

Pemanfaatan Mulsa Jerami dan *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* untuk Menekan Penyakit Pustul Bakteri pada Tanaman Kedelai

Use of Straw Mulch and Plant Growth Promoting Rhizobacteria for Suppressing Bacterial Pustule Disease on Soybean

Tita Widjayanti, Abdjad Asih Nawangsih*, Kikin Hamzah Mutaqin
Institut Pertanian Bogor, Bogor 16680

ABSTRAK

Pustul bakteri yang disebabkan *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman kedelai di Indonesia. Pengendalian umumnya dilakukan secara parsial sehingga hasilnya belum maksimal. Oleh karena itu, pengembangan alternatif pengendalian dengan memadukan berbagai komponen perlu dilakukan. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh pemberian mulsa jerami dan aplikasi PGPR terhadap keparahan penyakit pustul bakteri pada dua varietas kedelai di lapangan. Penelitian dilakukan di Desa Cigombong, Sukabumi, Jawa Barat. Rancangan percobaan yang digunakan adalah acak kelompok faktorial dengan tiga ulangan. Faktor perlakuan terdiri atas varietas kedelai, mulsa jerami, dan PGPR. Pengamatan terhadap keparahan penyakit pustul bakteri dilakukan setiap minggu. Hasil penelitian menunjukkan bahwa interaksi antara ketiga perlakuan tidak berpengaruh terhadap penekanan perkembangan penyakit (AUDPC), tetapi pengaruh varietas sangat nyata. Varietas kedelai Gepak Kuning lebih tahan (AUDPC= 99) dibandingkan dengan varietas Anjasmoro (AUDPC= 199). Perlakuan kombinasi varietas Gepak Kuning dan mulsa jerami (5 ton/ha) mampu menekan perkembangan penyakit pustul bakteri hingga 85.9% dibandingkan dengan perlakuan varietas Gepak Kuning tanpa mulsa jerami sehingga komponen pengendalian ini dianjurkan untuk diterapkan oleh petani.

Kata kunci: mulsa jerami, PGPR, varietas kedelai, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*

ABSTRACT

Bacterial pustule caused by *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* is one of important bacterial diseases of soybean in Indonesia. The development of alternative control of the disease is required to support integrated diseases management for sustainable agriculture. This research was conducted to observe the effect of straw mulch and plant growth promoting Rhizobacteria (PGPR) on the incidence of bacterial pustule disease on two soybean varieties in the farmer field at Cigombong, Sukabumi, West Java. The result of this research showed that all of the factors as combinations did not significantly affect the value of total area under disease progress curve (AUDPC) of bacterial pustule. Factor that significantly affected the values of AUDPC was soybean varieties. Gepak Kuning variety has lowest AUDPC value compared to Anjasmoro variety. In addition, combination of Gepak Kuning variety and straw mulch showed significantly different effect on AUDPC value. Therefore, this treatment combination should be recommended for the farmers.

Key word: PGPR, soybean variety, straw mulch, *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*

*Alamat penulis korespondensi: Departemen Proteksi Tanaman, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Kampus Darmaga, Jalan Kamper, Bogor 16680
Tel: 0251-8629364, Faks: 0251-8629362, Surel: asnawangsih@yahoo.com

PENDAHULUAN

Penyakit pustul bakteri yang disebabkan oleh *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* (*Xag*) merupakan salah satu penyakit penting pada tanaman kedelai di wilayah tropik dan subtropik (Sinclair dan Backman 1989). Penyakit ini penting selain karena sebaran geografinya, juga karena banyaknya galur yang masing-masing menunjukkan genotipe dan virulensi yang berbeda sehingga pengendalian dengan varietas tahan dengan daya tahan vertikal sulit dilakukan (Rukayadi *et al.* 1999). Athinuwat *et al.* (2009) menyatakan ada tiga ras yang dimiliki oleh patogen ini. Kehilangan hasil yang diakibatkan oleh penyakit ini pada daerah sentra kedelai di Indonesia, seperti Jawa Barat, Kalimantan Selatan, Jawa Timur, dan Daerah Istimewa Yogyakarta mencapai, sekitar 15.9 sampai 50% (Dirmawati 1996). Di Thailand (Sukhothai) kerugian dapat mencapai 57.61% (Kaewnum *et al.* 2005).

