

FORMULASI PADAT RHIZOBAKTERIA INDIGENUS *BACILLUS THURINGIENSIS* TS2 DAN WAKTU PENYIMPANAN UNTUK MENGENDALIKAN PENYAKIT PUSTUL BAKTERI *XANTHOMONAS AXONOPODIS* PV. *GLYCINES*

Yulmira Yanti, Trimurti Habazar, & Zurai Resti

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Andalas,
Kampus Limau Manis, Padang 25163
E-mail: yy.anthie79@gmail.com

ABSTRACT

Solid formulations of indigenous Rhizobacteria Bacillus thuringiensis TS2 and storage time to control bacterial pustule disease Xanthomonas axonopodis pv. glycines. Bacterial pustule disease caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* is a major constraint in soybean cultivation. Indigenous rhizobacteria *Bacillus thuringiensis* TS2 from soybean rhizosphere acquired from previous research is the best isolate which can control soybean bacterial pustule disease and increase growth rate of soybean. To increased its stability and interaction with soybean plants, *Bacillus thuringiensis* TS2 was urged to test furthermore especially its formulation with based formula tapioca powder, peat and bulk. The most effective storage time also need to test. Result showed that all rhizobacterial formula had ability to decrease incidence of bacterial pustule disease compared to control. Moreover, all the three formula could increase plant growth, total of leaves, total of branch and yields. Flowering time was also advanced by 1-8 days compared to control. Decreasing of disease rate and increasing of plant growth rate varied between different formulations.

Key words: bacterial pustule, formulation, induced resistance, Rizobacterial indigenous

ABSTRAK

Formulasi padat Rhizobakteria indigenus Bacillus thuringiensis TS2 dan waktu penyimpanan untuk mengendalikan penyakit pustul bakteri Xanthomonas axonopodis pv. glycines. Penyakit pustul bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* merupakan masalah utama pada pertanaman kedelai. Rizobakteri indigenus *Bacillus thuringiensis* TS2 dari rizosfer kedelai hasil penelitian sebelumnya merupakan isolat unggul yang mampu mengendalikan penyakit pustul kedelai dan meningkatkan pertumbuhan kedelai. Untuk meningkatkan stabilitas dan interaksinya dengan tanaman kedelai, *Bacillus thuringiensis* TS2 perlu diuji lebih lanjut terutama setelah diformulasikan dengan bahan pembawa berupa tepung tapioka, gambut dan limbah padat tahu. Lama penyimpanan formula yang paling efektif juga perlu diteliti. Hasil penelitian menunjukkan bahwa semua perlakuan formula rhizobakteria mampu menurunkan insidensi penyakit pustul bakteri. Selain itu, ketiga formula mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah ranting dan hasil tanaman. Saat munculnya bunga juga menjadi lebih cepat 1-8 hari dibanding kontrol. Tingkat penurunan penyakit dan peningkatan pertumbuhan tanaman cukup bervariasi pada formulasi yang berbeda.

Kata kunci: formula, ketahanan terinduksi, pustul bakteri, Rizobakteri indigenus

PENDAHULUAN

Penyakit pustul bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (*Xag*) pada tanaman kedelai menyebabkan kerugian secara ekonomis di berbagai negara di dunia. Penyakit ini tergolong penting karena penyebarannya sebagian besar melalui benih (Khaeruni *et al.*, 2007), air dan angin (Goradia *et al.*, 2004). Penyakit pustul bakteri telah tersebar di Indonesia, seperti di Jawa Barat, Jawa

Tengah, Daerah Istimewa Yogyakarta, Lampung, Sulawesi Selatan dan Sumatera Barat (Yanti *et al.*, 2013). Penurunan hasil tanaman kedelai akibat *Xag* dapat mencapai 21-40% pada kondisi lingkungan mendukung dan tingkat serangan yang parah (Rahayu, 2005).

Usaha pengendalian penyakit pustul bakteri yang telah dilakukan antara lain penggunaan varietas tahan (Semangun, 1990), bakterisida (Sinclair & Backman, 1989), pergiliran tanaman dengan tanaman yang bukan

inangnya tidak menanam saat musim hujan (Sweets, 2010), dan memusnahkan sisa tanaman sakit (Mueller, 2010), namun *Xag* masih tetap menyerang dan berkembang. Penggunaan varietas tahan tidak efektif karena *Xag* mempunyai banyak strain dengan fenotipe dan genotipe yang berbeda-beda (Rukayadi *et al.*, 1999). Penggunaan bakterisida berdampak negatif terhadap lingkungan karena residu yang ditinggalkannya bersifat racun serta terjadinya resistensi bakteri terhadap bakterisida tersebut (Habazar *et al.*, 2010).

