanyak 169 metabolit sekunder dilaporkan dihasilkan genus *Bacillus* sp. Berbagai strain *B. subtilis* dilaporkan mampu menghasilkan 68 antibiotik, sedangkan *B. brevis* menghasilkan 23 jenis. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim. Setiap *Bacillus* setidaknya mampu menghasilkan 1 jenis enzim. Enzim yang dihasilkan diantaranya protease, penicilinanase, nuclease, phosphatase, lipase, phospholipase C, thiaminase dan enzim bacteriolitik (Slecpecky dan Hemphill 2006). *B. subtilis* mampu menghasilkan enzim micosubtilin (Fickers *et al.* 2008), xilanase (Pereira *et al* 2002), protease (Shinde *et al*, 2012). Menurut Chi-yea *et al.* (2009); Shanmugam dan Kanoujia (2006), dan Ghasemi *et al.* (2010), bakteri *Bacillus* sp. mampu menghasilkan enzim kitinase yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B.cepacia*, dapat menghidrolisis

asam fusarik, toksin yang dihasilkan (2005).
beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.*

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diberikan pada tanaman tomat mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Compant *et al.* (2005) dan Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.*, 1999). Kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, juga berhubungan dengan kemampuannya dalam menekan intensitas penyakit (Tabel 1.)

yang lebih baik, bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba.

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, secara mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 masing- mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan

Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing-masing sebesar 15.23 % dan 20 %. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., menunjukkan kecenderungan lebih baik, karena perlakuan fungisida secara nyata tidak memberikan peningkatan dibandingkan kontrol.

Analisis data bobot buah per tanaman, perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol . Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. mempunyai rata-rata yang lebih tinggi, namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat mempengaruhi komponen patosistem juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64 . Hasil ini berkaitan kemampuan *Bacillus* untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp disamping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (*Plant Growth promoting Rhizobacteria*).

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, diantaranya meningkatkan kelarutan unsur hara tertentu (seperti

phosphat), menghasilkan hormon pertumbuhan (*indol acetic acid*=IAA), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan mempengaruhi serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Rosenblueth dan Martinez Romero, 2006; Ryan *et al.*, 2008, Moeinzadeh *et al.*, 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 sangat potensial untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA^[u2]

Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204.

<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>

Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.

Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>

Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.

Compant, S.B., Duffy, Nowak, J, Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promotng bacteria for biocontrol of plant diseases: principles,mechanisme of acion, and future prospects. *Applied and Enviromental Microbiology* 71(9): 4951-4959. <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>.

Fickers, P., Leclère, V., Guez, J.S., Béchet, M., Coucheney, F., Joris, B., & Jacques P. 2008. Temperature dependence of \mycosubtilin homologue production in *Bacillus subtilis* ATCC6633. *Research in Microbiology* 159(6):449-457. <http://dx.doi.org/10.1016/j.resmic.2008.05.004>

Foster K.R., & T. Bell. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial spesies. *Current Biology*

- 22(19): 1845-1850.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report. *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443.
<http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26.
<http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Malvanova, N., Lugtenberg, B., & Berg, G. 2013. Bacterial endophytes: who, where, and what are they doing there? [dissertation]. Leiden (ID). Leiden University.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM unsoed, Purwokerto.
- Pereira, P.S., Mesquita, A., Duarte, J.C., Barros, M.R.A., & Ferreira, M.C. 2002. Rapid production of thermostable cellulase-free xylanase by a strain of *Bacillus subtilis* and its properties. *Enzyme and Microbial Technology* 30(7):924-933.
[http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229\(02\)00034-0](http://dx.doi.org/10.1016/S0141-0229(02)00034-0)
- Prasanna-Reddy, B., & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067
- Rosenblueth, M., & Martinez-Romero, E. 2006. Bacterial endophytes and their interaction with hosts (Review). *MPMI* 19 (8): 827-837.
<http://dx.doi.org/10.1094/MPMI -19-0827>
- Ryan, R.P., Germaine, K., Franks, A., Ryan, D.J., & Dowling, D.N. 2007. Bacterial endophytes: recent development and applications (Minireview). *FEMS Microbiol Lett.* 278:1-9.
<http://dx.doi.org/10.1111/j.1574-6968.2007.00918>.
- Shanmugam, V., & Kanoujia, N. 2006. Biological management of vascular wilt of tomato caused by *Fusarium oxysporum* f.sp. *lycospersici* by plant growth-promoting rhizobacterial mixture. *Biological Control* 38(2):179-187.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biocontro> l.2011.02.001
- Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317-323.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

Slecpecky, R.A., Hemphill, H.E. 2006. The genus *Bacillus*-Nonmedical. *Prokaryotes* 4: 530-562.
http://dx.doi.org/10.1007/0-387-30744-3_16

Soesanto, L., Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita*. 35(1):30-35.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035> 33v Whipps, J.H. 2001. Microbial interactions and biocontrol in the rhizosphere. *Journal of Experimental Botany* 52:487-511.
http://dx.doi.org/10.1093/jexbot/52.suppl_1.487

Wiryanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal

1.a. Perbaikan ke-1

APLIKASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APPLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT TOMATO

Endang Mugiastuti, Abdul Manan, Ruth Feti Rahayuniati dan Loekas Soesanto
Fakultas Pertanian, Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto

Korespondensi :endangmugiastuti@gmail.com

Diterima..... / Disetujui

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida Hasil pengujian menunjukkan *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering akar 15.23%, dan bobot buah per tanaman 46.48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a cause of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in field. Randomized block design (RBD) experiment was composed of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tanin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing weight of dry root 15.23%, and increasing weight of fruits (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman, termasuk tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan pestisida kimiawi, namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman. *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler. Bakteri ini juga mampu menginduksi senyawa ketahanan tanaman

dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Ghasemi *et al.* 2010, Javandira *et al.* 2013, Zalila-Kolsi *et al.* 2016,). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth*. Selanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus sp* B42., *Bacillus sp* B 46, gabungan *Bacillus sp.* B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri dari 8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus sp.* dilakukan bersamaan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus sp* dengan kepadatan 1×10^{10} cfu mL⁻¹. Selanjutnya diulang setiap 7 hari, hingga 6 kali aplikasi. Dosis aplikasi untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/tanaman

Variabel yang diamati pada pengujian ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah daun pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah daun yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tidak ada serangan/sehat; 1 = 1 - 25 % daun

menguning; 2 = 26 - 50% daun menguning; 3 = 51 - 75% daun menguning, dan 4 = 76 - 100% daun menguning

Kandungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

.Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus sp.* Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus sp* B42, *Bacillus sp.* B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan perlakuan mikroba antagonis *Bacillus sp.* B42 dan B64 baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus sp.* dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengoloni perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut *Compant et al. (2005)*, kompetisi ruang dan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

nutrisi merupakan mekanisme mendasar dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian in vitro dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium*

sebesar 20 % dan 26.69% (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Cawoy *et al.* 2011, genus *Bacillus* sp. mampu menghasilkan antibiotik, diantaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. Enzim yang dihasilkan diantaranya kitinase, N-acetyl gluco- saminidase and glucanase, protease, phosphatase, lipase, phospolipase C, thiaminase dan enzim bakteriolitik (Hyakumachi 2013, Abed *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2012, Chi-yea *et al.* 2009, Ghasemi *et al.* 2010, Gomaa 2012, Vijayalakshmi *et al.* 2013). Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B. cepacia*, dapat menghidrolisis asam fusarik, toksin yang dihasilkan beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.* 2005).