Berbagai cara pengendalian penyakit pada budi daya kedelai—antara lain penanaman varietas tahan, penggunaan mulsa jerami, dan aplikasi pestisida—telah dilakukan oleh petani, akan tetapi hal tersebut dilakukan secara parsial sehingga hasil pengendalian khususnya terhadap penyakit pustul bakteri belum maksimum. Untuk meningkatkan keberhasilan upaya pengendalian, sebaiknya pengendalian dilakukan secara terpadu. Wiyono (2007) menyatakan bahwa pengendalian hama dan penyakit terpadu biointensif (PHT-Biointensif) merupakan salah satu solusi masalah hama dan penyakit yang makin berat di Indonesia dari tahun ke tahun. Menurut ATTRA (2001) PHT-Biointensif adalah suatu sistem pendekatan untuk pengelolaan hama dan penyakit tanaman yang didasarkan pada pemahaman ekologi hama dan patogen. Sistem ini menggabungkan beberapa teknik pengendalian yang efektif, efisien, dan ramah lingkungan dengan mengoptimalkan sumber daya hayati dan menata ulang agroekosistem pertanian yang bermanfaat bagi agens hayati dan merugikan bagi patogen.

Komponen pengendalian terpadu untuk penyakit pustul bakteri pada kedelai yang

dapat diintegrasikan adalah penanaman varietas resisten, tumpang sari dengan tanaman bukan inang, penggunaan benih sehat, penambahan bahan organik, aplikasi biokontrol, dan aplikasi bakterisida botani (Dirmawati 2004). Bakteri ini dapat bertahan pada rizosfer tanaman gandum dan penyebarannya dapat melalui percikan air hujan (Sinclair 1999). Penggunaan mulsa jerami selain dapat mengurangi percikan air dari tanah juga dapat menekan suhu tanah sehingga mengurangi penguapan dan mencegah terjadinya cekaman karena kekurangan air (Van den Berg dan Lestari 2001).

Aplikasi agens biokontrol dalam pengendalian penyakit pustul bakteri masih sangat jarang dilakukan, tetapi berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Rahayu (2012) dinyatakan bahwa aplikasi *Pseudomonas fluorescens* dapat menekan intensitas penyakit pustul bakteri sebesar 15%. Preeca *et al.* (2010) menyatakan bahwa kemampuan PGPR (*Bacillus amyloliquefaciens* KPS46) dalam menekan keparahan penyakit pustul bakteri oleh *X. axonopodis* pv. *glycines* berhubungan dengan produksi metabolit sekunder, yaitu lipopeptida surfaktin. Keberhasilan pengendalian secara terpadu sangat ditentukan oleh keefektifan masing-masing komponen pengendalian. Untuk itu diperlukan serangkaian percobaan untuk mengetahui keefektifan beberapa komponen pengendalian yang diperlukan untuk menyusun program pengendalian pustul bakteri secara terpadu. Penelitian ini bertujuan menguji pengaruh penggunaan dua varietas kedelai, mulsa jerami, dan aplikasi PGPR secara terpadu dalam mengendalikan penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai di lapangan.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan pada lahan petani di Desa Ciburuy, Kecamatan Cigombong, Kabupaten Sukabumi, Jawa Barat. Daerah tersebut memiliki ketinggian 495 m dari permukaan laut dan berada pada 6°43' lintang selatan serta 106°48.32' bujur timur.

Penanaman kedelai di daerah ini dilakukan setelah padi saat musim kemarau, yaitu bulan Juni sampai Agustus. Penyakit pustul bakteri selalu ditemukan dan menurut petani serangannya mencapai 30%.

Rancangan Percobaan

Percobaan di lapangan menggunakan rancangan acak kelompok faktorial yang terdiri atas 3 faktor, yaitu varietas: Anjasmoro (V_1) dan Gepak Kuning (V_2); mulsa jerami: dengan mulsa jerami (M_1) dan tanpa mulsa jerami (M_2); PGPR: dengan PGPR (P_1) dan tanpa PGPR (P_2).

Kedua varietas yang digunakan tersebut merupakan varietas unggul (Balitkabi 2008) tetapi belum diketahui ketahanannya terhadap pustul bakteri.

Percobaan ini terdiri atas 8 kombinasi perlakuan yang diulang 3 kali sehingga terdapat 24 petak percobaan. Data yang diperoleh dianalisis menggunakan *statistical analysis system* versi 9.1.3. Perlakuan yang berbeda nyata diuji lanjut dengan uji selang berganda Duncan pada taraf 5%.

