

Formula Rhizobakteria *Bacillus thuringiensis* TS2 untuk Mengendalikan Penyakit Pustul pada kedelai

Yulmira Yanti, Trimurti Habazar, dan Zurai Resti

Fakultas Pertanian UNAND Kampus Limau Manih, Padang 25163

E-mail: yy.anthie79@gmail.com

ABSTRAK

Penyakit pustul bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* merupakan penyakit utama pada tanaman kedelai. Rizobakteria indigenus *Bacillus thuringiensis* TS2 dari rizosfer kedelai hasil penelitian sebelumnya merupakan isolat unggul yang mampu mengendalikan penyakit pustul kedelai dan meningkatkan pertumbuhan. Untuk meningkatkan stabilitas dan interaksinya dengan tanaman kedelai, selanjutnya *Bacillus thuringiensis* TS2 penting untuk diformulasi dengan bahan pembawa tepung tapioka, gambut dan limbah padat tahu serta diketahui lama penyimpanan formula paling efektif. Umumnya semua formula rhizobakteria mampu menurunkan kejadian penyakit pustul bakteri dibanding tanaman kontrol. Ketiga formula mampu meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah ranting, dan hasil tanaman. Saat munculnya bunga lebih cepat 1–8 hari dibanding kontrol. Tingkat penurunan penyakit dan peningkatan pertumbuhan tanaman bervariasi pada formulasi yang berbeda.

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

ABSTRACT

Formulations of Rhizobacteria *Bacillus thuringiensis* TS2 to Control Bacterial Pustule Disease on Soybean. Bacterial pustule cause by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* is a major constraint in soybean cultivation. Indigenous rhizobacteria *Bacillus thuringiensis* TS2 from soybean rhizosphere from previous research are best isolates which can control soybean bacterial pustule disease and increase soybeans' growth rate. To increase stability and interaction with soybean plants, furtherly *Bacillus thuringiensis* TS2 urged to test the formulation with based formula tapioca poder, peat and bulk and their most effective storage time. All rhizobacterial formula have ability to decrease incidence of bacterial pustule disease compared to control. All the three formula can increase plant growth, total of leaves, total of branch and yields. Flowering time was by 1–8 days faster than control. Decreasing rate of disease and increasing rate of plant growth varied between different formulations.

Keywords: bacterial pustule, rhizobacterial indigenus, formulation, induced resistance

PENDAHULUAN

Kedelai adalah tanaman pangan yang memiliki nilai ekonomis dan kandungan gizi yang tinggi (Firmanto 2011). Produktivitas kedelai di Indonesia berfluktuasi, pada tahun 2010 mencapai 1,38 ton/ha, kemudian tahun 2011 menurun menjadi 1,37 t/ha, tahun 2012 mencapai 1,49 t/ha kemudian tahun 2013 menurun 1,42 t/ha (BPS 2015). Produktivitas kedelai optimal dapat mencapai 2,00–3,50 t/ha (Adisarwanto 2009). Salah satu faktor yang menyebabkan penurunan produktivitas adalah akibat infeksi patogen seperti penyakit pustul bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (*Xag*). Penyakit pustul bakteri telah tersebar di Indonesia, seperti 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) serta dapat menurunkan produktivitas kedelai hingga 57,61% pada inang yang rentan dan kondisi lingkungan yang mendukung (Kaewnum *et al.* 2005).

Usaha pengendalian penyakit pustul bakteri telah dilakukan seperti penggunaan varietas tahan (Semangun 1990), bakterisida (Sinclair dan Backman) pergiliran tanaman dengan tanaman yang bukan inangnya, tidak menanam saat pada musim hujan (Sweets, 2010), dan memusnahkan sisa tanaman sakit (Mueller 2010), namun *Xag* masih tetap menginfeksi 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 dalam jaringan sehat tanaman telah diterapkan sebagai alternatif pengendalian yang menjanjikan dibandingkan dengan pestisida kimia dan lebih baik digunakan dalam pengelolaan tanaman (Shu-Bin *et al.* 2012). Bakteri dari genera *Bacillus* merupakan agens biokontrol yang paling banyak digunakan dan memiliki karakteristik paling baik karena keefektifannya 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 agensia hayati dan meningkatkan kemampuan potensial ketahanan tanaman (Ongena dan Jacques 2008; Arguelles-Arias *et al.* 2009; Jourdan *et al.* 2009). Yanti *et al.* (2013) melaporkan bahwa isolat rizobakteri dari perakaran kedelai (isolat P14Rz1.1) merupakan isolat terbaik dalam meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai dengan efektivitas 20,47%. Isolat P14Rz1.1 diidentifikasi sebagai *Bacillus thuringiensis* TS2 (Habazar *et al.* 2011).