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diberikan pada tanaman tomat mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang (Soesanto *et al.* 2013).. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.* 1999). Menurut Gond *et al.* (2015), kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, berhubungan dengan kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksida, produksi enzim kitinase dan

yang lebih baik, bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba.

glukanase, serta akumulasi senyawa asam salisilat, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menekan intensitas penyakit (Tabel 1.)

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, secara mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 masing- mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis

Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing-masing sebesar 15.23 % dan 20 %. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., menunjukkan kecenderungan lebih baik, karena perlakuan fungisida secara nyata tidak memberikan peningkatan dibandingkan kontrol.

Analisis data bobot buah per tanaman, perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol. Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. mempunyai rata-rata yang lebih tinggi, namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat mempengaruhi komponen patosistem juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64. Hasil ini berkaitan kemampuan *Bacillus* untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp disamping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (*Plant Growth promoting Rhizobacteria*).

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, diantaranya meningkatkan kelarutan unsur hara tertentu (seperti fosfat), menghasilkan hormon

pertumbuhan (*indol acetic acid=IAA*), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan mempengaruhi serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Zalila-Kolsi *et al.* 2016, Moeinzadeh *et al.* 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 sangat potensial untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, H., Rouag, N., Mouatassef D., & Rouabhi, A. 2016. Screening for *Pseudomonas* and *Bacillus* antagonistic rhizobacteria strains for the biocontrol of Fusarium wilt of chickpea. *Eurasian J Soil Sci* 5 (3):182–191.
<http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2016.3.182-191>
- Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204.
<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>
- Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. & Ongena, M. 2011. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: Stoychev M. (ed.). *Pesticides in the modern world, pesticides use and management*. pp.273-302. Intech Europe, Croatia.
- Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.
- Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>
- Compant, S.B., Duffy, Nowak, J., Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 4951-4959.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>

- Foster K.R., & Bell, T. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial species. *Current Biology* 22(19): 1845-1850. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report . *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443. : <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Gomaa, E.Z. 2012. Chitinase Production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their Potential in Antifungal Biocontrol. *The Journal of Microbiology* 50(1):103–111. <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-012-1343-y>
- Gond, S.K., Bergena, M.S., Torresa, M.S., & White, J.F.Jr. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172:79–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2014.11.004>
- Hyakumachi, M., Nishimura, M., Arakawa, T., Asano, S., Yoshida, S., Tsushima, S., & Takahashi, H. 2013. *Bacillus thuringiensis* suppresses bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* with systemic induction of defense-related gene expression in tomato. *Microbes Environ.* 28 (1):128–134,
- Javandira, C., Aini, L.Q., Sugiharto, A.N., & Abadi, A.L. 2013. The potency of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. as biological control agents against corn leaf blight disease caused by *Pantoea* sp. *Agrivita* 35(2):103-109. <http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p103-109>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez, C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM unsoed, Purwokerto.
- Prasanna-Reddy, B., & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067
- Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317–323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

- Soesanto, L. Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita* 35 (1):30-35.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035>.
- Vijayalakshmi, S., Ranjitha, J., & Rajeswari, V D. 2013. Enzyme production ability by *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* - A comparative study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinic Research* 6(4): 29-32
- Wiriyanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal
- Zalila-Kolsi, I., Mahmoud, A.B., Ali, H., Sellami, S., Nasfi, Z., Tounsi, S. & Jamoussi, K. 2016. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Microbiological Research* 192:148–158.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>

2. Koreksi ke-2

APLIKASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APPLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT TOMATO

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida. Hasil pengujian menunjukkan *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering akar 15.23%, dan bobot buah per tanaman 46.48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a cause of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in field. Randomized block design (RBD) experiment was composed of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tanin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing weight of dry root 15.23%, and increasing weight of fruits (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan

untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman, termasuk tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman

tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan pestisida kimiawi, namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman. *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler. Bakteri ini juga mampu menginduksi senyawa ketahanan tanaman dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Ghasemi *et al.* 2010, Javandira *et al.* 2013, Zalila-Kolsi *et al.* 2016,). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta

pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth*. Selanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus* sp B42., *Bacillus* sp B 46, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri dari 8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus* sp. dilakukan bersamaan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus* sp dengan kepadatan 1×10^{10} cfu mL⁻¹. Selanjutnya diulang setiap 7 hari, hingga 6

kali aplikasi. Dosis aplikasi untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/tanaman

Variabel yang diamati pada pengujian ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$\Sigma (n \times v)$$

$$IP = \frac{\Sigma (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah daun pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah daun yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tidak ada serangan/sehat; 1 = 1 - 25 % daun menguning; 2 = 26 - 50% daun menguning; 3 = 51 - 75% daun menguning, dan 4 = 76 - 100% daun menguning

Kandungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

.Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda

nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus* sp B42, *Bacillus* sp. B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan perlakuan mikroba antagonis *Bacillus* sp. B42 dan B64 baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus* sp, dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengkoloni perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut *Compant et al. (2005)*, kompetisi ruang dan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

nutrisi merupakan mekanisme mendasar dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian in vitro dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium*

sebesar 20 % dan 26.69% (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Cawoy *et al.* 2011, genus *Bacillus* sp. mampu menghasilkan antibiotik, diantaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. Enzim yang dihasilkan diantaranya kitinase, N-acetyl gluco- saminidase and glucanase, protease, phosphatase, lipase, phospolipase C, thiaminase dan enzim bacteriolitik (Hyakumachi 2013, Abed *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2012, Chi-yea *et al.* 2009, Ghasemi *et al.* 2010, Gomaa 2012, Vijayalakshmi *et al.* 2013). Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B. cepacia*, dapat menghidrolisis asam fusarik, toksin yang dihasilkan beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.* 2005).

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diberikan pada tanaman tomat mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang (Soesanto *et al.* 2013).. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.* 1999). Menurut Gond *et al.* (2015), kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, berhubungan dengan kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksida, produksi enzim kitinase dan

yang lebih baik, bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba.

glukanase, serta akumulasi senyawa asam salisilat, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menekan intensitas penyakit (Tabel 1.)

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, secara mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 masing- mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis

Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing-masing sebesar 15.23 % dan 20 %. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., menunjukkan kecenderungan lebih baik, karena perlakuan fungisida secara nyata tidak memberikan peningkatan dibandingkan kontrol.

Analisis data bobot buah per tanaman, perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol . Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. mempunyai rata-rata yang lebih tinggi, namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat mempengaruhi komponen patosistem juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64. Hasil ini berkaitan kemampuan *Bacillus* untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp disamping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (*Plant Growth promoting Rhizobacteria*).