Pengendalian biologi menggunakan mikroorganisme yang mengkoloni rizosfer, permukaan dan di dalam jaringan sehat tanaman telah diterapkan sebagai alternatif pengendalian yang menjanjikan jika dibandingkan dengan pestisida kimia dan lebih baik digunakan dalam pengelolaan tanaman (Shu-Bin *et al.*, 2012). Bakteri dari genus *Bacillus* merupakan agen biokontrol yang paling banyak digunakan dan memiliki karakteristik paling baik karena keefektifannya dalam mengkolonisasi akar dan kemampuannya bersporulasi (Hassan *et al.*, 2010 ; Hu *et al.*, 2010). *Bacillus* spp. juga telah banyak diketahui memiliki kemampuan memproduksi banyak jenis antibiotik dengan kemampuan dan struktur yang luas (Stein, 2005; Perez-Garcia *et al.*, 2011). *Bacillus* spp. juga diketahui sebagai produser lipopeptida (LPs). LPs memberikan keberhasilan tidak hanya terhadap penghambatan pertumbuhan patogen, tetapi juga memiliki kemampuan memfasilitasi kolonisasi akar, meningkatkan kemampuan penyebaran agen biokontrol dan meningkatkan kemampuan potensial ketahanan tanaman (Ongena & Jacques, 2008; Arguelles-Arias *et al.*, 2009; Jourdan *et al.*, 2009). Yanti *et al.* (2013) melaporkan isolat rizobakteri dari perakaran kedelai (isolat P14Rz1.1) merupakan isolat terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai dengan efektivitas 20,47%. Isolat P14Rz1.1 merupakan *Bacillus thuringiensis* TS2 (Habazar *et al.*, 2011).

Untuk mempertahankan hidupnya dalam jangka waktu yang panjang pada kondisi optimal secara berkelanjutan dan mudah diaplikasikan dalam perbanyakan massal, isolat rizobakteri perlu diformulasi. Bahan formula yang dapat digunakan dalam formulasi agen hayati adalah tepung tapioka, tepung talk, tanah gambut, limbah padat tahu dan minyak nabati (Bashan *et al.*, 2014). Menurut Ardakani *et al.* (2010) bahan pembawa organik dan anorganik dapat meningkatkan kestabilan dan efektivitas agen hayati untuk pengendalian penyakit tanaman. Aktivitas biokontrol *B. megaterium* B1301 yang diformulasi dalam tepung jagung baik untuk pengendalian layu bakteri oleh *Ralstonia solanacearum* ras 4 pada jahe. Tepung tapioka

merupakan bahan pembawa terbaik untuk formulasi *Pseudomonas fluorescens* (Advinda, 2009) dan formulasi bakteri rizoplan untuk mengendalikan *X. axonopodis* pv. *alii* pada bawang merah (Farlina *et al.*, 2009). Vidhyasekaran *et al.* (1997) melaporkan *P. fluorescens* yang diformula dalam tepung talk masih tetap efektif sampai 6 bulan penyimpanan pada suhu ruang, karena memiliki kelembaban yang sangat rendah dan relatif hidropobik, sehingga memiliki periode penyimpanan lebih lama. Penyakit hawar daun bakteri pada kapas yang disebabkan oleh bakteri *Xam* dengan bentuk formulasi cair dan tepung talk (Rajendran *et al.*, 2006) dan penyakit karat pada kedelai (Priyatno *et al.*, 2007).

Pembahasan mengenai formulasi *Bacillus* spp. semakin ekspansif sekaligus terbatas ketika dilihat pada banyaknya literatur mengenai formulasi *B. thuringiensis* untuk pengendalian biologis pada serangga dan terbatasnya publikasi spesifik pada formulasi *Bacillus* spp. dalam mengendalikan patogen tanaman (Schisler *et al.*, 2004). Untuk itu, diperlukan informasi mengenai penggunaan bahan pembawa untuk formulasi isolat rizobakteri dan lama penyimpanan yang stabil untuk pengendalian penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formula isolat rizobakteri yang efektif dan stabil dalam mengendalikan penyakit pustul bakteri, serta mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai pada skala rumah kaca.

METODE PENELITIAN

Tempat dan Waktu. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi Program Studi Proteksi Tanaman dan Rumah Kaca Fakultas Pertanian Universitas Andalas. Penelitian berlangsung mulai bulan Februari sampai Oktober 2012.

Formulasi Isolat Rizobakteri Unggul. Pengujian formula secara *in vitro* di laboratorium dan *in planta* di rumah kaca menggunakan faktorial dalam rancangan acak lengkap (RAL) dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor I adalah jenis bahan pembawa (tepung tapioka, gambut, limbah padat tahu), dan faktor II adalah lama penyimpanan (0, 2, 4, 6 dan 8 minggu). Isolat PL4RZ1.1 (*Bacillus thuringiensis* TS2) yang merupakan isolat paling efektif dalam mengendalikan penyakit pustul bakteri dan meningkatkan pertumbuhan pada tanaman kedelai.

