

## Karakter morfologi dan biokimia berbagai isolat rizobakteria dari rizosfer jagung (*Zea mays*)

### Morphological and biochemical characters of various isolates of rhizobacteria from rhizosphere of maize (*Zea mays*)

YULFI DESI<sup>1,✉</sup>, PRIMA NOVIA<sup>1</sup>, ASNURITA<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Ekasakti Padang. Jl. Veteran Dalam 26B, Padang 25113, Sumatera Barat. Tel./Fax.: +62-751-32694, ✉email: yulfidesi@gmail.com

<sup>2</sup>Program Studi Teknologi Hasil Pertanian, Fakultas Pertanian, Universitas Ekasakti Padang. Jl. Veteran Dalam 26B, Padang 25113, Sumatera Barat

Manuskrip diterima: 27 April 2016. Revisi disetujui: 19 Januari 2017.

**Abstrak.** Desi Y, Novia P, Asnurita. 2016. Karakter morfologi dan biokimia berbagai isolat rizobakteria dari rizosfer jagung (*Zea mays*). *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 1-5*. Mikroorganisme yang tergolong PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) saat ini banyak dipelajari karena berpotensi meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman. Salah satu peranan PGPR dapat bersifat sebagai agen biokontrol yang berfungsi untuk melindungi tanaman melalui sistem fito-patogenik organisme. Tujuan penelitian ini adalah untuk menentukan karakter morfologi dan biokimia berbagai isolat rizobakteria dari rizosfer tanaman jagung sehat diantara tanaman jagung yang terinfeksi penyakit layu Stewart. Sampel berasal dari beberapa daerah di Pasaman Barat, Sumatera Barat seperti Puja Rahayu, Koto Baru, Simpang Tiga, Padang Rajo, dan Bancah Rambah. Metode penelitian bersifat analisis deskriptif dan tidak menggunakan rancangan lingkungan. Parameter pengamatan meliputi populasi total, karakter morfologi, uji Gram, dan uji biokimia. Uji biokimia meliputi uji urease, hidrolisis pati, produksi asam dan gas, hidrolisis kasein, *gelatin liquefaction*, produksi H<sub>2</sub>S, produksi indol, dan aktivitas katalase. Hasil penelitian menunjukkan bahwa 10 isolat mampu menghasilkan indol sehingga berpotensi sebagai PGPR dan berpeluang digunakan sebagai agen biokontrol untuk mengendalikan penyakit layu Stewart pada tanaman jagung yang disebabkan oleh bakteri *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*.

**Kata kunci:** Biokimia, jagung, morfologi, produksi indol, rizobakteria

**Abstract.** Desi Y, Novia P, Asnurita. 2016. *Morphological and biochemical characters of various isolates of rhizobacteria from rhizosphere of maize (Zea mays)*. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 1-5*. The microorganism belonging to PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) is now widely studied because of the potential to increase the growth and crop production. One role of PGPR can be as a biocontrol agent that serves to protect the plants through a system of the phyto-pathogenic organism. The purpose of the study was to determine the morphological and biochemical characters of various rhizobacteria isolates derived from the rhizosphere of healthy plant among unhealthy plants infected by Stewart's wilt disease on maize. Sampling was conducted in several locations in West Pasaman, West Sumatra, i.e. Puja Rahayu, Koto Baru, Simpang Tiga, Padang Rajo and Bancah Rambah. The method of research is descriptive analysis and did not use an experimental design. The parameters observed included total population, morphological character, Gram test and biochemical test. The biochemical test consisted of urease test, hydrolysis of starch, acid and gas production, hydrolysis of casein, *gelatin liquefaction*, H<sub>2</sub>S production, indole production and catalase activity. The results showed that 10 isolates were able to produce indole so potentially as PGPR and might be used as a biocontrol agent to against Stewart's wilt disease on maize caused by *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*.