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, diantaranya meningkatkan kelarutan unsur hara tertentu (seperti fosfat), menghasilkan hormon

pertumbuhan (*indol acetic acid=IAA*), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan mempengaruhi serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Zalila-Kolsi *et al.* 2016, Moeinzadeh *et al.* 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 sangat potensial untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, H., Rouag, N., Mouatasseem D., & Rouabhi, A. 2016. Screening for *Pseudomonas* and *Bacillus* antagonistic rhizobacteria strains for the biocontrol of Fusarium wilt of chickpea. *Eurasian J Soil Sci* 5 (3):182–191.
<http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2016.3.182-191>
- Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204.
<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>
- Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. & Ongena, M. 2011. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: Stoycheve M. (ed.). *Pesticides in the modern world, pesticides use and management*. pp.273-302. Intech Europe, Croatia.
- Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.
- Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>
- Compant, S.B., Duffy, Nowak, J., Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promotng bacteria for biocontrol of plant diseases: principles,mechanisme of acion, and future prospects. *Applied and Enviromental Microbiology* 71(9): 4951-4959.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>

- Foster K.R., & Bell, T. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial species. *Current Biology* 22(19): 1845-1850. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report . *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443. : <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Gomaa, E.Z. 2012. Chitinase Production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their Potential in Antifungal Biocontrol. *The Journal of Microbiology* 50(1):103–111. <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-012-1343-y>
- Gond, S.K., Bergena, M.S., Torresa, M.S., & White, J.F.Jr. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172:79–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2014.11.004>
- Hyakumachi, M., Nishimura, M., Arakawa, T., Asano, S., Yoshida, S., Tsushima, S., & Takahashi, H. 2013. *Bacillus thuringiensis* suppresses bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* with systemic induction of defense-related gene expression in tomato. *Microbes Environ.* 28 (1):128–134,
- Javandira, C., Aini, L.Q., Sugiharto, A.N., & Abadi, A.L. 2013. The potency of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. as biological control agents against corn leaf blight disease caused by *Pantoea* sp. *Agrivita* 35(2):103-109. <http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p103-109>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez, C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E., & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM unsoed, Purwokerto.
- Prasanna-Reddy, B., & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067
- Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317–323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

- Soesanto, L. Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita* 35 (1):30-35.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035>.
- Vijayalakshmi, S., Ranjitha, J., & Rajeswari, V D. 2013. Enzyme production ability by *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* - A comparative study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinic Research* 6(4): 29-32
- Wiriyanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal
- Zalila-Kolsi, I., Mahmoud, A.B., Ali, H., Sellami, S., Nasfi, Z., Tounsi, S. & Jamoussi, K. 2016. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Microbiological Research* 192:148–158.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>

2.a. Perbaikan ke-2

APLIKASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT TOMATO

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Penelitian menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida. Hasil pengujian menunjukkan *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering akar 15.23%, dan bobot buah per tanaman 46.48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a cause of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in field. Randomized block design (RBD) experiment was composed of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tanin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing weight of dry root 15.23%), and increasing weight of fruits (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan

untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman, termasuk tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman

tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan pestisida kimiawi, namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman. *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler. Bakteri ini juga mampu menginduksi senyawa ketahanan tanaman dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Ghasemi *et al.* 2010, Javandira *et al.* 2013, Zalila-Kolsi *et al.* 2016,). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta

pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth*. Selanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus* sp B42., *Bacillus* sp B 46, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri dari 8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus* sp. dilakukan bersamaan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus* sp dengan kepadatan 1×10^{10} cfu mL⁻¹. Selanjutnya diulang setiap 7 hari, hingga 6

kali aplikasi. Dosis aplikasi untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/tanaman

Variabel yang diamati pada pengujian ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$\Sigma (n \times v)$$

$$IP = \frac{\Sigma (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah daun pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah daun yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tidak ada serangan/sehat; 1 = 1 - 25 % daun menguning; 2 = 26 - 50% daun menguning; 3 = 51 - 75% daun menguning, dan 4 = 76 - 100% daun menguning

Kandungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

.Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda

nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus* sp B42, *Bacillus* sp. B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan perlakuan mikroba antagonis *Bacillus* sp. B42 dan B64 baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus* sp, dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengkoloni perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut *Compant et al. (2005)*, kompetisi ruang dan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

nutrisi merupakan mekanisme mendasar dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian in vitro dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium*

sebesar 20 % dan 26.69% (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Cawoy *et al.* 2011, genus *Bacillus* sp. mampu menghasilkan antibiotik, diantaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. Enzim yang dihasilkan diantaranya kitinase, N-acetyl gluco- saminidase and glucanase, protease, phosphatase, lipase, phospolipase C, thiaminase dan enzim bacteriolitik (Hyakumachi 2013, Abed *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2012, Chi-yea *et al.* 2009, Ghasemi *et al.* 2010, Gomaa 2012, Vijayalakshmi *et al.* 2013). Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B. cepacia*, dapat menghidrolisis asam fusarik, toksin yang dihasilkan beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.* 2005).

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diberikan pada tanaman tomat mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang (Soesanto *et al.* 2013).. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.* 1999). Menurut Gond *et al.* (2015), kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, berhubungan dengan kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksida, produksi enzim kitinase dan

yang lebih baik, bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba.

glukanase, serta akumulasi senyawa asam salisilat, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menekan intensitas penyakit (Tabel 1.)

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, secara mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 masing- mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis

Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing-masing sebesar 15.23 % dan 20 %. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., menunjukkan kecenderungan lebih baik, karena perlakuan fungisida secara nyata tidak memberikan peningkatan dibandingkan kontrol.

Analisis data bobot buah per tanaman, perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol . Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. mempunyai rata-rata yang lebih tinggi, namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat mempengaruhi komponen patosistem juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman, ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64. Hasil ini berkaitan kemampuan *Bacillus* untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp disamping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (*Plant Growth promoting Rhizobacteria*).

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, diantaranya meningkatkan kelarutan unsur hara tertentu (seperti fosfat), menghasilkan hormon

pertumbuhan (*indol acetic acid=IAA*), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan mempengaruhi serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Zalila-Kolsi *et al.* 2016, Moeinzadeh *et al.* 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 sangat potensial untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, H., Rouag, N., Mouatassef D., & Rouabhi, A. 2016. Screening for *Pseudomonas* and *Bacillus* antagonistic rhizobacteria strains for the biocontrol of Fusarium wilt of chickpea. *Eurasian J Soil Sci* 5 (3):182–191.
<http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2016.3.182-191>
- Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204.
<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>
- Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. & Ongena, M. 2011. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: Stoychev M. (ed.). *Pesticides in the modern world, pesticides use and management*. pp.273-302. Intech Europe, Croatia.
- Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.
- Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>
- Compant, S.B., Duffy, Nowak, J., Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 4951-4959.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>