Untuk mempertahankan hidupnya dalam jangka panjang pada kondisi optimal, serta mudah diaplikasi dan diperbanyak secara massal, isolat rizobakteri perlu diformulasi. Umumnya aplikasi Rb pada kedelai masih dalam bentuk suspensi sel (Yanti, *et al.* 2013), Oleh karena itu, untuk mempertahankan kepadatan populasi Rb agar efektif mengendalikan penyakit dan meningkatkan pertumbuhan tanaman dan hasil, diperlukan formulasi dengan formula yang tepat (Nakkeeran *et al.* 2005). Limbah organik pertanian dan industri dapat digunakan sebagai bahan formula (Vandamme, 2009). Penelitian mengenai formulasi *Bacillus* spp. semakin banyak dilakukan, namun ketersediaan informasi mengenai formulasi *B. thuringiensis* hanya terbatas mengenai pengendalian biologis pada serangga, sedangkan informasi untuk pengendalian patogen masih sedikit (Schisler *et al.*, 2004). Untuk itu, diperlukan informasi penggunaan bahan pembawa untuk memformulasi isolat rizobakteri dan lama penyimpanan yang mampu mempertahankan viabilitas untuk pengendalian penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai. Penelitian ini bertujuan untuk memperoleh formulasi isolat rizobakteri dalam mengendalikan penyakit pustul bakteri dan meningkatkan pertumbuhan kedelai pada skala lapangan.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Mikrobiologi Jurusan Hama dan Penyakit Tumbuhan, Fakultas Pertanian Universitas Andalas, dan di lapangan di Korong Kampuang Baru, Nagari Pungguang Kasiak, Kec. Lubuk Alung. Penelitian dimulai bulan Maret hingga September 2013.

Formulasi *Bacillus thuringiensis* TS2. Pengujian formulasi secara *in vitro* dilakukan di laboratorium dan *in planta* di Korong Kampuang Baru, Nagari Pungguang Kasiak, Kec. Lubuk Alung. menggunakan rancangan acak lengkap faktorial dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor I adalah jenis bahan pembawa (limbah tahu cair, limbah air kelapa, dan limbah air cucian beras), dan faktor II adalah lama penyimpanan (0, 2, 4, 6 dan 8 minggu). *B. thuringiensis* TS2 yang digunakan paling efektif mengendalikan penyakit pustul bakteri dan mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai. Kedelai yang digunakan adalah varietas Anjasmoro.

B. thuringiensis TS2 unggul diformulasi dalam bentuk padat, 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 (vol. 1000 ml) dan diinkubasi pada shaker selama 2 x 24 jam (*mainculture*) (Yanti dan Resti 2010). Bahan pembawa *B. thuringiensis* TS2 unggul (limbah tahu cair, limbah air kelapa, dan limbah air cucian beras) disterilkan pada suhu 100 °C selama 1 jam. 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 *B. thuringiensis* TS2 unggul (kepadatan populasi 10⁸ CFU/g). Formula tersebut diuji viabilitasnya setelah lama penyimpanan yang berbeda (0, 2, 4, 6 dan 8 minggu).

Pengujian kestabilan formula *B. thuringiensis* TS2 di lapangan. Dalam tahap ini tiga formulasi *B. thuringiensis* TS2 (limbah tahu cair, limbah air kelapa, dan limbah air cucian beras) dengan lama penyimpanan 0, 2, 4, 6 dan 8 minggu diuji kemampuannya mengimunitasi kedelai dari penyakit pustul bakteri di rumah kaca. *B. thuringiensis* TS2 diintroduksi dua kali, 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 *B. thuringiensis* TS2 disiramkan di sekeliling batang dengan jarak 3 cm. Tanaman kedelai diinokulasi dengan *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* pada 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, penyiangian gulma, dan pembumbunan.