Isolat Rizobakteri indigenus (RBI) *B. thuringiensis* TS2 diformulasi dalam bentuk padat, isolat tersebut diremajakan dalam medium Nutrient Agar (NA)

selama 24 jam, kemudian 1 koloni tunggal dipindahkan ke dalam 25 ml medium *Nutrient Broth* (*preculture*) dan diinkubasi pada *shaker* dengan kecepatan 250 rpm selama 24 jam. Selanjutnya 5 ml suspensi dari *preculture* dipindahkan ke dalam 500 ml air kelapa dalam labu Erlenmeyer dan diinkubasi pada *shaker* selama 2 x 24 jam (*mainculture*) (Yanti & Resti, 2010). Bahan pembawa *B. thuringiensis* TS2 (tapioka, gambut dan limbah padat tahu) disterilkan pada suhu 100 °C. Bahan aditif yang digunakan adalah sukrosa 5%. Semua komposisi formula yang diuji dicampur secara homogen, 50 g campuran formula dimasukkan dalam kantong plastik tahan panas dan disterilkan pada suhu 120 °C. Selanjutnya bahan formula diinokulasi dengan isolat RBI unggul (kepadatan populasi 10⁸ CFU/g). Formula (Gambar 1) tersebut diuji viabilitasnya dengan lama penyimpanan yang berbeda (0, 2, 4, 6 dan 8 minggu).

Pengujian Kestabilan Formula *B. thuringiensis* TS2 di Rumah Kaca. Dalam tahap ini formula 3 formulasi isolat RBI (tepung tapioka, gambut dan limbah padat tahu) dengan lama penyimpanan 0, 2, 4, 6 dan 8 minggu diuji kemampuannya mengimunitasi kedelai terhadap penyakit pustul bakteri di rumah kaca. *B. thuringiensis* TS2 diintroduksi 2x, yaitu: 1) Pada benih, formula *B. thuringiensis* TS2 dilarutkan dalam air (1:100), kemudian benih kedelai direndam dalam suspensi tersebut dan dikeringanginkan selama 15 menit. Benih kedelai ditanam dalam polybag dengan medium tanam 5 kg campuran pupuk kandang dan tanah steril (2:1 v/v); 2). Pada tanaman kedelai muda umur 3 minggu, suspensi formula isolat RBI disiramkan di sekeliling batang dengan jarak 3 cm. Tanaman kedelai diinokulasi dengan *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* umur 1 bulan melalui pelukaan pada permukaan bawah daun, kemudian dioles dengan suspensi bakteri (kepadatan populasi 10⁶ CFU/ml). Untuk menjaga kelembaban, tanaman kedelai yang telah diinokulasi disungkup dengan plastik bening. Tanaman dipelihara dengan pemberian pupuk, penyiangan gulma, pembumbunan.

Peubah yang diamati adalah: viabilitas isolat *B. thuringiensis* TS2 dalam formula, perkembangan penyakit (masa inkubasi dan insidensi penyakit dan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, saat muncul bunga, saat muncul polong dan hasil). Persentase daun terserang dihitung berdasarkan persentase jumlah daun yang terserang *Xag* terhadap jumlah total daun). Intensitas daun dan polong terserang dihitung berdasarkan persentase luas bercak serangan *Xag* terhadap luas total daun ataupun polong yang diamati. Seluruh parameter pertumbuhan tanaman dan perkembangan penyakit dihitung efektivitas tiap perlakuan terhadap kontrol dengan menggunakan rumus efektivitas $E = \frac{(\text{Perlakuan} - \text{kontrol})}{\text{kontrol}} \times 100\%$ (untuk parameter tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, bobot kering dan bobot basah, masa inkubasi) dan $E = \frac{(\text{kontrol} - \text{Perlakuan})}{\text{kontrol}} \times 100\%$ (untuk pengamatan muncul bunga pertama, persentase daun terserang, intensitas daun dan polong terserang) (Yanti et al., 2013).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Viabilitas Formula Isolat RB. Viabilitas isolat RBI terpilih (hasil pengujian di rumah kaca) yang diformulasi dalam berbagai agen pembawa (tepung tapioka, gambut dan limbah padat tahu) menunjukkan stabilitas setelah disimpan sampai 8 minggu (Tabel 1). Hasil penelitian ini hampir sama dengan penelitian Habazar et al. (2008) yang memformulasi isolat RBI dari rizosfer bawang merah dengan bahan pembawa gambut tergolong lebih stabil dibanding air kelapa, tapioka dan tepung talk. Sedangkan hasil penelitian Advinda (2009) menunjukkan bahan pembawa berupa tepung tapioka mempunyai kepadatan populasi yang cukup tinggi setelah disimpan 6 minggu yaitu 1,4 x 10¹³ cfu/ml, dan sedikit terjadi penurunan populasi menjadi 5,3 x 10¹² cfu/ml setelah 8 minggu.