**Keywords:** Biochemical, indole production, maize, morphological, rhizobacteria

## PENDAHULUAN

*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* merupakan patogen penyebab penyakit layu Stewart pada tanaman jagung. Berdasarkan Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomor 51/Permentan/Kr.010/9/2015 mengenai perubahan atas Peraturan Menteri Pertanian Nomor 93/Permentan/Ot.140/12/2011 tentang Jenis Organisme Pengganggu Tumbuhan Karantina, telah ditetapkan bahwa organisme tersebut merupakan organisme pengganggu tumbuhan karantina kategori A2. Rahma (2013)

melaporkan bahwa semua sampel benih jagung dari berbagai varietas dan sumber benih di Jawa Barat yang diuji menunjukkan telah terinfeksi *P. stewartii* subsp. *stewartii*. Selanjutnya di Sumatera Barat, Desi et al. (2014) telah mengidentifikasi 3 isolat *P. stewartii* subsp. *stewartii* dari beberapa sentra pertanaman jagung yaitu isolat LA homolog dengan *P. stewartii* subsp. *stewartii* galur R1-104, isolat PR1 homolog dengan *P. stewartii* subsp. *stewartii* galur R1-132, dan isolat PR2 homolog dengan *P. stewartii* subsp. *stewartii* galur ATCC 29923.

*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* tergolong patogen penting karena bersifat tular benih (Munkvold 2001) serta menyebabkan kehilangan hasil antara 40-100% pada jagung manis peka yang terinfeksi pada fase V5 (Pataky 2004). Patogen tersebut juga dapat ditularkan oleh vektor serangga, terutama kumbang jagung (*Chaetocnema pulicaria* Melsheimer) (Pataky 2002; Esker dan Nutter 2003). Kumbang jagung berukuran kecil, halus, berwarna hitam, dan panjangnya  $\pm 0,16$  cm dengan kaki lebar yang tersembunyi (Cook dan Weinzierl 2004). Kumbang jagung muncul pada saat cuaca dingin ketika suhu permukaan tanah mencapai 65-70°F (18-21°C) dan dapat bertahan hidup pada berbagai tanaman seperti: *orchard grass* (*Dactylis glomerata*), *crab grass* (*Digitaria* sp.), *barley* (*Hordeum vulgare* L.), dan *oat* (*Avena sativa*) (Gray 2008). Kumbang jagung memakan daun tanaman muda dan menularkan bakteri, artinya bakteri hanya dapat berpindah dari satu tanaman ke tanaman lain dengan perantara vektor (Pataky 2003). Oleh karena itu, gejala penyakit hampir selalu berasosiasi dengan bekas makan kumbang (Munkvold 1997) dan keberadaan vektor sangat menentukan severitas penyakit di lapangan (Michener et al. 2002).

Mikroorganisme memainkan peranan penting dalam sistem pertanian, terutama sebagai kelompok PGPR (*Plant Growth Promoting Rhizobacteria*) yang saat ini banyak dipelajari karena berpotensi meningkatkan produksi tanaman. PGPR memiliki 3 karakter yaitu: (1) bersifat *biofertilizer* karena mampu memfiksasi nitrogen, (2) bersifat fitostimulator yang secara langsung dapat merangsang pertumbuhan tanaman, dan (3) bersifat sebagai agen biokontrol yang berfungsi untuk melindungi tanaman melalui sistem fito-patogenik organisme (Piromyou 2010).

Suatu jenis bakteri tidak dapat hanya dideterminasi berdasarkan karakter morfologinya saja, namun juga harus berdasarkan karakter biokimia dan faktor-faktor yang mempengaruhi pertumbuhannya. Ciri-ciri fisiologi atau biokimia merupakan kriteria yang sangat penting dalam mengidentifikasi suatu jenis bakteri yang belum dikenal karena secara morfologi, hal ini karena sel bakteri yang berbeda dapat tampak serupa. Tanpa tambahan karakter fisiologis maupun biokimia, penentuan spesies bakteri sulit untuk dilakukan.

Uji biokimia merupakan suatu cara yang dilakukan untuk mengidentifikasi dan mendeterminasi biakan murni suatu jenis bakteri hasil isolasi melalui sifat-sifat fisiologisnya. Menurut Mallest (2008), terdapat beberapa karakter biokimia yang dapat digunakan untuk mengidentifikasi bakteri yang berperan sebagai PGPR antara lain: uji urease, hidrolisis pati/tepung, produksi asam dan gas, hidrolisis kasein, *gelatin liquefaction*, produksi hidrogen sulfida ( $H_2S$ ), produksi indol, dan aktivitas katalase.

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan karakter morfologi dan biokimia dari berbagai isolat rizobakteria yang berasal dari rizosfer tanaman jagung sehat di antara tanaman jagung sakit yang terserang penyakit layu Stewart yang disebabkan oleh bakteri *P. stewartii* subsp. *stewartii*.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian berupa percobaan laboratorium. Metode penelitian yang digunakan bersifat deskriptif objektif dan tidak menggunakan rancangan lingkungan.