Peubah yang diamati adalah: viabilitas *B. thuringiensis* TS2 dalam bentuk formulasi, perkembangan penyakit (masa inkubasi, persentase daun terserang, intensitas daun terserang dan intensitas polong terserang) dan pertumbuhan tanaman (tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, muncul bunga, bobot basah biji, dan bobot kering biji).

Nilai efektivitas dihitung untuk mengetahui persentase perubahan parameter yang diberi perlakuan terhadap kontrol. Efektivitas dihitung berdasarkan rumus Sivan dan Chet (1986):

$$E = \frac{P - K}{K} \times 100\%$$

Di mana: E = Efektivitas, P = Perlakuan dan K = Kontrol.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Viabilitas Formula *B. thuringiensis* TS2

Viabilitas *B. thuringiensis* TS2 terpilih (hasil pengujian di rumah kaca) yang diformulasi dalam berbagai bahan pembawa (limbah tahu cair, limbah air kelapa, dan limbah air cucian beras) menunjukkan stabilitas setelah disimpan sampai 8 minggu (Tabel 1). Hasil penelitian ini hampir sama dengan penelitian Habazar *et al.* (2008) yang memformulasi *B. thuringiensis* TS2 dari rizosfer bawang merah dengan bahan air kelapa dibanding tapioka dan talkum. Hasil penelitian Advinda (2009) menunjukkan bahan pembawa tepung tapioka mempunyai kepadatan populasi yang cukup tinggi setelah disimpan 6 minggu yaitu $1,4 \cdot 10^{13}$ cfu/ml, dan sedikit terjadi penurunan populasi menjadi $5,3 \cdot 10^{12}$ cfu/ml setelah 8 minggu.

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^{11})
A	0	
A	2	4,60 b
A	4	4,17 cd
A	6	3,37 gh
A	8	2,97 i
B	0	4,78 b
B	2	4,25 c
B	4	3,76 ef
B	6	2,89 hi
B	8	1,86 j
C	0	4,34 c
C	2	3,56 efg
C	4	3,91 de
C	6	3,52 fg
C	8	3,21 hi

Keterangan: A=limbah tahu cair, B= limbah air kelapa, dan C= limbah air cucian beras.

Angka-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut LSD pada taraf 5%.

Bahan pembawa rizobakteri (*Pseudomonas fluorescens*) yang pertama kali dikenal adalah talkum (mineral alami dengan rumus kimia $Mg_3Si_4O_{10}(OH)_2$). Dandurand *et al.* (1994 cit Nakkeeran *et al.* 2005) mengemukakan bahan pembawa dengan ukuran partikel lebih kecil dapat meningkatkan luas permukaannya, sehingga bakteri dapat terlindung dari kekeringan. Penggunaan limbah cair sebagai bahan pembawa dalam penelitian ini menunjukkan kemampuan yang cukup baik, karena bakteri dapat terjaga suplai nutrisi dan

airnya. Formula air beras memiliki kemampuan paling rendah dalam menjaga viabilitas bakteri.

Introduksi Formula *B. thuringiensis* TS2 untuk pengendalian Pustul Bakteri

Perkembangan penyakit pustul bakteri. Formulasi *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. Formula *B. thuringiensis* TS2 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 hampir sama (7,33–11,00 Hsi) 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 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 *B. thuringiensis* TS2 yang terbaik dalam menekan perkembangan penyakit 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 *B. thuringiensis* TS2 bervariasi antara 14,33–21,00%. Pada perlakuan kontrol, intensitas polong terserang mencapai 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%) menunjukkan efektivitas 71,25%. Hasil penelitian Monteiro *et al.* (2005) menunjukkan 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 bergantung pada jenis dan lama simpan formula tersebut. Formula talkum efektif disimpan sampai 6 bulan dan dapat meningkatkan hasil tanaman di lapangan Formula gambut efektif disimpan sampai 60 hari, sedangkan formula vermiculite, lignite, dan kaolinite memiliki masa simpan yang lebih singkat.

Pertumbuhan Kedelai. Pertumbuhan tanaman kedelai yang diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 umumnya menunjukkan peningkatan dibanding tanaman kontrol. Tinggi tanaman meningkat 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) Formula *B. Thuringiensis* TS2 terbaik dalam meningkatkan semua peubah pertumbuhan tanaman kedelai adalah formula tepung tapioka yang disimpan 0, dan 2 minggu.