Bahan pembawa rizobakteri (*Pseudomonas fluorescens*) yang pertama kali dikenal adalah tepung



Gambar 1. Formula isolat *B. thuringiensis* TS2; (A) Gambut, (B) Tapioka, (C) Limbah padat tahu

talk (mineral alami dengan rumus kimia $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$). Tepung talk memiliki kelembaban yang sangat rendah dan relatif hidropobis, sehingga memungkinkan sebagai bahan pembawa RB dengan periode penyimpanan yang lebih lama. Dandurand *et al.* (1994) dalam Nakkeeran *et al.* (2005) mengemukakan bahan pembawa dengan ukuran partikel lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaannya, sehingga bakteri dapat terlindung dari kekeringan. Penggunaan tepung tapioka sebagai bahan pembawa dalam penelitian ini ternyata kemampuannya sama dengan tepung talk, karena kondisi fisiknya hampir mirip dengan tepung talk, sehingga dapat digunakan sebagai bahan pembawa isolat rizobakteri. Penggunaan tepung tapioka sebagai bahan pembawa juga telah dilaporkan Habazar *et al.* (2008, 2009) yang menunjukkan kemampuan yang sama dengan tepung talk. Martinez-Alvarez *et al.*, (2016) juga menunjukkan bahwa formulasi berbasis tepung *B. cereus* strain B25 memiliki kemampuan yang baik untuk menjaga viabilitas formulasi, meningkatkan kemampuan pelekatan dan peningkatan jumlah spora *B. cereus* yang berkecambah, serta bersifat antagonis terhadap *Fusarium verticilloides*.

Hasil penelitian ini juga menunjukkan bahwa formula gambut memiliki kemampuan paling rendah dalam menjaga viabilitas bakteri. Gambut mudah digunakan namun tidak selalu tersedia, disamping itu gambut mengandung materi pengkontaminan, sehingga perlu disterilisasi panas untuk membebaskan substansi

yang bersifat racun terhadap bakteri dan mengurangi kemampuan hidupnya (Bashan, 1998 dalam Nakkeeran *et al.*, 2005).

Introduksi Formula *B. thuringiensis* TS2 pada Tanaman Kedelai untuk Pengendalian Penyakit Pustul Bakteri

Perkembangan Penyakit Pustul Bakteri.

Formula *B. thuringiensis* TS2 dengan berbagai bahan pembawa dan disimpan sampai 8 minggu, setelah diintroduksi pada benih kedelai menunjukkan kemampuan yang relatif stabil dalam menekan perkembangan penyakit pustul bakteri. Umumnya formula isolat RBI yang diintroduksi pada tanaman kedelai mampu menghambat perkembangan penyakit pustul bakteri (Tabel 2). Masa inkubasi Xag pada tanaman kedelai yang diintroduksi dengan formula *B. thuringiensis* TS2 menunjukkan penekanan masa inkubasi lebih baik (7,33-11,00 hsi) dibanding dengan kontrol (6 hsi) dengan efektivitas berkisar antara 13,34-70,02%. Masa inkubasi Xag yang paling lama adalah pada tanaman kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 dalam formula tepung tapioka yang disimpan selama 0 minggu (11,00 hsi) dengan efektivitas 70,02%. Intensitas serangan penyakit pustul bakteri pada daun kedelai yang diintroduksi dengan beberapa formula *B. thuringiensis* TS2 bervariasi antara 6,33-17,00% dengan efektivitas 17,99-69,45%. Formula isolat RBI yang terbaik dalam menekan perkembangan penyakit

Tabel 1. Kepadatan populasi *B. thuringiensis* TS2 dalam formula berbeda dan disimpan dalam waktu yang berbeda (CFU/g/ml)

Formula	Lama penyimpanan	Kepadatan populasi (10^7)
Tepung tapioka (A)	0	5,07 a
	2	4,50 b
	4	3,97 cd
	6	3,07 gh
	8	2,67 i
Gambut (B)	0	4,63 b
	2	4,03 c
	4	3,47 ef
	6	2,77 hi
	8	1,67 j
Limbah padat tahu (C)	0	4,17 c
	2	3,37 efg
	4	3,67 de
	6	3,33 fg
	8	2,93 hi

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata menurut LSD pada taraf 5%

Tabel 2. Perkembangan penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai yang diintroduksi dengan formula *B. thuringiensis* TS2 di rumah kaca