Bahan kimia yang dibutuhkan antara lain medium *Nutrient Agar* (NA), KOH 3%,  $H_2O_2$ , gelatin, *Tributylin Agar*, *Starch Agar*, *Skimmed Milk Agar* (SMA), *Sulfide Indole Motility* (SIM) agar, larutan urea, larutan Lugol, reagen Kovac's,  $FeCl_3$ ,  $HClO_4$ , sodium klorida, HCl, dan NaOH.

Sampel tanah diambil dari rizosfer tanaman jagung sehat yang berada di antara tanaman sakit yang terserang penyakit layu Stewart di daerah endemik yaitu di Kabupaten Pasaman Barat, Provinsi Sumatera Barat. Lokasi pengambilan sampel antara lain di Puja Rahayu, Koto Baru, Simpang Tiga, Padang Rajo, dan Bancah Rambah.

Bongkahan kecil tanah yang masih melekat pada perakaran halus tanaman jagung diambil secara komposit dan digunakan sebagai sampel tanah. Prosedur pengambilan sampel tanah merujuk pada Metode Analisis Biologi Tanah menurut Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (2007).

Media yang digunakan dalam penetapan populasi rizobakteri adalah media *Nutrient Agar* (NA). Total populasi rizobakteri dibuat berdasarkan metode pengenceran. Koloni yang tumbuh pada media agar dihitung secara langsung pada permukaan cawan petri atau menggunakan *colony counter* untuk mendapatkan total populasi bakteri. Bakteri yang memiliki warna dan bentuk koloni yang sama selanjutnya disubkultur kembali ke dalam media yang sama untuk mendapatkan kultur murni untuk karakterisasi isolat.

Pengenceran rizobakteri merujuk pada penelitian Islam (2008). Sampel tanah 10 g dicampur dengan 90 mL akuades steril kemudian dimasukkan ke dalam Erlenmeyer dan dikocok hingga tercampur rata. Suspensi sampel tanah divorteks hingga homogen, kemudian didiamkan sekitar 30 menit. Sebanyak 1 mL suspensi sampel tanah diambil dan dicampur dengan 9 mL akuades steril kemudian dimasukkan ke dalam tabung reaksi, dikocok sebentar, dan didiamkan kembali selama 30 menit. Sampel diencerkan pada pengenceran  $10^{-4}$ ,  $10^{-5}$ , dan  $10^{-6}$ . Suspensi tanah diambil 1  $\mu$ l kemudian dituangkan ke dalam cawan petri yang mengandung *Nutrient Agar* dan diinkubasikan pada suhu 28-30°C selama 2-3 hari.

Pengujian terhadap koloni tunggal meliputi uji morfologis, uji Gram, dan uji biokimia. Karakter morfologi rizobakteri yang diamati meliputi bentuk, warna, permukaan, ukuran, dan pinggiran koloni. Uji biokimia yang dilakukan pada rizobakteria antara lain uji urease, hidrolisis pati, produksi asam dan gas, hidrolisis lemak, hidrolisis kasein, *gelatin liquefaction*, produksi  $H_2S$ , produksi indol, dan aktivitas katalase (Mallest 2008). Hasil pengamatan selanjutnya ditampilkan dalam bentuk tabel.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

Secara umum, rizobakteri yang didapatkan dari rizosfer tanaman jagung sehat mempunyai variasi jenis yang rendah, berkisar antara 3-5 jenis. Jumlah koloni total pada pengenceran  $10^4$  berkisar antara  $6-74 \times 10^4$ , pada pengenceran  $10^5$  berkisar antara  $1-84 \times 10^5$ , dan pada pengenceran  $10^6$  berkisar antara  $2-46 \times 10^6$ .

Ditinjau dari segi bentuknya, sebagian besar koloni rizobakteri berbentuk sirkuler meskipun terdapat juga koloni yang berbentuk tidak beraturan. Dari segi warna koloni, sebagian besar rizobakteri berwarna putih, hanya beberapa isolat yang berwarna kuning atau putih dengan warna hitam pada bagian tengahnya. Dari segi ukuran, terdapat variasi diameter koloni yaitu berkisar antara 1,0-12,0 mm. Pada umumnya, permukaan koloni datar dan beberapa isolat menghasilkan lendir. Pinggiran koloni sebagian besar rata meskipun terdapat koloni yang bagian pinggirnya bergelombang dan bergerigi (Gambar 1).