Budi Daya Kedelai

Varietas kedelai yang digunakan dalam penelitian ini adalah varietas Anjasmoro yang diperoleh dari Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian, Malang, dan varietas Gepak Kuning yang diperoleh dari Kebun Benih Palawija Bujomartani, Sidoharjo, Jawa Tengah.

Budi daya kedelai dari persiapan lahan, penanaman benih, pemupukan, pemeliharaan tanaman, dan panen dilaksanakan dengan mengacu pada buku pedoman budi daya kedelai (BPTP-Sulsel 2013). Pengapuran dilakukan pada saat pengolahan tanah dengan dosis 2 ton/ha. Dosis pupuk yang digunakan, ialah urea 50 kg/ha, TSP 75 kg/ha, dan KCl 100 kg/ha. Pada saat persiapan lahan, lahan seluas 1344 m² diolah menjadi 24 petakan, dengan ukuran petak masing-masing 8 m x 8 m. Dalam 1 petak dibuat 8 guludan dengan ukuran 0.7 m x 8.0 m dengan jarak antarguludan 0.3 m. Tiap guludan dibuat 2 baris tanaman dengan jarak 40 cm. Benih

ditanam dengan jarak antartanaman 20 cm x 20 cm.

Mulsa Jerami

Mulsa jerami yang digunakan dalam penelitian ini merupakan jerami yang sudah mengalami pelapukan yang dihasilkan dari pertanaman padi di sekitar wilayah penanaman kedelai. Pemberian mulsa jerami dilakukan setelah penanaman benih. Mulsa jerami diaplikasikan pada 12 petak percobaan. Jerami diletakkan di atas permukaan guludan hingga menutupi seluruh permukaan guludan dengan ketebalan lebih kurang 10 cm atau 5 ton/ha (BPTP-NTB 2010).

Aplikasi PGPR

Bakteri PGPR yang digunakan dalam penelitian ini adalah *Bacillus subtilis* AB89 dan *P. fluorescens* RH4003 yang diperoleh dari Laboratorium Bakteriologi Tumbuhan, Departemen Proteksi Tanaman, Institut Pertanian Bogor. Kedua isolat bakteri tersebut diisolasi dari perakaran tomat dan sudah diuji efektif dalam mengendalikan penyakit layu bakteri pada tomat (Nawangsih 2006).

Koloni bakteri diremajakan pada medium *tryptic soy agar* (TSA untuk kelompok *Bacillus*) dan *King's B* (untuk kelompok *Pseudomonas*) yang dipanen dengan menambahkan 5 mL air steril. Suspensi yang terbentuk kemudian diambil 1 mL dan disuspensikan ke dalam 250 mL medium LB, dihomogenkan dengan menggunakan inkubator bergoyang selama 24 jam. Biakan bakteri kemudian dicampur dengan air steril 1 L. Perlakuan dengan biokontrol diberikan 14 hari setelah tanam. Aplikasi agens biokontrol dilakukan dengan cara menyiramkan 50 mL (konsentrasi 10⁷-10⁸ cfu/mL) suspensi pada perakaran kedelai (Handini 2011).

Pengamatan Keparahan Penyakit

Keparahan penyakit diamati pada 1-12 minggu setelah tanam (MST). Pengamatan dilakukan pada masing-masing tanaman contoh, sebanyak 20 tanaman, dengan melihat gejala pustul bakteri pada daun secara keseluruhan. Selanjutnya dibuat skoring berdasarkan gejala

mengikuti Sinclair dan Backman (1989).

- 0, tidak ada serangan;
- 1, bercak pustul antara $0 \leq X \leq 5\%$ dari total seluruh daun per tanaman;
- 2, bercak pustul antara $5 < X \leq 15\%$ dari total seluruh daun per tanaman;
- 3, bercak pustul antara $15 < X \leq 30\%$ dari total seluruh daun per tanaman;
- 4, bercak pustul antara $30 < X \leq 50\%$ dari total seluruh daun per tanaman;
- 5, bercak pustul $> 50\%$ dari total seluruh daun per tanaman.

Keparahan penyakit pustul dihitung menggunakan rumus Townsend dan Hueberger (1943).

$$KP = \frac{\sum_0^5 (ni \times vi)}{Z \times N} \times 100\% , \text{ dengan}$$

KP, keparahan penyakit; ni, jumlah tanaman yang terinfeksi pada setiap kategori; vi, nilai numerik (skor) masing-masing kategori serangan; Z, nilai numerik (skor) kategori serangan tertinggi; N, jumlah tanaman yang diamati.