Formula	Lama penyimpanan (minggu)	Masa inkubasi		Persentase daun terserang		Intensitas daun terserang		Intensitas polong terserang	
		HSI	Efektivitas (%)	%	Efektivitas (%)	%	Efektivitas (%)	%	Efektivitas (%)
A	0	11,00 a	70,02	19,00 h	29,79	6,33 g	69,45	14,33 i	42,51
A	2	10,33 abc	59,71	19,67 gh	27,32	9,00 g	56,58	19,00 efgh	23,79
A	4	9,67 bcd	49,41	20,00 gh	26,09	12,33 f	40,50	18,00 fgh	27,80
A	6	9,33 cde	44,26	21,33 fg	21,16	13,67 ef	34,07	18,33 efgh	26,46
A	8	9,67 bcd	49,41	22,67 ef	16,24	15,00 def	27,64	17,67 gh	29,13
B	0	8,33 ef	28,80	19,00 h	29,79	13,33 ef	35,68	19,33 defgh	22,45
B	2	9,00 de	39,10	21,67 fg	19,93	16,67 cd	19,60	20,00 defgh	19,78
B	4	9,00 de	39,10	24,67 cde	8,84	17,00 cd	17,99	20,00 defgh	19,78
B	6	9,00 de	39,10	25,00 bcd	7,61	17,00 cd	17,99	20,67 cdef	17,10
B	8	10,67ab	64,86	25,00 bcd	7,61	14,67 def	29,25	19,33 defgh	22,45
C	0	9,00 de	39,10	25,00 bcd	7,61	12,67 f	38,90	21,00 cde	15,76
C	2	10,33 abc	59,71	25,67 abc	5,15	15,67 de	24,43	22,00 bcd	11,75
C	4	9,00 de	39,10	25,00 bcd	7,61	17,00 cd	17,99	20,33 defg	18,44
C	6	7,67 fg	18,50	24,67 cde	8,84	16,67 cd	19,60	17,33 h	30,47
C	8	7,33 fgh	13,34	23,33 def	13,77	16,00 de	22,82	17,67 gh	29,13
K	0	6,67 gh		26,33 abc		19,33 bc		26,33 a	
K	2	6,67 gh		27,67 a		20,33 b		26,33 a	
K	4	6,33 h		27,33 a		20,00 b		24,00 ab	
K	6	6,33 h		27,00 ab		20,67 ab		24,67 ab	
K	8	6,33 h		27,00 ab		23,33 a		23,33 bc	

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama menunjukkan nilai yang tidak berbeda nyata menurut LSD pada taraf 5%, HSI= hari setelah inokulasi

pustul bakteri adalah formulasi tepung tapioka yang disimpan 0, 2, 4 minggu dan gambut yang disimpan 0 minggu. Intensitas polong terserang Xag pada tanaman yang diintroduksi dengan isolat Rb bervariasi antara 14,33-21,00% dibanding kontrol (24,93%) dengan efektivitas 15,76-42,51%. Hasil penelitian yang sama telah dilaporkan Habazar *et al.* (2008) bahwa tanaman bawang merah yang diintroduksi dengan isolat JB2sktE1 yang diformulasi dengan tepung tapioka (7,80%) mempunyai efektivitas 71,25%. Hasil penelitian Monteiro *et al.* (2005) menunjukkan bahwa formula yang difermentasi oleh *B. megaterium* pv. *cerealis* dan *B. subtilis* menunjukkan kemampuan mengendalikan *X. campestris* pv. *campestris* pada tanaman cruciferaeae. Menurut Vidhyasekaran (1997), efektivitas formula rizobakteri dalam mengendalikan penyakit tanaman tergantung kepada jenis formula dan lama simpan formula tersebut. Formula tepung talk efektif sampai 6 bulan disimpan dan dapat meningkatkan hasil tanaman di lapangan dan formula gambut efektif sampai 60 hari

disimpan. Sedangkan formula vermiculite, lignite, dan kaolinite masa simpannya lebih singkat.

Pertumbuhan Tanaman Kedelai. Pertumbuhan tanaman kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 umumnya menunjukkan peningkatan dibanding tanaman kontrol, tinggi tanaman meningkat berkisar antara 66,67-84,33 cm dibanding kontrol (61,40 cm) dengan efektivitas 8,58-37,35%, jumlah daun berkisar antara 24,00-60,00 helai dibanding kontrol (23 helai) dengan efektivitas 28,57-48,33%, dan jumlah cabang berkisar antara 6,00-9,00 buah dibanding kontrol (5,33 buah) dengan efektivitas 12,57-68,86% (Tabel 3 dan Gambar 2).

Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sama dengan beberapa penelitian lainnya, antara lain: menurut Chakraborty *et al.* (2012) bioformulasi *B. megaterium* dalam serbuk gergaji, gabah dan limbah teh efektif meningkatkan pertumbuhan teh (tinggi tanaman dan jumlah daun). Habazar *et al.* (2009)

Tabel 3. Pertumbuhan tanaman kedelai setelah diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 di rumah kaca

Formula	Lama penyimpanan (minggu)	Tinggi tanaman		Jumlah daun		Jumlah cabang	
		cm	Efektivitas (%)	Helai	Efektivitas (%)	cabang	Efektivitas (%)
A	0	84,33 a	37,35	48,33 a	32,78	9,00 a	68,86
A	2	82,67 ab	34,64	47,00 a	29,12	8,33 ab	56,35
A	4	81,00 bc	31,92	44,67 ab	22,71	8,00 ab	50,09
A	6	80,33 bc	30,84	42,67 b	17,22	8,00 ab	50,09
A	8	77,33 de	25,95	37,67 c	3,48	8,33 ab	56,35
B	0	75,67 ef	23,24	35,67 cde	-2,01	7,67 bc	43,84
B	2	76,33 ef	24,32	32,67 e	-10,26	7,33 bcd	37,59
B	4	80,00 bcd	30,29	32,00 ef	-12,09	6,67 cde	25,08
B	6	79,67 cd	29,75	26,00 g	-28,57	6,67 cde	25,08
B	8	76,00 ef	23,78	28,33 fg	-22,16	6,00 ef	12,57
C	0	75,00 ef	22,15	33,67 de	-7,51	6,33 def	18,82
C	2	73,67 fg	19,98	32,33 e	-11,17	6,33 def	18,82
C	4	72,00 g	17,26	35,00 cde	-3,85	6,00 ef	12,57
C	6	66,67 h	8,58	35,00 cde	-3,85	6,33 def	18,82
C	8	66,67 h	8,58	34,67 cde	-4,76	6,67 cde	25,08
K	0	61,00 i		35,67 cde		5,67 efg	
K	2	62,67 i		35,67 cde		5,33 fg	
K	4	61,67 i		37,00 cd		5,33 fg	
K	6	61,00 i		35,67 cde		4,67 g	
K	8	60,67 i		38,00 c		5,67 efg	