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	
		His	Eff (%)	%	Eff (%)	%	Eff (%)	%	Eff (%)
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	10.67 ab	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-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata (BNT 5%). Keterangan: A=limbah tahu cair, B= limbah air kelapa, dan C= limbah air cucian beras, K = Kontrol.

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

Formula	Lama penyimpanan	Tinggi tanaman		Jumlah daun		Jumlah cabang	
		cm	Eff (%)	Helai	Eff (%)	Cabang	Eff (%)
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-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata (BNT 5%). Keterangan: A=limbah tahu cair, B= limbah air kelapa, dan C= limbah air cucian beras, K = Kontrol.

Hasil penelitian ini menunjukkan kecenderungan yang sama dengan beberapa penelitian lainnya. Chakraborty *et al.* (2012) melaporkan bahwa bioformulasi *B. Megaterium* dalam serbuk gergaji, gabah, dan limbah teh efektif meningkatkan pertumbuhan teh (tinggi tanaman dan jumlah daun). Habazar *et al.* (2009) melaporkan tanaman jahe kultivar Gajah yang diintroduksi dengan formula beberapa *B. thuringiensis* TS2 indigenus 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 meningkatkan pertumbuhan tanaman jahe.

Tabel 4. Perkembangan fase generatif dan hasil tanaman kedelai setelah diintroduksi dengan *B. thuringiensis* TS2 indigenus

Formula	Lama penyimpanan Y (minggu)	Muncul bunga		Bobot basah biji		Bobot kering biji	
		hst	Eff (%)	G	Eff (%)	g	Eff (%)
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-angka yang diikuti huruf kecil yang sama pada lajur yang sama adalah berbeda tidak nyata menurut LSD pada taraf 5%. Keterangan: A = Tepung tapioka, B= Gambut, C = Limbah padat tahu, K = Kontrol.

Perkembangan fase generatif dan hasil kedelai. Hampir semua Formulasi *B. thuringiensis* TS2 mampu mempercepat perkembangan fase generatif (saat muncul bunga dan polong) serta meningkatkan hasil 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%. Bobot 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%. Formulasi yang terbaik dalam mempercepat waktu berbunga serta meningkatkan hasil kedelai adalah formulasi dengan air kelapa dan disimpan 0 minggu. Hasil penelitian ini berbeda dengan penelitian 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 t/ha) dengan efektivitas 105,33% dibanding kontrol (44,10 g/rumpun atau 7,06 t/ha).

KESIMPULAN

1. Viabilitas *B. thuringiensis* TS2 terpilih yang diformulasi dalam berbagai agen pembawa (limbah air kelapa, limbah tahu cair dan limbah air cucian beras) menunjukkan stabil setelah disimpan hingga 8 minggu.
2. 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.
3. Hampir semua tanaman kedelai yang diintroduksi dengan formula beberapa *B. thuringiensis* TS2 menunjukkan peningkatan pertumbuhan tanaman, formula yang terbaik adalah formula tepung tapioka pada penyimpanan 0 minggu.
4. Diperlukan penelitian lebih lanjut mengenai formulasi isolat *B. thuringiensis* TS2 untuk mempertahankan efektivitas strain untuk mengendalikan penyakit dan meningkatkan pertumbuhan.

UCAPAN TERIMA KASIH

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 terima kasih.

DAFTAR PUSTAKA

- Adisarwanto, T. 2009. *Kedelai*. Penebar Swadaya: Jakarta.
- Advinda, L. 2009. Tanggap Fisiologis Tanaman Pisang yang Diintroduksi dengan *Pseudomonad fluoresen* terhadap *Blood Disease Bacteria* (BDB). Disertasi. Program Pascasarjana Univ. Andalas. Padang.
- 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* 26, 8–63.
- Badan Pusat Statistik. 2015. *Statistik Indonesia 2015*. Badan Pusat Statistik Indonesia. 670 hlm.
- Bustamam, H. 2006. Seleksi mikroba rizosfer antagonis terhadap bakteri *Ralstonia solanacearum* penyebab penyakit layu bakteri pada tanaman jahe di lahan tertindas. *J. Ilmu-Ilmu Pertanian* 8(1):12–18.
- Chakraborty U, Chakraborty BN, and Chakraborty AP. 2012. Induction of plant growth promotion in *Camellia sinensis* by *Bacillus megaterium* and its bioformulations. *World J. of Agric. Sci.* 8 (1): 104-112. ISSN 1817-3047 © IDOSI Publications, 2012.