Selain nilai keparahan penyakit, dihitung pula nilai *area under disease progress curve* (AUDPC) untuk melihat perkembangan penyakit. Nilai AUDPC dihitung berdasarkan rumus Van der Plank (1963).

$$AUDPC = \sum_1^{n-1} \left(\frac{y_i + y_{i+1}}{2} \right) \times (t_{i+1} - t_i), \text{ dengan}$$

y_{i+1} , data pengamatan ke- $i + 1$; y_i , data pengamatan ke- i ; t_{i+1} , waktu pengamatan ke- $i + 1$; t_i , waktu pengamatan ke- i .

HASIL

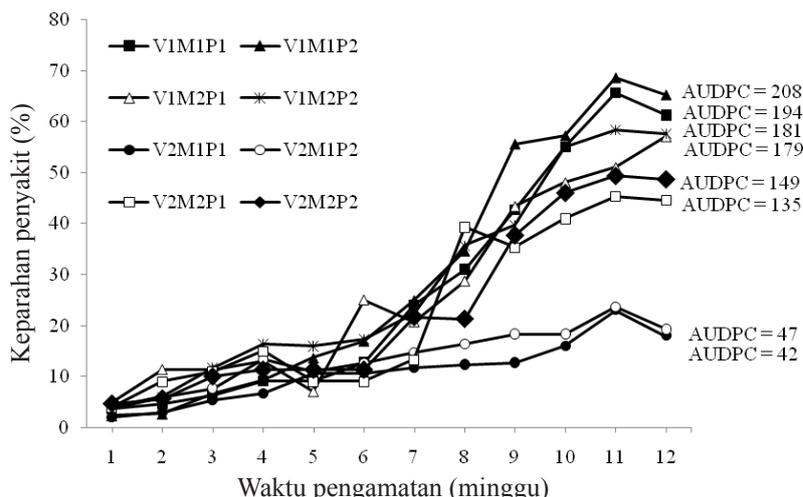
Gejala penyakit pustul bakteri mulai terlihat di lapangan pada 1 minggu setelah tanam dengan rata-rata persentase keparahan penyakit 3.6% dan terus meningkat pada pengamatan berikutnya (Gambar 1). Pada pengamatan minggu ke-11 keparahan penyakit pustul bakteri pada varietas Anjasmoro mencapai 61%. Gejala awal banyak ditemukan pada daun muda bagian atas, dengan gejala berupa bercak berwarna hijau pucat kekuningan berukuran sebesar mata

jarum dengan bagian tengah agak menonjol (bisul), bercak tampak kebasah-basahan, dan kemudian berkembang, membesar, berwarna coklat muda sampai coklat tua dan pada bagian inti bercak berwarna abu-abu, tepi bercak tidak teratur, mengering, dan mudah sobek.

Perlakuan faktor tunggal varietas berpengaruh sangat nyata ($p \leq 0.01$) terhadap keparahan penyakit pada pengamatan 10, 11, dan 12 MST serta nilai luas area di bawah kurva perkembangan penyakit (AUDPC) (Tabel 1). Kombinasi perlakuan antara varietas dan pemberian mulsa jerami juga berpengaruh nyata ($p \leq 0.05$) terhadap keparahan penyakit pada pengamatan 10, 11, dan 12 MST serta nilai luas area di bawah kurva perkembangan penyakit.

Kombinasi perlakuan penggunaan varietas, mulsa jerami dan aplikasi PGPR tidak berpengaruh nyata terhadap keparahan penyakit pustul bakteri pada tanaman kedelai. Namun, perlakuan penggunaan varietas kedelai Gepak Kuning, pemberian mulsa jerami dengan atau tanpa aplikasi PGPR (V2M1P1 dan V2M1P2) menunjukkan nilai keparahan penyakit yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan lain (Gambar 1). Hal ini menunjukkan bahwa penggunaan varietas dan pemberian mulsa lebih berperan menekan penyakit pustul bakteri pada kedelai.

Ketiga perlakuan secara bersama-sama ternyata tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap keparahan penyakit maupun nilai AUDPC (Gambar 1). Meskipun pada pengamatan minggu ke-10, 11 dan 12 terlihat kecenderungan keparahan penyakit serta nilai AUDPC pada perlakuan V2M1P1 (Gepak Kuning dengan mulsa jerami dan dengan PGPR) dan V2M1P2 (Gepak Kuning dengan mulsa jerami tanpa PGPR) lebih rendah dibandingkan dengan yang lain, tetapi secara statistik tidak berbeda nyata. Apabila dihubungkan dengan Tabel 1 maka akan terlihat bahwa dua perlakuan lain yaitu pemberian mulsa dan PGPR, tidak memberikan pengaruh yang nyata. Hal ini memberikan kontribusi yang besar terhadap pengaruh gabungan ketiga perlakuan.