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut LSD pada taraf 5 %. A = Tepung tapioka, B = Gambut, C = Limbah padat tahu, K = Kontrol.

melaporkan bahwa tanaman jahe kultivar Gajah yang diintroduksi dengan formula beberapa isolat RBI menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman (tinggi, jumlah daun dan anakan) dibanding kontrol di rumah

kaca. Bustamam (2006) melaporkan bahwa penggunaan mikroba antagonis (jamur, bakteri) dari *suppressive soil* pada areal pertanaman jahe yang endemik penyakit layu bakteri dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman jahe.



Gambar 2. Perbandingan pertumbuhan kedelai yang diintroduksi dengan formula *B. thuringiensis* TS2 (J) dengan kontrol (P)

Tabel 4. Waktu muncul bunga dan hasil tanaman kedelai setelah diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2

Formula	Lama penyimpanan (minggu)	Muncul bunga		Berat basah biji		Berat kering biji	
		HST	Efektivitas (%)	g	Efektivitas (%)	g	Efektivitas (%)
A	0	38,33 h	9,74	24,53 a	131,01	17,59 a	118,54
A	2	43,67 ab	-2,82	21,34 bc	100,94	16,17 ab	100,89
A	4	40,67 fg	4,25	22,00 b	107,16	16,42 ab	103,95
A	6	41,67 cdefg	1,89	21,48 b	102,26	16,36 ab	103,22
A	8	38,33 h	9,74	19,76 cd	86,10	14,80 bc	83,86
B	0	38,00 h	10,53	16,63 f	56,59	13,09 cd	62,59
B	2	41,00 efg	3,46	16,82 f	58,41	13,07 cd	62,41
B	4	40,33 g	5,03	16,96 ef	59,67	13,30 cd	65,27
B	6	41,33 defg	2,68	14,00 gh	31,83	10,68 e	32,62
B	8	42,67 abcde	-0,46	12,73 ghi	19,84	10,39 e	29,13
C	0	44,33 a	-4,39	17,67 ef	66,42	12,74 d	58,26
C	2	42,00 bcdefg	1,11	18,47 de	73,95	14,18 cd	76,17
C	4	43,00 abcd	-1,25	14,23 g	33,96	10,70 e	32,84
C	6	43,33 abc	-2,03	14,02 gh	32,05	10,51 e	30,56
C	8	43,33 abc	-2,03	12,52 hi	17,86	9,39 ef	16,65
K	0	41,67 cdefg		10,74 j		8,02 f	
K	2	42,00 bcdefg		11,49 ij		8,56 f	
K	4	43,00 abcd		10,73 j		8,20 f	
K	6	43,33 abc		9,97 j		7,67 f	
K	8	42,33 bcdef		10,15 j		7,81 f	

Angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut LSD pada taraf 5 %. A = Tepung tapioka, B = Gambut, C = Limbah padat tahu, K = Kontrol; HST = hari setelah tanam.

Perkembangan Muncul Bunga dan Hasil Kedelai.

Hampir semua formula *B. thuringiensis* TS2 mampu mempercepat perkembangan saat muncul bunga serta meningkatkan hasil tanaman kedelai (Tabel 4). Saat muncul bunga pada tanaman kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 berkisar antara 38,00-42,67 hari dibandingkan kontrol (42,47 hari), dengan efektivitas -4,39-10,53%. Berat basah biji kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 berkisar antara 12,52-24,53 g/rumpun dibandingkan kontrol (10,62 g/rumpun), dengan efektivitas 17,86-131,01%. Berat kering biji kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 berkisar antara 9,39-17,59 g/rumpun dibandingkan kontrol (8,05 g/rumpun), dengan efektivitas 16,65-118,54%. Formula yang terbaik dalam memacu mempercepat munculnya bunga serta meningkatkan hasil kedelai adalah diformulasi dengan tepung tapioka dan disimpan 0 minggu. Hasil penelitian ini berbeda dengan Habazar *et al.* (2008) yang melaporkan bahwa isolat JmIIRp yang diformulasi dengan gambut dan diintroduksi pada bawang merah menunjukkan hasil yang tertinggi (108 g/rumpun atau 17,41 ton/ha) dengan peningkatan 146,69 % dan JmIIRp yang diformulasi dengan tapioka (90,55 g/rumpun atau 14,49 ton/ha) dengan efektivitas 105,33 % dibanding kontrol (44,10 g/rumpun atau 7,06 ton/ha). Hasil penelitian Basu (2014) menunjukkan peningkatan hasil cabai yang cukup signifikan dengan perlakuan formulasi *P. fluorescens* dibanding kontrol dan bakterisida serta mampu mengendalikan penyakit layu bakteri *Ralstonia solanacearum*.