- Foster K.R., & Bell, T. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial species. *Current Biology* 22(19): 1845-1850. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report . *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443. : <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Gomaa, E.Z. 2012. Chitinase Production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their Potential in Antifungal Biocontrol. *The Journal of Microbiology* 50(1):103–111. <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-012-1343-y>
- Gond, S.K., Bergena, M.S., Torresa, M.S., & White, J.F.Jr. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172:79–87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2014.11.004>
- Hyakumachi, M., Nishimura, M., Arakawa, T., Asano, S., Yoshida, S., Tsushima, S., & Takahashi, H. 2013. *Bacillus thuringiensis* suppresses bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* with systemic induction of defense-related gene expression in tomato. *Microbes Environ.* 28 (1):128–134,
- Javandira, C., Aini, L.Q., Sugiharto, A.N., & Abadi, A.L. 2013. The potency of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. as biological control agents against corn leaf blight disease caused by *Pantoea* sp. *Agrivita* 35(2):103-109. <http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p103-109>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez, C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E, & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM unsoed, Purwokerto.
- Prasanna-Reddy, B, & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067
- Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317–323. <http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

- Soesanto, L. Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita* 35 (1):30-35.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035>.
- Vijayalakshmi, S., Ranjitha, J., & Rajeswari, V D. 2013. Enzyme production ability by *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* - A comparative study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinic Research* 6(4): 29-32
- Wiriyanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal
- Zalila-Kolsi, I., Mahmoud, A.B., Ali, H., Sellami, S., Nasfi, Z., Tounsi, S. & Jamoussi, K. 2016. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Microbiological Research* 192:148–158.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>

3. Koreksi ke-3

APLIKASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT OF TOMATO

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Penelitian [A1] menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering akar 15.23%, dan bobot buah per tanaman 46.48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is a cause [A2] of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in the field. Randomized block design (RBD) experiment was used consisted composed of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp. B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tanin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing weight of dry root 15.23%, and increasing weight of fruits [A3] (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan

untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman, termasuk tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman

tomat yang menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan pestisida kimiawi, [A4]namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman (Pustaka). *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler (Pustaka). Bakteri ini juga mampu menginduksi senyawa ketahanan tanaman dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Ghasemi et al. 2010, Javandira et al. 2013, Zalila-Kolsi et al. 2016,). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan

Bacillus sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan di lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai pada [A5]bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth* sSelanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus* sp B42., *Bacillus* sp B 46, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri dari [A6]8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus* sp. dilakukan bersamaan dengan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus* sp dengan kepadatan [A7]1 x10¹⁰ cfu mL⁻¹.

Selanjutnya [penyiraman](#) diulang setiap 7 hari, hingga [total berjumlah](#) 6 kali aplikasi. Dosis aplikasi untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/[tanaman](#)[\[A8\]](#)[\[A9\]](#).

Variabel yang diamati ~~pada pengujian~~ ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, [bobot kering tajuk](#)[\[A10\]](#), [bobot kering akar](#), [jumlah buah per tanaman](#)[\[A11\]](#), dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah [daun](#)[\[A12\]](#) pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah daun yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tidak ada serangan/sehat; 1 = 1 - 25 % daun menguning; 2 = 26 - 50% daun menguning; 3 = 51 - 75% daun menguning, dan 4 = 76 - 100% daun menguning.

[Analisis k](#)~~k~~andungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

-Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus* sp B42, *Bacillus* sp. B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan [bahwa](#) perlakuan mikroba antagonis *Bacillus* sp. B42 dan B64, baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus* sp, dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengolonisasi perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut *Compant et al. (2005)*, kompetisi ruang dan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

nutrisi merupakan mekanisme mendasar dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan [A13] pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian *in vitro* [A14] dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium*

sebesar 20 % dan 26.69% [A15] (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Cawoy *et al.* 2011, genus *Bacillus* sp. mampu menghasilkan antibiotik, di antaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. — Enzim yang dihasilkan di — antaranya adalah kitinase, N-acetyl gluco- saminidase and glucanase, protease, phosphatase, lipase, phospolipase C, thiaminase dan enzim bacteriolitik (Hyakumachi 2013, Abed *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2012, Chi-yea *et al.* 2009, Ghasemi *et al.* 2010, Gomaa 2012, Vijayalakshmi *et al.* 2013). Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B. cepacia*, dapat menghidrolisis asam fusarik, toksin yang dihasilkan beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.* 2005).

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan efektivitas [A16]pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh yang lebih baik,

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan [A18]pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diberikan [A19] pada tanaman tomat mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang (Soesanto *et al.* 2013).. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.* 1999). Menurut Gond *et al.* (2015), kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, berhubungan dengan kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim

bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba. [A17]

peroksida, produksi enzim kitinase dan glukonase, serta akumulasi senyawa asam salisilat, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menekan [A20]intensitas penyakit (Tabel 1.)

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). [A21]Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, secara [A22]mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 masing- mampu

[A23]meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing- masing sebesar 15.23 % dan 20_%. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., menunjukkan kecenderungan lebih baik, [A24]karena perlakuan fungisida secara nyata tidak memberikan peningkatan dibandingkan kontrol.

Analisis data bobot buah buah [A25]per tanaman, [A26]perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol-. Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. mempunyai menghasilkan rata-rata jumlah buah yang lebih banyak tinggi,

namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat mempengaruhi[A27] komponen patosistem juga dapat mempengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Hal ini ,ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64. Hasil ini berkaitan dengan kemampuan *Bacillus* untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp di samping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (*Plant Growth promoting Rhizobacteria*). (Pustaka)

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, di antaranya meningkatkan kelarutan unsur hara tertentu (seperti fosfat), menghasilkan hormon pertumbuhan (*indol acetic acid*=IAA), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan **mempengaruhi** serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Zalila-Kolsi *et al.* 2016, Moeinzadeh *et al.* 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 **sangat** [A28] potensial untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan **efektivitas** pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis **dalam melakukan** penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA [A29]

- Abed, H., Rouag, N., Mouatassef D., & Rouabhi, A. 2016. Screening for *Pseudomonas* and *Bacillus* antagonistic rhizobacteria strains for the biocontrol of Fusarium wilt of chickpea. *Eurasian J Soil Sci* 5 (3):182–191.
<http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2016.3.182-191>
- Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204.
<http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>
- Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. & Ongena, M. 2011. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: Stoychev M. (ed.). **Pesticides in the modern world, pesticides use and management.** pp.273-302. Intech Europe, Croatia.
- Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.
- Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>
- Compant, S.B., Duffy, Nowak, J., Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: **principles, mechanisms** of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 3172-3178.

- 4951-4959.
<http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>.
- Foster K.R., & Bell, T. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial species. *Current Biology* 22(19): 1845-1850.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report . *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443.
: <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Gomaa, E.Z. 2012. Chitinase Production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their Potential in Antifungal Biocontrol. *The Journal of Microbiology* 50(1):103-111.
<http://dx.doi.org/10.1007/s12275-012-1343-y>
- Gond, S.K., Bergena, M.S., Torresa, M.S., & White, J.F.Jr. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172:79-87.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2014.11.004>
- Hyakumachi, M., Nishimura, M., Arakawa, T., Asano, S., Yoshida, S., Tsushima, S., & Takahashi, H. 2013. *Bacillus thuringiensis* suppresses bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* with systemic induction of defense-related gene expression in tomato. *Microbes Environ.* 28 (1):128-134,
- Javandira, C., Aini, L.Q., Sugiharto, A.N., & Abadi, A.L. 2013. The potency of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. as biological control agents against corn leaf blight disease caused by *Pantoea* sp. *Agrivita* 35(2):103-109.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p103-109>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez, C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26.
<http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E, & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM **unsoed**, Purwokerto.
- Prasanna-Reddy, B, & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067
- Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces

chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317–323.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

Soesanto, L. Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita* 35 (1):30-35.
<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035>.