Gambar 1 Keparahan penyakit pustul bakteri pada 1 hingga 12 MST dan nilai AUDPC. V1, varietas Anjasmoro; V2, varietas gepak Kuning; M1, dengan mulsa jerami; M2, tanpa mulsa jerami; P1, dengan PGPR; P2, tanpa PGPR.

Tabel 1 Ringkasan hasil analisis ragam perlakuan varietas, pemberian mulsa dan aplikasi PGPR terhadap keparahan penyakit dan AUDPC

Perlakuan	Keparahan penyakit (%) pada n MST ^a			AUDPC ^b (unit)
	10	11	12	
Varietas	*	**	**	**
Mulsa	TN	TN	TN	TN
PGPR	TN	TN	TN	TN
Varietas x Mulsa	*	*	*	*
Varietas x PGPR	TN	TN	TN	TN
Mulsa x PGPR	TN	TN	TN	TN
Varietas x Mulsa x PGPR	TN	TN	TN	TN

^a, minggu setelah tanam; ^b, *area under disease progress curve*; *nyata (5%); **sangat nyata (1%); TN, tidak nyata

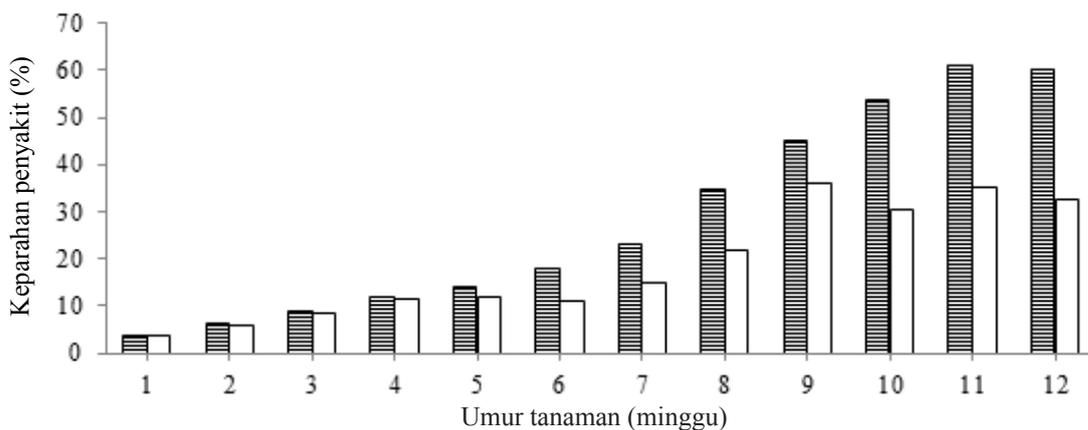
Pada Gambar 2 terlihat bahwa hingga pengamatan 5 MST, keparahan penyakit pada kedua varietas tersebut tidak berbeda nyata. Tingkat keparahan tersebut mulai berbeda pada pengamatan 6 MST dan pada pengamatan 12 MST, keparahan penyakit pada varietas Anjasmoro 27% lebih tinggi dibandingkan dengan keparahan penyakit pada varietas Gepak Kuning. Berdasarkan nilai tersebut, penekanan penyakit oleh varietas Gepak Kuning mencapai 81% dibandingkan dengan varietas Anjasmoro. Pada kedelai varietas Anjasmoro, keparahan penyakit mencapai 61% pada 11 MST. Nilai AUDPC pada varietas Anjasmoro sebesar 199, sedangkan pada varietas Gepak Kuning hanya 99. Hal ini menunjukkan bahwa varietas kedelai Gepak Kuning lebih tahan terhadap infeksi

pustul bakteri dibandingkan dengan varietas Anjasmoro.