- Firmanto, B.H. 2011. *Praktik Bercocok Tanam Kedelai Secara Intensif*. Angkasa: Bandung. 72 hlm.
- 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. *allii*) Pada Bawang Merah dan Upaya Pengendaliannya melalui Imunisasi Menggunakan Rizobakteria. Laporan Hasil Penelitian KKP3T Balitbang Pertanian.
- Habazar, T., Yanti, Y., dan 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, M.N., Osborn, M., Hafeez, F.Y., 2010. Molecular and biochemical characterization of surfactin producing *Bacillus* species antagonistic to *Colletotrichum falcatum* Went causing sugarcane red rot. *African J. of Microbiology Res.* 4 (20), 2137–2142.
- Hu, H.Q., Li, X.S., He, H., 2010. Characterization of an antimicrobial material from a newly isolated *Bacillus amyloliquefaciens* from mangrove for biocontrol of Capsicum bacterial wilt. *Biological Control* 54 (3), 359–365.
- Jourdan, E., Henry, G., Duby, F., Dommès, 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*. *Molecular Plant-Microbe Interactions* 22 (4), 456–468.
- Kaewnum, S., Prathuangwong, S., dan Burr, T. J. 2005. Aggressiveness of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolates to soybean and hypersensitivity responses by other plants. *Plant pathology*, 54(3), 409–415.
- Monteiro, L., Mariano, R.d.L.R., Souto-Maior, A.M., 2005. Antagonism of *Bacillus* spp. Against *Xanthomonas campestris* pv. *campestris*. *Brazilian Arch. of Biol. and Tech.* 48(1): 23–29
- Mueller JD. 2010. Soybean Disease Control. http://www.clemson.edu/edisto/soybeans/disease_control/. [18 Juni 2011].
- Nakkeeran, S, Fernando, W.G.D., Siddiqui, Z.A. 2005. Plant Growth Promoting Rhizobacteria Formulations and Its Scope in Commercialization for the Management of Pests and Diseases Z.A. Siddiqui (ed.), *PGPR: Biocontrol and Biofertilization*, 257-296. ©2005 Springer, Dordrecht, The Netherlands
- Ongena, M., Jacques, P., 2008. *Bacillus* lipopeptides: versatile weapons for plant disease biocontrol. *Trends in Microbiology* 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. *Current Opinion in Biotech.* 22 (2), 187–193.
- 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. <http://balitkabi.litbang.deptan.go.id/images/PDF/Prosiding/seminar2007/proteksi/43mudji%20rahayu.pdf>
- Rukayadi Y, Suwanto A, Tjahjono B & Harling R. 1999. Survival and Epiphytic Fitness of a Nonpathogenic Mutant of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*. *App. Environ. Microbiol.* 66(3): 1183–1189.
- Schisler, D.A., Slininger, P.J., Behle, R.W., dan Jackson, M.A., 2004. Formulation of *Bacillus* spp. for Biological Control of Plant Diseases. *Symposium Phytopathology* 94 (11) 1267–1271
- Semangun, H. 1990. *Pengantar Ilmu Penyakit Tumbuhan*. Yogyakarta. Gadjah Mada. University Press. 752 hlm.

- Shu-Bin, L., Mao Fang, Ren-Chao Zhou, and Juan Huang. 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. *Biological Control* 63(1): 9–16.
- Sinclair JB & Backman PA. 1989. *Compendium of Soybean Diseases*. 3rd Ed. The American Phytopath. Soc. United States of America.
- Stein, T., 2005. *Bacillus subtilis* antibiotics: structures, syntheses and specific functions. *Molecular Microbiology* 56, 845–857.
- Sweets, L. 2010. Soybean Foliage Diseases may Begin to Show Up. 20(13). <http://ppp.missouri.edu/newsletters/ipcm/archives/v20n13/a1.pdf> [24 Juni 2011].
- Vandamme, E. J. 2009. Agro-industrial residue utilization for industrial biotechnology products. *In* *Biotechnology for agro-industrial residues utilisation* (pp. 3–11). Springer Netherlands.
- Vidhyasekaran, P., Sethuraman, K., Rajappan, K., Vasumathi, K. 1997. Powder Formulations of *Pseudomonas fluorescens* to Control Pigeonpea Wilt. *Biological 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*).