Vijayalakshmi, S., Ranjitha, J., & Rajeswari, V D. 2013. Enzyme production ability by *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* - A comparative study. *Asian Journal of Pharmaucetical and Clinic Research* 6(4): 29-32

Wiryanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal

Zalila-Kolsi, I., Mahmoud, A.B., Ali, H., Sellami, S., Nasfi, Z., Tounsi, S. & Jamoussi, K. 2016. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Microbiological Research* 192:148–158.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>

APLIKASI *Bacillus* sp. UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT LAYU FUSARIUM PADA TANAMAN TOMAT

APLICATION OF *Bacillus* sp. TO CONTROL FUSARIUM WILT OF TOMATO

ABSTRAK

Fusarium oxysporum merupakan penyebab penyakit layu fusarium yang menurunkan produksi tomat. Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis seperti *Bacillus* sp. merupakan alternatif pengendalian yang potensial dan ramah lingkungan. Penelitian bertujuan untuk mengetahui kemampuan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu fusarium pada tanaman tomat di lapangan. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan, meliputi: kontrol, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, serta fungisida. Hasil pengujian menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. B.64 merupakan bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit layu fusarium, karena dapat menunda masa inkubasi 15.76% menekan intensitas penyakit 38.77%, meningkatkan kandungan fenol tanaman (tanin, saponin dan glikosida), serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman dengan meningkatkan bobot kering tajuk 32,05%, bobot kering akar 15,23%, dan bobot buah per tanaman 46,48%.

Kata kunci: *Bacillus* sp., *Fusarium oxysporum*, pengendalian hayati, tomat

ABSTRACT

Fusarium oxysporum is the causal agent of fusarium wilt disease which decreases the production of tomatoes. Control using bacterial antagonists is a potential alternative. The aim of this research was to determine the ability of *Bacillus* sp. to control fusarium wilt tomato in the field. Randomized block design (RBD) experiment was used consisted of 5 treatments dan 5 replications, those were control, *Bacillus* sp. B42, *Bacillus* sp. B64, *Bacillus* sp B42 combined with B64, and fungicide. The result showed that *Bacillus* sp. B64 was the best bacterial antagonist to control tomato wilt disease by delaying incubation period (15.76%), decreasing disease intensity (38.77%), increasing phenol compounds (tannin, saponin, glycosides) and improving plant growth and yield, by increasing canopy dry weight 32.05%, root dry weight 15.23%, and increasing yield (46.48%).

Key words : *Bacillus* sp., *Fusarium. oxysporum*, biological control, tomato

PENDAHULUAN

Tanaman tomat merupakan tanaman hortikultura penting yang banyak digemari oleh masyarakat Indonesia. Buah tomat banyak mengandung karotin dan sumber vitamin C, sehingga banyak digunakan

untuk terapi pengobatan (Wiryanta 2002). Adanya organisme pengganggu tumbuhan (OPT), merupakan salah satu penghambat produksi tanaman tomat. *Fusarium oxysporum* merupakan salah satu patogen penting pada tanaman tomat yang

menyebabkan kelayuan pada tanaman dan mampu menurunkan hasil hingga 100% (Akram dan Anjum 2011).

Pengendalian penyakit layu fusarium sering mengalami kesulitan karena pertumbuhannya yang endofit dan kemampuannya bertahan dalam tanah yang dapat bertahan 10-15 tahun (Abo-Elyours dan Mohammad 2009). Pengendalian yang selama ini dilakukan petani umumnya menggunakan dengan fungisida sintetik namun hasilnya juga belum memuaskan (Wiryanta 2002). Di samping itu, penggunaan pestisida yang kurang bijaksana sering menimbulkan berbagai dampak negatif bagi lingkungan dan konsumen.

Pengendalian hayati dengan menggunakan bakteri antagonis merupakan alternatif pengendalian yang potensial, karena sifatnya yang ramah lingkungan dan berkelanjutan. Genus *Bacillus* merupakan salah satu bakteri antagonis yang mampu mengendalikan beberapa jenis patogen tanaman (Pustaka). *Bacillus* sp. mampu bersaing dengan patogen, mampu menghasilkan beberapa metabolit sekunder, seperti antibiotik, siderofor, bakteriosin, dan enzim ekstraselluler (Pustaka). Bakteri ini juga mampu menginduksi senyawa ketahanan tanaman dan dapat bertindak sebagai *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) (Ghasemi *et al.* 2010, Javandira *et al.* 2013, Zalila-Kolsi *et al.* 2016,). Berdasarkan potensi mekanisme yang dimiliki *Bacillus* sp., diharapkan bakteri antagonis tersebut mampu menekan pertumbuhan dan perkembangan jamur *F. oxysporum* yang pada akhirnya dapat menurunkan tingkat serangannya.

Penelitian yang telah dilakukan bertujuan untuk mengetahui kemampuan

Bacillus sp. untuk mengendalikan *F. oxysporum*, serta pengaruhnya terhadap pertumbuhan dan hasil pada tanaman tomat di lapangan terbatas.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Perlindungan Tanaman Fakultas Pertanian Universitas Jenderal Soedirman dan di lahan penelitian di Desa Banteran, Kecamatan Sumbang, Kabupaten Banyumas. Penelitian dilaksanakan selama 4 bulan dimulai dari bulan Maret sampai dengan Juni 2016

Perbanyakan bakteri antagonis

Bakteri antagonis yang digunakan adalah *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B46 yang diisolasi dari rhizosfer tanaman tomat sehat, dan telah diuji kemampuannya secara *in vitro* dan *in planta* (Mugiastuti dan Rahayuniati 2014). Perbanyakan *Bacillus* sp. dilakukan dengan memindahkan biakan murni *Bacillus* sp ke dalam labu erlenmeyer yang berisi medium *Nutrient Broth* selanjutnya dilakukan penggojogan pada kecepatan 150 rpm selama 3 hari di suhu ruang.

Uji Kemampuan *Bacillus* sp untuk mengendalikan penyakit layu fusarium di lapangan

Pengujian menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 5 perlakuan dan 5 ulangan. Perlakuan yang dicoba adalah kontrol (tanpa pengendalian), *Bacillus* sp B42., *Bacillus* sp B 46, gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B46, serta fungisida mankoseb 80%. Setiap unit petak perlakuan terdiri atas 8 tanaman tomat dengan jarak tanam 50 x 50 cm. Tanaman tomat yang digunakan adalah varietas Tymoty.

Aplikasi *Bacillus* sp. dilakukan bersamaan dengan waktu pindah tanam, dengan cara menyiramkan suspensi *Bacillus* sp dengan kerapatan 1×10^{10} cfu mL⁻¹.