Uji Gram dilakukan untuk membedakan kelompok bakteri berdasarkan ketebalan dinding sel. Jumlah isolat murni yang diperoleh sebanyak 60 isolat, sedangkan uji Gram dilakukan terhadap 56 isolat karena 4 isolat terkontaminasi. Berdasarkan hasil uji Gram diperoleh sebanyak 23 isolat yang bereaksi negatif (-) dan 33 isolat bereaksi positif (+), data disajikan pada Tabel 1. Uji biokimia yang dilakukan meliputi uji urease, hidrolisis pati, produksi asam dan gas, hidrolisis kasein, *gelatin liquefaction*, produksi  $H_2S$ , produksi indol, dan aktivitas katalase. Hasil pengujian disajikan pada Tabel 2.

Menurut Mallesh (2008), rizobakteri yang mampu menghasilkan indol berpotensi sebagai PGPR. Berdasarkan hasil pengujian biokimia yang dilakukan terhadap 56 isolat rizobakteri yang berasal dari rizosfer tanaman jagung sehat di antara tanaman jagung yang terserang penyakit layu Stewart, diperoleh 10 isolat yang mampu menghasilkan senyawa indol. Isolat yang menghasilkan indol dicirikan dengan timbulnya warna merah *cerry* setelah larutan ditetesi dengan reagen Kovac's. Kesepuluh isolat tersebut adalah PRy 152, SPT 161, SPT 162, SPT 241, SPT 242, SPT 251, SPT 252, PR 161, BRb 162, dan BRb 251.

Contoh isolat yang menghasilkan indol disajikan pada Gambar 2.

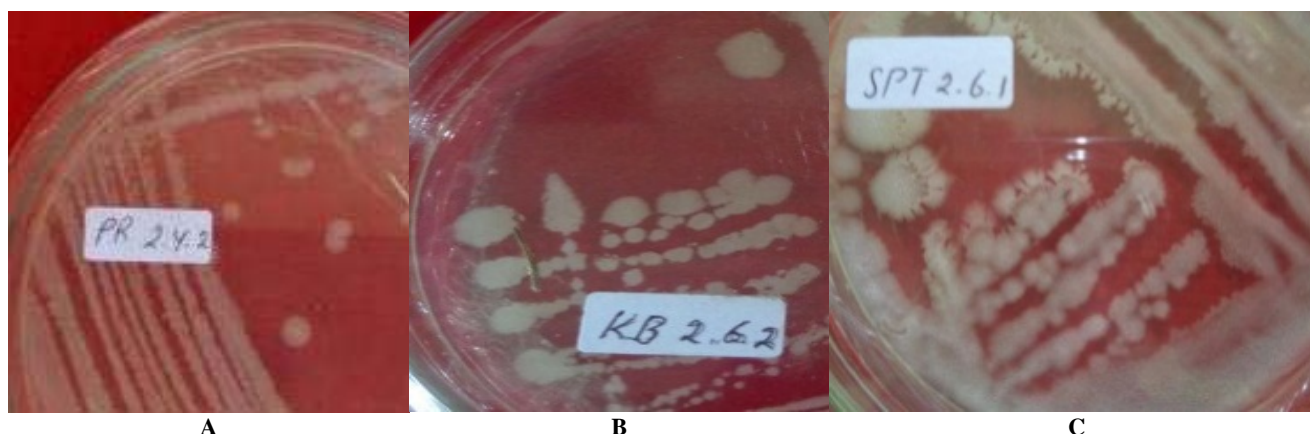
Dengan demikian, berdasarkan hasil yang diperoleh dapat disimpulkan bahwa kesepuluh isolat berpotensi sebagai PGPR dan berpotensi untuk digunakan sebagai agen biokontrol dalam upaya mengendalikan penyakit layu Stewart pada tanaman jagung. Oleh karena penelitian ini merupakan penelitian pendahuluan, maka diharapkan dapat dilakukan penelitian lanjutan untuk mendapatkan isolat rizobakteri yang mampu mengendalikan penyakit layu Stewart pada tanaman jagung atau mengurangi laju perkembangan penyakit yang ditimbulkan.

## UCAPAN TERIMA KASIH

Penelitian ini dibiayai oleh DIPA Kopertis Wilayah X Nomor DIPA 023.042532476/2014 Tanggal 5 Desember 2013 sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Penelitian Fundamental dengan Nomor Kontrak 03/KONTRAK/010/KM/2014.



Gambar 2. Isolat BRb 162 (kiri) dan isolat BRb 251 (kanan).