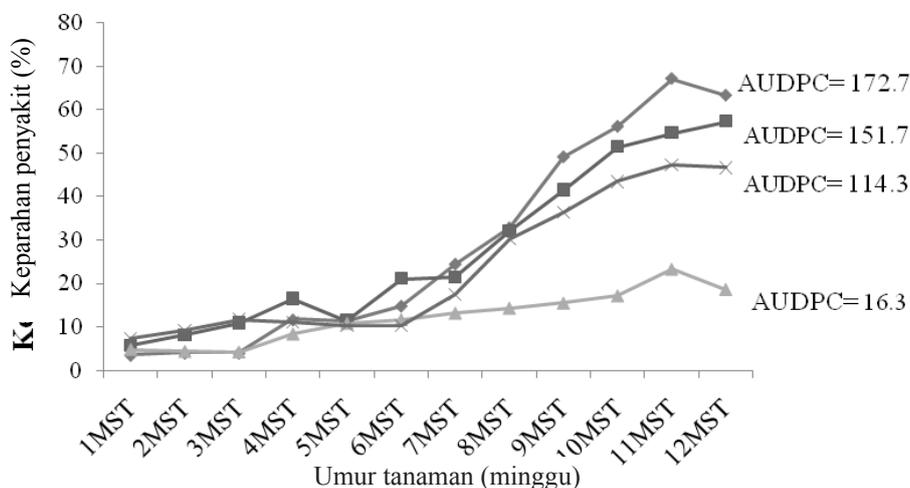
Kombinasi varietas Gepak Kuning yang diberi mulsa (V₂M₁) mampu menekan keparahan penyakit pustul dilihat dari nilai AUDPC dibandingkan dengan kontrol (Gambar 3). Secara keseluruhan, nilai keparahan penyakit dan AUDPC pada petak yang diberi perlakuan aplikasi PGPR (campuran *B. subtilis* AB89 dan *P. fluorescens* RH4003) tidak berbeda nyata dengan nilai keparahan penyakit dan AUDPC pada perlakuan kontrol (Tabel 2).

PEMBAHASAN

Aplikasi agens biokontrol dalam percobaan ini ternyata tidak memberikan pengaruh



Gambar 2 Keparahan penyakit pustul bakteri pada varietas Anjasmoro dan Gepak Kuning. Anjasmoro (▨); Gepak Kuning (□).



Gambar 3 Keparahan penyakit pustul bakteri dan nilai AUDPC pada kombinasi perlakuan varietas dan mulsa jerami. Anjasmoro dengan mulsa (♦); Anjasmoro tanpa mulsa (■); Gepak Kuning dengan mulsa (▲); Gepak Kuning tanpa mulsa (×).

Tabel 2 Pengaruh perlakuan aplikasi PGPR terhadap keparahan penyakit dan perkembangan penyakit pustul bakteri dalam unit AUDPC

Perlakuan	Keparahan penyakit pustul kedelai (%)*				AUDPC (unit)
	9 MST	10 MST	11 MST	12 MST	
PGPR	33.5 a	40.1 a	46.2 a	45.2 a	123.4
Kontrol	37.8 a	44.2 a	50.0 a	47.7 a	128.7

*Angka yang diikuti huruf berbeda menunjukkan hasil yang berbeda nyata (uji selang berganda Duncan $\alpha = 0.05$)

yang nyata terhadap penekanan penyakit pustul bakteri. Salah satu kemungkinan yang terkait dengan hal tersebut ialah menurunnya kemampuan agens biokontrol dalam mengkolonisasi rizosfer. Lugtenberg *et al.* (2001) melaporkan bahwa kolonisasi perakaran berperan penting dalam pengendalian biologi. Rendahnya tingkat

kolonisasi dapat menyebabkan aktivitas agens biokontrol menurun. Brimecombe *et al.* (2001) menjelaskan bahwa tingkat kolonisasi suatu agens biokontrol sangat dipengaruhi oleh eksudat tanaman. Pergerakan bakteri di dalam rizosfer dipengaruhi antara lain oleh kandungan bahan kimia dalam eksudat perakaran. Kandungan senyawa kimia yang

ada dalam eksudat akar dipengaruhi antara lain oleh jenis dan umur tanaman. Menurut De La Fuente *et al.* (2006) kegagalan rizobakteri untuk mapan dan bertahan kemungkinan disebabkan oleh persaingan spesifik dari galur asli yang berkerabat dekat dan adanya tumpang tindih *niche*.

Selain itu Glick (1999) mengemukakan bahwa hubungan antara tanaman dan mikroorganisme tanah dapat bersifat kompatibel atau tidak. Kompatibel, jika senyawa dan asam organik yang dikeluarkan oleh tanaman cocok dengan kebutuhan mikroorganisme tersebut sehingga dapat tumbuh secara optimal dan bersimbiosis mutualisme dengan tanaman.