Selanjutnya penyiraman diulang setiap 7 hari, hingga total berjumlah 6 kali aplikasi. Dosis aplikasi disesuaikan dengan perkembangan tanaman. Untuk perlakuan kesatu sampai ketiga adalah 50 ml/tanaman dan untuk perlakuan keempat sampai keenam 100 ml/tanaman. Perlakuan kontrol tanpa diberikan suspensi *Bacillus* sp.

Variabel yang diamati ialah komponen patosistem (masa inkubasi, intensitas penyakit), kandungan fenol tanaman (saponin, tannin dan glikosida), serta komponen pertumbuhan dan hasil (tinggi tanaman, bobot kering tajuk, bobot kering akar, jumlah buah per tanaman, dan bobot buah per tanaman). Masa inkubasi diamati sejak tanam hingga munculnya gejala awal penyakit layu fusarium. Intensitas penyakit dihitung sejak muncul gejala dengan interval waktu 7 hari. Komponen pertumbuhan dan hasil dihitung pada akhir pengamatan. Intensitas penyakit dihitung dengan rumus:

$$IP = \frac{\sum (n \times v)}{Z \times N} \times 100\%, \text{ dengan}$$

n = jumlah tanaman pada tiap kategori serangan; v = nilai skala dari tiap kategori serangan; Z = nilai skala kategori serangan tertinggi, dan N = jumlah tanaman yang diamati. Nilai skala kategori serangan yang digunakan adalah : 0 = tanaman sehat, tidak ada gejala serangan; 1 = tanaman dengan gejala 1 - 25 % daun menguning; 2 = tanaman dengan 26 - 50% daun menguning; 3 = tanaman dengan 51 - 75% daun menguning, dan 4 = tanaman 76 - 100% daun menguning.

Analisis kandungan fenol tanaman meliputi kandungan tannin, saponin dan glikosida dilakukan menurut metode Chaerul (2003).

Analisis Data

Data yang diperoleh dianalisis menggunakan uji F dan apabila berbeda nyata, dilanjutkan dengan DMRT (*Duncan Multiple Rank Test*) pada tingkat kesalahan 5%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Komponen Patosistem

Hasil analisis data menunjukkan perlakuan memberikan pengaruh nyata terhadap masa inkubasi (saat muncul gejala) penyakit layu fusarium (Tabel 1). Perlakuan kontrol menunjukkan masa inkubasi yang paling cepat, yaitu pada 14.08 hsi (hari setelah inokulasi). Perlakuan *Bacillus* sp B42, *Bacillus* sp. B64, ataupun gabungan keduanya menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa perlakuan mikroba antagonis *Bacillus* sp. B42 dan B64, baik secara tunggal maupun gabungan mampu menunda masa inkubasi penyakit layu Fusarium, masing-masing berturut-turut sebesar 23.93 %, 15.76 % dan 19.03 % dibandingkan kontrol. Perlakuan fungisida tidak menunjukkan perbedaan nyata dengan kontrol dan hanya mampu menunda masa inkubasi sebesar 13.49 % dibandingkan kontrol.

Kemampuan *Bacillus* sp, dalam menunda masa inkubasi tersebut diduga berkaitan dengan kemampuannya dalam mengolonisasi perakaran tanaman tomat, sehingga menjadi pesaing bagi patogen dalam menyerang tanaman. Menurut Compant *et al.* (2005), kompetisi ruang dan

Tabel 1. Pengaruh perlakuan terhadap komponen patosistem penyakit layu fusarium

Perlakuan	Masa inkubasi (hsi)	Intensitas penyakit (%)	Penekanan intensitas penyakit (%)
Kontrol	14,08 a	50,50 c	-
<i>Bacillus</i> sp. B42	17,45 b	42,41 bc	16,02
<i>Bacillus</i> sp. B64	16,30 b	30,92 a	38,77
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	16,76 b	37,55 ab	25,64
Fungisida	15,98 ab	43,90 bc	13,07

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT α 5%, hsi= hari setelah inokulasi.

nutrisi merupakan mekanisme mendasar dari mikroba antagonis rhizosfer dalam melindungi tanaman dari patogen. Tidak adanya tindakan pengendalian pada kontrol mengakibatkan cepatnya patogen masuk ke dalam tanaman dan menimbulkan penyakit.

Intensitas penyakit tertinggi ditunjukkan pada perlakuan kontrol (tanpa pengendalian). Perlakuan *Bacillus* sp., khususnya *Bacillus* sp. B64 dan gabungan *Bacillus* sp B42 dan B46 mempunyai intensitas penyakit yang berbeda secara statistik, yang lebih rendah dibandingkan kontrol. *Bacillus* sp B42 mempunyai kemampuan yang setara dengan fungisida dalam menekan intensitas penyakit, namun belum menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan dengan kontrol. Penekanan tertinggi ditunjukkan oleh perlakuan *Bacillus* sp. B64 sebesar 38.77 % (Tabel 1.)

Kemampuan *Bacillus* sp. dalam menekan perkembangan penyakit sejalan dengan kemampuannya menunda masa inkubasi. Kemampuan *Bacillus* sp. B.64 sebagai bakteri antagonis terbaik dalam menekan intensitas penyakit, sejalan dengan hasil pengujian *in vitro* dan di rumah kaca bahwa *Bacillus* sp. mampu menghambat pertumbuhan *Fusarium*

sebesar 20% dan 26,69% (Mugiastuti dan Rahayuniati, 2014).

Penekanan intensitas penyakit oleh *Bacillus* sp. diduga berkaitan dengan berbagai mekanisme yang dimilikinya. Menurut Cawoy *et al.* 2011, genus *Bacillus* sp. mampu menghasilkan antibiotik, di antaranya zwittermicin, kanosamin, bacillaene, difficidin, macrolactin, dan rhizocticin. Sebagian besar merupakan antibiotik golongan peptida, dan beberapa yang lain antibiotik golongan butirosin dan protosin. *Bacillus* juga dapat menghasilkan berbagai enzim yang berperan dalam pengendalian patogen tanaman. Enzim yang dihasilkan di antaranya adalah kitinase, N-acetyl gluco- saminidase and glucanase, protease, phosphatase, lipase, phospolipase C, thiaminase dan enzim bacteriolitik (Hyakumachi 2013, Abed *et al.* 2016, Shinde *et al.* 2012, Chi-yea *et al.* 2009, Ghasemi *et al.* 2010, Gomaa 2012, Vijayalakshmi *et al.* 2013). Adanya senyawa yang dapat mendetoksifikasi faktor virulensi patogen merupakan mekanisme lain dari pengendalian hayati dengan mikroba antagonis. *B. cepacia*, dapat menghidrolisis asam fusarik, toksin yang dihasilkan beberapa spesies *Fusarium* (Compant *et al.* 2005).

Tabel 2. Kandungan senyawa fenol tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Glikosida	Saponin	Tanin
Kontrol	+	+	+
<i>Bacillus</i> sp. B42	+	++	+
<i>Bacillus</i> sp. B64	++	++	++
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	++	+++	++
Fungisida	++	+	++

Keterangan: - = tidak ada kandungan fenol, + = sedikit, ++ = cukup, dan +++ = banyak.

Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan keefektifan pengendalian penyakit. Menurut Foster dan Bell (2012), penggabungan 2 mikroba tidak selalu memberikan pengaruh yang lebih baik, bahkan pada beberapa kasus tidak memberikan pengaruh (netral) atau memberikan pengaruh yang lebih buruk daripada aplikasi dari 1 jenis atau strain mikroba.

Analisis Senyawa Fenol

Uji kualitatif terhadap kandungan senyawa fenol tanaman (tanin, saponin, dan glikosida) menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. mampu meningkatkan kandungan senyawa fenol tanaman tomat. Jumlah kandungan fenol terbanyak ditunjukkan pada perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64, dan diikuti perlakuan *Bacillus* sp. B64 (Tabel 2).

Hal ini menunjukkan bahwa *Bacillus* sp. yang diaplikasikan mampu mengimbas ketahanan tanaman. Menurut Malfanova *et al.* (2013), ketahanan terinduksi berhubungan dengan peningkatan kandungan senyawa fenolik yang ada dalam tanaman. Hasil yang sama ditunjukkan pada pengujian *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit pada tanaman kentang (Soesanto *et al.* 2013).. Ketahanan terinduksi ini umumnya berspektrum luas terhadap beberapa patogen, seperti jamur, bakteri dan virus (Kloepper *et al.* 1999).

Menurut Gond *et al.* (2015), kemampuan *bacillus* sp dalam mengimbas ketahanan tanaman, berhubungan dengan kemampuannya dalam meningkatkan aktivitas enzim peroksida, produksi enzim kitinase dan glukonase, serta akumulasi senyawa asam salisilat, yang pada akhirnya akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam menekan intensitas penyakit (Tabel 1.)

Aplikasi *Bacillus* sp. Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tomat

Perlakuan *Bacillus* sp. memberikan pengaruh yang beragam terhadap komponen pertumbuhan. Perlakuan *Bacillus* sp. tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap tinggi tanaman, namun memberikan pengaruh nyata pada bobot kering tajuk dan bobot kering akar tomat (Tabel 3). Perlakuan *Bacillus* sp. gabungan B42 dan B64, mampu secara nyata meningkatkan bobot kering tajuk. Perlakuan ini mempunyai bobot kering tertinggi, atau mampu meningkatkan bobot kering tajuk sebesar 38.09 % jika dibandingkan dengan kontrol. Perlakuan *Bacillus* sp. B42 dan *Bacillus* sp. B64 secara tunggal, mempunyai rata-rata bobot tajuk yang lebih tinggi dibandingkan kontrol, namun secara statistik belum menunjukkan perbedaan nyata. Gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis

Tabel 3. Komponen pertumbuhan tanaman pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm) _{tn}	Bobot kering tajuk (g)	Bobot kering akar (g)
Kontrol	46,02	11,76 a	1,05 a
<i>Bacillus</i> sp. B42	44,62	14,13 ab	1,08 ab
<i>Bacillus</i> sp. B64	46,27	15,53 ab	1,21 bc
<i>Bacillus</i> sp B 42 + B46	46,60	16,24 b	1,26 c
Fungisida	46,05	13,29 ab	1,19 abc

Keterangan: angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn=tidak berbeda nyata.

Tabel 4. Hasil tanaman tomat pada pengujian mikroba antagonis untuk mengendalikan penyakit layu fusarium

Perlakuan	Bobot buah (g)	Jumlah buah _{tn}
Kontrol	254,77 a	17,42
<i>Bacillus</i> sp. B42	259,75 ab	17,66
<i>Bacillus</i> sp. B64	373,18 c	21,28
<i>Bacillus</i> sp. B42 + B64	347,01 bc	19,78
Fungisida	274,79 ab	16,79

Keterangan: Angka pada kolom sama yang diikuti huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada DMRT taraf kesalahan 5%, tn = tidak berbeda nyata.

data bobot kering akar, perlakuan *Bacillus* sp. B64 dan perlakuan gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 memberikan peningkatan dibandingkan kontrol, masing-masing sebesar 15.23 % dan 20 %. Dibandingkan dengan perlakuan fungisida, perlakuan *Bacillus* sp., mempunyai bobot kering akar yang lebih tinggi. Perlakuan fungisida secara statistik juga tidak memberikan peningkatan yang nyata dibandingkan kontrol.

Analisis terhadap bobot buah per tanaman menunjukkan bahwa perlakuan *Bacillus* sp. B64 serta gabungan *Bacillus* sp. B42 dan B64 mempunyai pengaruh yang nyata, masing-masing dengan meningkatkan bobot buah sebesar 46.48 % dan 36.21 % dibandingkan kontrol. Sementara itu pada variabel jumlah buah, walaupun perlakuan *Bacillus* sp. menghasilkan rata-rata jumlah buah yang lebih banyak, namun secara statistik tidak berbeda nyata dengan kontrol (Tabel 4.)

Penggunaan *Bacillus* sp. untuk mengendalikan penyakit layu pada tanaman tomat, di samping dapat memengaruhi komponen patosistem juga dapat memengaruhi pertumbuhan dan hasil tanaman. Hal ini ditunjukkan pada peningkatan bobot kering tajuk, bobot kering akar dan bobot buah pada perlakuan *Bacillus* sp. B64. Hasil ini berkaitan dengan kemampuan *Bacillus* sp. untuk menekan perkembangan penyakit layu fusarium. Rendahnya intensitas penyakit memungkinkan tanaman untuk dapat tumbuh dan berkembang dengan lebih baik. Di samping itu, *Bacillus* sp di samping diketahui sebagai agensia hayati, juga dilaporkan bersifat PGPR (Plant Growth Promoting Rhizobacteria) (Radhakrishnan dan Lee 2016)

Mikroba antagonis dapat memacu pertumbuhan tanaman dengan sejumlah mekanisme, di antaranya meningkatkan

kelarutan unsur hara tertentu (seperti fosfat), menghasilkan hormon pertumbuhan (*indol acetic acid=IAA*), menghasilkan vitamin untuk tanaman, memperbaiki perakaran tanaman, meningkatkan serapan mineral, dan memengaruhi serapan dan metabolisme nitrogen (Compant *et al.* 2005; Zalila-Kolsi *et al.* 2016, Moeinzadeh *et al.* 2010, Prasanna Reddy dan Rao, 2009).

SIMPULAN

1. *Bacillus* sp. B.64 berpotensi untuk digunakan untuk mengendalikan penyakit layu fusarium tomat. Hal ini terkait dengan kemampuannya dalam menekan penyakit layu fusarium, meningkatkan ketahanan tanaman serta meningkatkan pertumbuhan dan hasil.
2. Penggabungan dua isolat *Bacillus* sp yaitu B42 dan B64, tidak meningkatkan keefektifan pengendalian penyakit.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini merupakan bagian dari Hibah Penelitian Riset Institusi yang didanai oleh DIPA Universitas Jenderal Soedirman tahun 2016, untuk itu kami mengucapkan terima kasih. Terima kasih juga disampaikan kepada Sdr. Tessa Kanisa yang telah membantu secara teknis dalam melakukan penelitian ini.