A

B

C

Gambar 1. Contoh pinggiran koloni: A. Pinggiran rata, B. Pinggiran bergelombang, dan C. Pinggiran bergerigi

**Tabel 1.** Hasil uji Gram pada 56 isolat rizobakteri dari rizosfer tanaman jagung di daerah Puja Rahayu, Koto Baru, Simpang Tiga, Padang Rajo, dan Bancah Rambah di Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat.

Isolat	Reaksi	
PRy 141	Negatif	-
PRy 142	Negatif	-
PRy 151	Negatif	-
PRy 152	Positif	+
PRy 161	Positif	+
PRy 162	Positif	+
PRy 241	Negatif	-
PRy 242	Negatif	-
PRy 251	Negatif	-
PRy 252	Negatif	-
PRy 261	Negatif	-
PRy 262	Positif	+
<b>KB 141</b>	<b>Kontaminasi</b>	x
KB 142	Positif	+
<b>KB 151</b>	<b>Kontaminasi</b>	x
<b>KB 152</b>	<b>Kontaminasi</b>	x
KB 161	Positif	+
KB 162	Positif	+
KB 241	Positif	+
KB 242	positif	+
KB 251	Positif	+
KB 252	Positif	+
KB 261	Positif	+
KB 262	Positif	+
STP 141	Positif	+
STP 142	Positif	+
STP 151	Positif	+
STP 152	Positif	+
STP 161	Positif	+
STP 162	Positif	+
STP 141	Positif	+
STP 242	Negatif	-
STP 251	Positif	+
STP 252	Positif	+
STP 261	Positif	+
<b>STP 262</b>	<b>Kontaminasi</b>	x
PR 141	Positif	+
PR 142	Negatif	-
PR 151	Negatif	-
PR 152	Negatif	-
PR 161	Positif	+
PR 162	Positif	+
PR 241	Negatif	-
PR 242	Positif	+
PR 251	Negatif	-
PR 252	Positif	+
PR 261	Negatif	-
PR 262	Negatif	-
BRb 141	Negatif	-
BRb 142	Positif	+
BRb 151	Negatif	-
BRb 152	Positif	+
BRb 161	Negatif	-
BRb 162	Positif	+
BRb 241	Negatif	-
BRb 242	Negatif	-
BRb 251	Negatif	-
BRb 252	Negatif	-
BRb 261	Positif	+
BRb 262	Positif	+

**Tabel 2.** Hasil uji biokimia dari 56 isolat rizobakteri dari rizosfer tanaman jagung di daerah Puja Rahayu, Koto Baru, Simpang Tiga, Padang Rajo, dan Bancah Rambah di Kabupaten Pasaman Barat, Sumatera Barat.

Isolat	Uji urease	Hidrolisis pati	Produksi asam dan gas	Hidrolisis kasein	Gelatin liquefaction	Produksi H <sub>2</sub> S	Produksi indol	Aktivitas katalase
PRy 141	-	-	+	-	-	-	-	+
PRy 142	-	+	-	-	-	+	-	+
PRy 151	-	+	+	-	+	-	-	-
PRy 152	-	-	+	+	-	-	+	+
PRy 161	-	+	+	-	-	-	-	+
PRy 162	-	-	+	-	+	-	-	+
PRy 241	-	+	+	-	+	+	-	+
PRy 242	-	-	+	-	+	-	-	+
PRy 251	-	-	+	+	+	-	-	+
PRy 252	-	+	+	-	+	-	-	+
PRy 261	-	+	+	-	-	-	-	-
PRy 262	-	+	+	-	+	-	-	+
KB 142	-	+	+	+	+	+	-	+
KB 161	-	+	-	-	+	-	-	-
KB 162	-	+	+	-	+	-	-	+
KB 241	-	+	+	+	+	-	-	-
KB 242	-	-	+	-	+	-	-	+
KB 251	-	+	+	-	+	-	-	+
KB 252	-	+	+	-	+	-	-	+
KB 261	-	+	+	+	+	-	-	+
KB 262	-	+	+	+	+	-	-	-
SPT 141	-	+	+	+	+	-	-	-
SPT 142	-	+	+	+	+	-	-	+
SPT 151	-	+	-	+	+	-	-	+
SPT 152	-	-	+	-	+	+	-	+
SPT 161	-	+	+	-	+	-	+	+
SPT 162	-	-	+	+	+	-	+	+
SPT 241	-	-	-	-	+	-	+	+
SPT 242	-	-	+	-	+	-	+	+
SPT 251	-	+	+	-	+	-	+	+
SPT 252	-	+	+	+	+	-	+	+
SPT 261	-	+	+	-	+	+	-	-
PR 141	-	+	+	+	+	-	-	+
PR 142	-	+	+	+	-	-	-	-
PR 151	-	+	+	+	-	-	-	-
PR 152	-	+	+	+	-	-	-	+
PR 161	-	-	+	+	+	-	+	+
PR 162	-	-	+	+	-	+	-	+
PR 241	-	+	+	+	+	-	-	-
PR 242	-	-	+	+	-	-	-	+
PR 251	-	+	+	+	-	-	-	-
PR 252	-	+	+	+	+	+	-	+
PR 261	-	+	-	-	-	-	-	+
PR 262	-	+	+	+	-	-	-	-
BRb 141	-	-	+	-	-	-	-	+
BRb 142	-	-	+	-	+	-	-	+
BRb 151	-	+	+	-	-	-	-	+
BRb 152	-	+	-	+	-	-	-	-
BRb 161	-	-	+	+	-	-	-	+
BRb 162	-	+	+	-	-	+	+	+
BRb 241	-	+	-	+	-	-	-	+
BRb 242	-	+	+	+	-	-	-	+
BRb 251	-	+	+	+	+	+	+	-
BRb 252	-	+	+	+	+	-	-	+
BRb 261	-	+	+	+	-	+	-	+
BRb 262	-	+	+	+	-	+	-	-