SIMPULAN

Viabilitas *B. thuringiensis* TS2 yang diformulasi dalam berbagai agen pembawa (gambut, tapioka dan limbah padat tahu) bersifat stabil setelah disimpan sampai 8 minggu. Formula *B. thuringiensis* TS2 dengan berbagai bahan pembawa dan disimpan sampai 6 minggu setelah diintroduksi pada benih kedelai menunjukkan kemampuan yang relatif stabil dalam menekan perkembangan penyakit pustul bakteri. Hampir semua tanaman kedelai yang diintroduksi dengan beberapa formula *B. thuringiensis* TS2 menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman, formula yang terbaik adalah formula tepung tapioka pada penyimpanan 0 minggu.

SANWACANA

Penelitian ini dibiayai oleh DP2M DIKTI DEPDIKNAS melalui Hibah Kompetensi Tahun 2012 dengan Kontrak No. 063/UN.16/PL/Hikom/2012. Untuk itu tim peneliti menyampaikan banyak terimakasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Advinda L. 2009. Tanggap Fisiologis Tanaman Pisang yang Diintroduksi dengan Formula *Pseudomonas* Fluoresen Terhadap *Blood Disease Bacteria* (BDB). [Tesis]. Program Pascasarjana Univ. Andalas. Padang.
- Ardakani SS, Heydari A, Khorasani N, & Arjmandi R. 2010. Development of new bioformulations of *Pseudomonas fluorescens* and evaluation of these products against damping-off of cotton seedlings. *J. Plant Pathol.* 92(1): 83–88.
- Arguelles-Arias A, Ongena M, Halimi B, Lara Y, Brans A, Joris B, & Fickers P. 2009. *Bacillus amyloliquefaciens* GA1 as a source of potent antibiotics and other secondary metabolites for biocontrol of plant pathogens. *Microbial Cell Factories* 8(1): 63.
- Bashan Y, de-Bashan LE, Prabhu SR, & Hernandez JP. 2014. Advances in plant growth-promoting bacterial inoculant technology: formulations and practical perspectives (1998–2013). *Plant Soil* 378(1): 1–33.
- Bustamam H. 2006. Seleksi mikroba rizosfer antagonis terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman jahe di lahan tertindas. *Jurnal Ilmu-Ilmu Pertanian Indonesia* 8(1):12–18.
- Chakraborty U, Chakraborty BN, & Chakraborty AP. 2012. Induction of plant growth promotion in *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium* and its bioformulations. *World J. Agr. Sci.* 8(1): 104–112.
- Farlina R, Habazar T, & Yanti Y. 2009. Stabilitas beberapa formula isolat bakteri rizoplan dalam penyimpanan dan kemampuannya menekan penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *alii*) pada tanaman bawang merah. *Mangaro* 10(2): 49–54.
- Habazar T, Nasrun, Jamsari, Rusli I, Ernita M, Irfandri, Resti Z, & Yanti Y. 2009. Introduction of rhizobacteria indigenous strains from healthy onion rhizosphere to control *Xanthomonas* leaf blight disease on onion. *International Seminar and Workshop Biodiversity, Biotechnology, and Crop Production*. Padang (ID): PBPI Komisariat Sumatera Barat.