Faktor varietas secara tunggal ternyata memberikan pengaruh yang nyata dalam menekan keparahan penyakit pustul bakteri di lapangan. Varietas Gepak Kuning nyata lebih tahan terhadap penyakit pustul bakteri dibandingkan dengan varietas Anjasmoro. Banyak faktor yang dapat mempengaruhi ketahanan tanaman. Ketahanan tanaman inang, dapat bersifat: (1) genetik, sifat tahan diatur oleh sifat genetik yang dapat diwariskan; (2) morfologi, sifat tahan yang disebabkan oleh sifat morfologi tanaman yang tidak menguntungkan patogen; dan (3) kimiawi, ketahanan yang disebabkan oleh zat kimia yang dihasilkan oleh tanaman (Agrios 2005). Berdasarkan deskripsi varietas yang dilaporkan oleh Balitkabi (2008), varietas Gepak Kuning belum diuji ketahanannya terhadap penyakit, sedangkan varietas Anjasmoro dinyatakan moderat tahan terhadap karat daun. Belum ada laporan ketahanan kedua varietas ini terhadap penyakit pustul bakteri.

Kombinasi varietas Gepak Kuning dengan mulsa jerami ternyata mampu menekan perkembangan penyakit pustul bakteri dibandingkan dengan perlakuan varietas Gepak Kuning tanpa mulsa jerami. Penambahan mulsa jerami memberikan sumbangan bahan organik pada tanah. Lebih lanjut Oke dan Ologun (2005) menyatakan bahwa pemberian mulsa merupakan sumber energi bagi mikroorganisme yang hidup di dalam tanah yang selanjutnya akan didekomposisi

dari senyawa kompleks menjadi senyawa sederhana. Hasil dekomposisi dapat dimanfaatkan langsung oleh tanaman. Varietas Gepak Kuning ternyata lebih tahan terhadap penyakit pustul dibandingkan dengan varietas Anjasmoro. Varietas tanaman yang tahan diduga menghasilkan eksudat akar dengan kandungan senyawa yang cocok dibutuhkan oleh mikroorganisme tanah yang bermanfaat sehingga mikroorganisme tanah lebih banyak tertarik pada perakaran varietas Gepak Kuning dan mampu berkembang secara optimal ditambah dengan adanya sumber energi dari hasil dekomposisi mulsa.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini didanai dari program I-MHERE B.2C-IPB yang merupakan bagian dari program penelitian *strengthening agricultural research for food security and sovereignty* dengan nama kegiatan Pengembangan Sistem Pengendalian Hama Terpadu Biointensif untuk Mendukung Ketahanan dan Kedaulatan Pangan.

DAFTAR PUSTAKA

- Agrios GN. 2005. *Plant Pathology*. Ed ke-5. San Diago (US): Elsevier Academic Pr.
- Anggraeni DK, Tjahjono B, Suwanto A, Aswidinnoor H. 1995. Pengujian ketahanan genotipe kedelai terhadap penyakit bisul bakteri. *Bul Agron*. 23:14-19.
- Athinuwat D, Prathuangwong S, Cursino L, Burr T. 2009. *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* soybean cultivar virulence specificity is determined by avrBs3 homolog avrXg1. *Phytopathology*. 99(8):996-1004. doi:10.1094/PHYTO-99-8-0966.
- [ATTRA] Appropriate Technology Transfer for Rural Areas. 2001. Biointensive integrated pest management (IPM) fundamentals of sustainable agriculture. <http://attra.ncat.org/attra-pub/ipm.html> [diakses 15 Juli 2010].
- [Balitkabi] Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian. 2008. Hama