## DAFTAR PUSTAKA

- BBSDLP [Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian]. 2007. Metode analisis Biologi tanah. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.
- Cook KA, Weinzierl R. 2004. Corn flea beetle (*Chaetocnema pulicaria* Melsheimer). Integrated Pest Management. University of Illinois, Urbana-Champaign.
- Desi Y, Habazar T, Khairul U et al. 2014. Karakteristik morfologi dan fisiologis isolat-isolat *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii* pada jagung. Jurnal Fitopatologi Indonesia 10 (2): 45-52.
- Esker JO, Nutter FW. 2003. Temporal dynamics of corn flea beetle populations infested with *Pantoea stewartii*, causal agent of Stewart's disease of corn. Phytopathology 93 (2): 210-218.
- European and Mediterranean Plant Protection Organization. 2006. *Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*. EPPO Buletin 36 (1): 111-115.
- Islam MZ, Sharif DI, Hossain MA. 2008. A comparative studi of *Azotobacter* spp. from different soil samples. J Soil Nat 2 (3): 16-19.
- Mallesh SB. 2008. Plant Growth Promoting Rhizobacteria, Their Characterization and Mechanisms in The Suppression of Soil Borne Pathogens of Coleus and Ashwagandha. [Dissertation]. University of Agricultural Science, Dharwad.
- Michener PM, Pataky JK, White DG. 2002. Rates of transmitting *Erwinia stewartii* from seed to seedlings of a sweet corn hybrid susceptible to Stewart's wilt. Plant Dis 86 (9): 1031-1035.
- Munkvold GP, Rice M. 1997. Stewart's disease risk for 1997. Integrated Crop Management (ICM) IC-478 (8). Iowa State University, Ames, Iowa.
- Munkvold GP. 2001. Corn Stewart's disease. Iowa States University, Ames, Iowa.
- Pataky JK, du Toid LJ, Freeman ND. 2002. Stewart's wilt reaction of an international collection of *Zea mays* germplasm inoculated with *Erwinia stewartii*. Plant Dis 84 (8): 901-906.
- Pataky JK, Ikin R. 2003. Pest risk analysis, the risk of introducing *Erwinia stewartii* in maize seed. International Seed Federation, Nyon, Switzerland.
- Pataky JK, Michener PM. 2004. Ability of an ELISA-based seed health test to detect *Erwinia stewartii* in maize seed treated with fungicides dan insecticides. Plant Dis 88 (6): 633-640.
- Piromyou P. 2010. Effect of Plant Growth Promoting Rhizobacteria (PGPR) Inoculum on Indigenous Microbial Community Structure Under Cropping System. [Thesis]. Suranaree University of Technology, Nakhon Ratchasima, Thailand.
- Rahma H. 2013. Kajian Penyakit Layu Stewart pada Jagung (*Pantoea stewartii* subsp. *stewartii*) dan Upaya Pengendaliannya. [Disertasi]. Institut Pertanian Bogor, Bogor.