DAFTAR PUSTAKA

- Abed, H., Rouag, N., Mouatassef D., & Rouabhi, A. 2016. Screening for *Pseudomonas* and *Bacillus* antagonistic rhizobacteria strains for the biocontrol of Fusarium wilt of chickpea. *Eurasian J Soil Sci* 5 (3):182–191.
- Abo-Elyours, K.A.M., & Mohamed, H.M. 2009. Biological control of Fusarium wilt in tomato by plant growth-promoting yeast and rhizobacteria. *Plant Pathol. J.* 25(2): 199-204. <http://dx.doi.org/10.5423/PPJ.2009.25.2.199>
- Akram, W. & Anjum, T. 2011. Quantitative changes in defense system of tomato induced by two strain of *Bacillus* against Fusarium wilt. *Indian Journal of Fundamental and Applied Life Sciences* 1(3): 7-13.
- Cawoy, H., Bettiol, W., Fickers, P. & Ongena, M. 2011. *Bacillus*-based biological control of plant diseases. In: Stoychev M. (ed.). *Pesticides in the modern world, pesticides use and management*. pp.273-302. Intech Europe, Croatia.
- Chaerul. 2003. Identifikasi secara cepat bahan bioaktif pada tumbuhan di lapangan. *Berita Biologi* 6(4):621-628.
- Chi-Yea, Y., Yi-Cheng, H., Jen-Chieh, P., Shiang-Suo, H., & Seng-Ming, T.J. 2009. Cloning and expression of an antifungal chitinase gene of a novel *Bacillus subtilis* isolate from Taiwan potato field. *Bioresource Technology* 100(3):1454-1458. <http://dx.doi.org/10.1016/j.biortech.2008.07.039>
- Compant, S.B., Duffy, Nowak, J., Clement, C., & Barka E.A. 2005. Use of plant growth-promoting bacteria for biocontrol of plant diseases: principles, mechanisms of action, and future prospects. *Applied and Environmental Microbiology* 71(9): 4951-4959.
- <http://dx.doi.org/10.18393/ejss.2016.3.182-191>

- <http://dx.doi.org/10.1128/AEM.71.9.4951-4959>.
- Foster K.R., & Bell, T. 2012. Competition, not cooperation, dominates interactions among culturable microbial species. *Current Biology* 22(19): 1845-1850. <http://dx.doi.org/10.1016/j.cub.2012.08.005>.
- Ghasemi, S., Gholamreza, A., Nadali, J., Heshmatollah, R., Soheila, G., Ali, D., & Parvin, S. 2010. Antifungal chitinases from *Bacillus pumilus* SG2: preliminary report . *World Journal of Microbiology & Biotechnology* 26(8):1437-1443. : <http://dx.doi.org/10.1007/s11274-010-0318-6>
- Gomaa, E.Z. 2012. Chitinase Production by *Bacillus thuringiensis* and *Bacillus licheniformis*: Their Potential in Antifungal Biocontrol. *The Journal of Microbiology* 50(1):103-111. <http://dx.doi.org/10.1007/s12275-012-1343-y>
- Gond, S.K., Bergena, M.S., Torresa, M.S., & White, J.F.Jr. 2015. Endophytic *Bacillus* spp. produce antifungal lipopeptides and induce host defence gene expression in maize. *Microbiological Research* 172:79-87. <http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2014.11.004>
- Hyakumachi, M., Nishimura, M., Arakawa, T., Asano, S., Yoshida, S., Tsushima, S., & Takahashi, H. 2013. *Bacillus thuringiensis* suppresses bacterial wilt disease caused by *Ralstonia solanacearum* with systemic induction of defense-related gene expression in tomato. *Microbes Environ.* 28 (1):128-134.
- Javandira, C., Aini, L.Q., Sugiharto, A.N., & Abadi, A.L. 2013. The potency of *Bacillus* sp. and *Pseudomonas* sp. as biological control agents against corn leaf blight disease caused by *Pantoea* sp. *Agrivita* 35(2):103-109. <http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-2-p103-109>
- Kloepper, J.W., Rodriguez-Ubana, R., Zehnder, G.W., Murphy, J.F., Sikora, E., & Fernandez, C. 1999. Plant root-bacterial interactions in biological control of soilborne diseases and potential extension to systemic and foliar diseases. *Australian Plant Pathology* 28:21-26. <http://dx.doi.org/10.1071/AP99003>.
- Moeinzadeh, A., Sharif-Zadeh, F., Ahmadzadeh, M., & Heidari-Tajabadi, F. 2010. Biopriming of sunflower (*Helianthus annuus* L.) seed with *Pseudomonas fluorescens* for improvement of seed invigoration and seedling growth. *Australian Journal of Crop Science* 4(7):564-570
- Mugiastuti, E, & Rahayuniati, R.F. 2014. Perakitan Biopestisida Berbasis Mikroba Untuk Mengendalikan Penyakit Utama Tanaman Tomat Di Kabupaten Banyumas. *Laporan Penelitian*. LPPM Universitas Jenderal Soedirman, Purwokerto.
- Prasanna-Reddy, B, & Rao, K.S. 2009. Biochemical and PCR_PAPD characterization of *Pseudomonas fluorescens* produced antifungal compounds inhibit the rice fungal pathogens in vitro. *Electronic Journal of Enviromental, Agricultural and Food Chemistry* 8(10): 1062-1067.
- Radhakrishnan, R., & Lee, I. 2016. Gibberellins producing *Bacillus methylotrophicus* KE2 supports plant growth and enhances nutritional metabolites and food values of lettuce. *Plant Physiology and Biochemistry* 109: 181-189.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.plaphy.2016.09.018>

Shinde, A.A, Shaikh, F.K., Padul, M.V., & Kachole, M.S. 2012. *Bacillus subtilis* RTSBA6 6.00, a new strain isolated from gut of *Helicoverpa armigera* (Lepidoptera: Noctuidae) produces chymotrypsin-like proteases. *Saudi Journal of Biological Sciences* 19(3):317–323.

<http://dx.doi.org/10.1016/j.sjbs.2012.03.001>

Soesanto, L. Mugiastuti, E., Manan, A., & Wachjadi, M. 2013. Ability test of several antagonists to control potato bacterial wilt in the field. *Agrivita* 35 (1):30-35.

<http://dx.doi.org/10.17503/Agrivita-2013-35-1-p030-035>.

Vijayalakshmi, S., Ranjitha, J., & Rajeswari, V D. 2013. Enzyme production ability by *Bacillus subtilis* and *Bacillus licheniformis* - A comparative study. *Asian Journal of Pharmaceutical and Clinical Research* 6(4): 29-32

Wiryanta, B.T.W. 2002. *Bertanam Tomat*. Agromedia Pustaka, Jakarta. 100 hal

Zalila-Kolsi, I., Mahmoud, A.B., Ali, H., Sellami, S., Nasfi, Z., Tounsi, S. & Jamoussi, K. 2016. Antagonist effects of *Bacillus* spp. strains against *Fusarium graminearum* for protection of durum wheat (*Triticum turgidum* L. subsp. *durum*). *Microbiological Research* 192:148–158.
<http://dx.doi.org/10.1016/j.micres.2016.06.012>