- dan penyakit penting pada tanaman kedelai. <http://balitkabi.litbang.deptan.go.id>. [diakses 10 April 2011].
- [BPTP-NTB] Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Nusa Tenggara Barat. 2010. Petunjuk teknis pengelolaan tanaman terpadu (PTT) kedelai. <http://ntb.litbang.deptan.go.id/ind/ptt/kedelai.pdf> [diakses 30 Mei 2013].
- [BPTP-Sulsel] Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Sulawesi Selatan. 2013. Pedoman teknis pengelolaan produksi tanaman kedelai, Badan Litbang Pertanian-Kementerian Pertanian-Republik Indonesia. http://sulsel.litbang.deptan.go.id/ind/index.php?option=com_ent&view=article&id=746&Itemid=287 [diakses 30 Mei 2013].
- Brimecombe MJ, Leij FA, Lynch JM. 2001. The effect of root exudates on rhizosphere microbial populations. Di dalam: Pinton R, Varanini Z, Nannipieri P, editors. *The Rhizosphere: Biochemistry and Organic Substances at The Soil Plant Interface*. New York (US): Marcel Dekker Inc hlm. 95-140.
- De La Fuente L, Landa BB, Weller DM. 2006. Host crop effects rhizosphere colonization and competitiveness of 2,4-diacetylphloroglucinol-producing *Pseudomonas fluorescens*. *Phytopathology*. 96:751-762. doi:10.1094/PHYTO-96-0751.
- Dirmawati SR. 1996. Ketahanan kedelai terhadap *Xanthomonas campestris* pv. *glycines* penyebab penyakit bisul bakteri [tesis]. Yogyakarta (ID): Universitas Gadjah Mada.
- Dirmawati SR. 2004. Kajian keefektifan beberapa komponen pengendalian ramah lingkungan terhadap penyakit pustul bakteri kedelai [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Glick Br, Patten CL, Holguin G, Penrose DM. 1999. *Biochemical and Genetic Mechanism Used by Plant Growth Promoting Bacteria*. Ontario (CA): Imperial Collage Press.
- Handini ZVT. 2011. Keefektifan bakteri endofit dan *plant growth promoting rhizobacteria* dalam menekan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tomat [skripsi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Kaewnum S, Prathuangwong S, Burr T. 2005. Aggressiveness of *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines* isolates to soybean and hypersensitivity responses by other plants. *Plant Pathol*. 54:409-415. doi: 10.1111/j.1365-3059.2005.01176.x.
- Lugtenberg BJJ, Dekkers LC, Bloemberg GV. 2001. Molecular determinants of rhizosphere colonization by *Pseudomonas*. *Annu Rev Phytopathol*. 39:461-490. doi: 10.1146/annurev.phyto.39.1.461.
- Nawangsih AA. 2006. Seleksi dan karakterisasi bakteri biokontrol untuk mengendalikan penyakit layu bakteri (*Ralstonia solanacearum*) pada tomat [disertasi]. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Oke DO, Ologun. 2005. Effect of mulch from four agroforestry species on the moisture content, temperature and microbial population in a humid tropical soil. *J Microbiol Sci*. 5(3):326-329. doi: 10.3923/jbs.2005.326.329.
- Preeca C, Sadowsky MJ, Prathuangwong S. 2010. Lipopeptide Surfactin produced by *Bacillus amyloliquefaciens* KPS46 is required for biocontrol efficacy against *Xanthomonas axonopodis* pv. *glycines*. *Kasetsart J (Nat Sci)*. 44:84-99.
- Rahayu M. 2012. Keefektifan agens hayati *Pseudomonas fluorescens* dan ekstrak daun sirih terhadap penyakit bakteri pustul *Xanthomonas axonopodis* pada kedelai. Di dalam: *Prosiding Seminar Nasional, Balitkabi*; 2011 Nov 15; Bogor (ID): Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan. hlm 360-370.
- Rukayadi Y, Suwanto A, Tjahjono B, Harling R. 1999. Survival and epiphytic fitness of a non pathogenic mutant of *Xanthomonas campestris* pv. *glycines*. *J App Environ Microbiol*. 66(3):1183-1189.
- Sinclair JB. 1999. Bacterial pustule. Di dalam: Hartman GL, Sinclair JB, Rupe JC, editors. *Compendium of Soybean Diseases*, Ed ke-4. St Paul Minnesota (US): APS.

- Sinclair JB, Backman BA. 1989 *Compendium of Soybean Disease*. Ed ke-3. St Paul Minnesota (US): APS.
- Towsend dan Hueberger. 1943. Di dalam: Unterstenhofer G. 1963. The basic principles of crop protection field trials. *Pflanzerschutz: Nachrichten Bayer*. 29(2): 155.
- Van den Berg H, Lestari AS. 2001. Improving local cultivation of soybean in Indonesia through farmers' experiments. *Exp Agr*. 37(2):183-193. doi: 10.1017/S0014479701001089.
- Van der Plank JE. 1963. *Plant Disease: Epidemics and Control*. London (UK): Academic Pr.
- Wiyono S. 2007. Perubahan iklim dan ledakan hama dan penyakit tanaman. Di dalam: *Seminar Sehari tentang Keanekaragaman Hayati Di tengah Perubahan Iklim: Tantangan Masa Depan Indonesia*; 2007 Jun 28; Jakarta (ID): KEHATI.