- Habazar T, Yanti Y, & Resti Z. 2011. Pengembangan teknik penapisan rizobakteria indigenus secara in planta untuk pengendalian bakteri patogen tanaman. *Laporan Hasil Penelitian Hibah Kompetensi Tahun 2011*.
- Habazar T, Nasrun, Jamsari, & Rusli I. 2008. penyebaran penyakit hawar daun bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *alii*) pada bawang merah dan upaya pengendaliannya melalui imunisasi menggunakan rhizobakteria. *Laporan Hasil Penelitian KKP3T BALITBANG PERTANIAN*.
- Habazar T, Yanti Y, & Resti Z. 2010. Pengembangan teknik penapisan rizobakteria indigenus secara in planta untuk pengendalian bakteri patogen tanaman. *Laporan Akhir Penelitian Tahun I Hibah Kompetensi, DP2M DIKTI*.
- Hassan MN, Osborn AM, & Hafeez FY. 2010. Molecular and biochemical characterization of surfactin producing *Bacillus* species antagonistic to *Colletotrichum falcatum* Went causing sugarcane red rot. *Afr. J. Microbiol. Res.* 4(20): 2137–2142.
- Hu HQ, Li XS, & He H. 2010. Characterization of an antimicrobial material from a newly isolated *Bacillus amyloliquefaciens* from mangrove for biocontrol of Capsicum bacterial wilt. *Biol. Control* 54(3): 359–365.
- Jourdan E, Henry G, Duby F, Dommes J, Barthélemy P, Thonart P, & Ongena M. 2009. Insights into the defense-related events occurring in plant cells following perception of surfactin-type lipopeptide from *Bacillus subtilis*. *Mol. Plant-Microbe Interact.* 22(4): 456–468.
- Khaeruni A, Suwanto A, Tjahjono B, & Sinaga MS. 2007. Deteksi cepat penyakit pustul bakteri pada kedelai menggunakan teknik PCR dengan primer spesifik. *HAYATI J. Bioscience.* 14(2): 76-80.
- Monteiro L, Mariano RdLR, & Souto-Maior AM. 2005. Antagonism of *Bacillus* spp. against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Braz. Arch. Biol. Technol.* 48(1): 23–29.
- Mueller JD. 2010. Soybean Disease Control. http://www.clemson.edu/edisto/soybeans/disease_control/. [18 Juni 2011].
- Nakkeeran S, Fernando WGD, & Siddiqui ZA. 2005. Plant Growth Promoting Rhizobacteria Formulations and its Scope in Commercialization for the Management of Pests and Diseases. In: Z.A. Siddiqui (Ed.), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*. pp 257–296. Springer, Dordrecht, The Netherlands
- Ongena M & Jacques P. 2008. *Bacillus lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol.* *Trends Microbiol.* 16(3): 115–125.
- Perez-Garcia A, Romero D, & de Vicente A. 2011. Plant protection and growth stimulation by microorganisms: biotechnological applications of Bacilli in agriculture. *Curr. Opin. Biotechnol.* 22(2): 187–193.
- Priyatno TP, Chaerani, Suryadi Y, & Sudjadi M. 2007. Teknik Produksi dan Formulasi Bakteri Kitinolitik untuk Pengendalian Penyakit Karat Kedelai. Balai Penelitian Bioteknologi Tanaman Pangan (BPTP), Bogor.
- Rahayu M. 2005. Tanggapan Varietas Kedelai terhadap Penyakit Pustul *Xanthomonas axonopodis* dan Potensi Ekstrak Nabati untuk Pengendaliannya. Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. *Prosiding Seminar Nasional Balai Penelitian Tanaman Kacang-Kacangan dan Umbi-Umbian. Pp.* Balitkabi, Malang.
- Rajendran L, Saravanakumar D, Ragunchander T, & Samiyappan R. 2006. Endophytic bacterial induction of defence enzymes againsts bacterial blight of cotton. Department of Plant Pathology, Centre for Plant Protection Studies, Tamil Nadu Agriculture University, Coimbatore-641003, Tamil Nadu, India.
- Rukayadi Y, Suwanto A, Tjahjono B, & Harling R. 1999. Survival and epiphytic fitness of a nonpathogenic mutant of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*. *Appl. Environ. Microbiol.* 66 (3): 1183-1189.
- Schisler DA, Slininger PJ, Behle RW, & Jackson MA. 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for biological control of plant diseases. *Phytopathology* 94 (11): 1267–1271.
- Semangun H. 1990. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta. Gadjah Mada University Press.

- Shu-Bin L, Mao F, Ren-Chao Z, & Juan H. 2012. Characterization and evaluation of the endophyte *Bacillus* B014 as a potential biocontrol agent for the control of *Xanthomonas axonopodis* pv. *dieffenbachiae* - induced blight of Anthurium. *Biol. Control*. 63(1): 9–16.
- Sinclair JB & Backman PA. 1989. *Compendium of Soybean Diseases*. 3rd Ed. The American Phytopathological Society. United States of America.
- Stein T. 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Mol. Microbiol*. 56(4): 845–857.
- Sweets L. 2010. Soybean Foliage Diseases may Begin to Show Up. Vol. 20, No. 13. <http://ppp.missouri.edu/newsletters/ipcm/archives/v20n13/a1.pdf> [24 Juni 2011].
- Vidhyasekaran P, Sethuraman K, Rajappan K, & Vasumathi K. 1997. Powder formulations of *Pseudomonas fluorescens* to control pigeonpea wilt. *Biol. Control* 8(3):166–171.
- Yanti Y, Habazar T, Resti Z, & Suhalita D. 2013. Penapisan isolat rizobakteri dari perakaran tanaman kedelai yang sehat untuk pengendalian penyakit pustul bakteri (*Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*). *J. HPT. Tropika* 13(1): 24–34.
- Yanti Y & Resti Z. 2010. Induksi Ketahanan Tanaman Bawang Merah dengan bakteri rhizoplan indigenos terhadap penyakit hawar daun bakteri (*xanthomonas axonopodis* pv *allii*). *Dalam* Soesanto L, Mugiastuti E, Rahayuniati RF & Manan A (Eds). *Prosiding Seminar Nasional Pengelolaan OPT Ramah Lingkungan Purwokerto*, 10-11 November 2010. Hal. 235–241.