

KAJIAN POTENSI RIZOBAKTERI PEMACU PERTUMBUHAN TANAMAN YANG DIISOLASI DARI RIZOSFER PADI SEHAT

Potential Study of Plant Growth Promoting Rhizobacteria Isolated from Healthy Rice Rhizosphere

GUSTI AYU KADE SUTARIATI*), TRESJA CORINA RAKIAN, AGUSTINA, NOVITA SOPACUA, LA MUDI,
MUBAYYINUL HAQ

Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, Kendari

ABSTRACT

The experiment was carried out to characterize the ability of rhizobacteria isolated from the rhizosphere of healthy lowland rice in dissolving phosphate or fixing nitrogen. The research was conducted from February to June 2011 at Agronomy Laboratory, Agriculture Faculty, Halu Oleo University. The experiment was arranged based on descriptive methods. Overall, the number of isolates characterized were 40 isolates. The results of the isolate characterization were documented with specific indicators (eg. the ability to dissolve phosphate in the form of halo/clear zone). The research indicated that most of these isolates had the ability to dissolve phosphate and fix nitrogen. Isolates PKNW 6, PKMN 7, PKNS 3, PKNS 9 and PKNW 4 showed better ability in dissolving phosphate and fixing nitrogen than other isolates evaluated. Further studies are still needed for the development of the potential isolates as biological agents or biofertilizer.

Keywords: healthy rice rhizosphere, rhizobacteria, fix nitrogen, dissolve phosphate

PENDAHULUAN

Produktivitas padi sawah nasional Indonesia dalam skala regional cukup tinggi dan menonjol dibandingkan dengan negara-negara lainnya di Asia, kecuali Cina, Jepang, dan Korea. Namun demikian keberhasilan peningkatan produksi beras nasional yang didukung oleh Revolusi Hijau belum diikuti oleh peningkatan kesejahteraan petani. Hal ini disebabkan oleh kurangnya teknologi yang dapat menunjang peningkatan produktivitas tanaman padi yang ramah lingkungan dan berkelanjutan, karena sebagian besar petani khususnya di Sulawesi Tenggara hanya mengandalkan pupuk kimia dalam meningkatkan kesuburan tanah. Sebagai contoh lahan yang dipupuk dengan Urea secara terus menerus cenderung menampilkan respon kesuburan tanaman seketika, tetapi berdampak pada cepat habisnya bahan organik tanah. Pemakaian

pupuk dan pestisida kimia secara terus menerus dan tidak bijaksana, menyebabkan tumpukan residu yang melebihi daya dukung lingkungan dan menyebabkan tanah menjadi "sakit". Akibatnya berbagai upaya/program berbasis bahan kimiawi yang diluncurkan untuk peningkatan produktivitas tanaman sudah tidak mampu memberikan hasil sesuai yang diharapkan, bahkan yang terjadi justru cenderung menurun karena telah mencapai titik jenuh atau telah terjadi *levelling off* produksi (Kasno, 2010). Untuk mengantisipasi permasalahan tersebut, maka perlu dilakukan terobosan teknologi budidaya menggunakan cara-cara yang lebih ramah lingkungan agar kondisi tanah yang sakit dapat menjadi sehat kembali. Hilangnya mikroorganisme menguntungkan yang berasosiasi dengan tanaman, harus dikembalikan agar fungsi-fungsi keseimbangan ekosistem pertanian berlangsung kembali secara normal.

Padi sawah merupakan sumber pangan pokok bagi sebagian besar masyarakat Indonesia, sehingga keterbatasan

*) Alamat korespondensi:
Email : sutariati69@yahoo.co.id

penyediaannya tidak hanya berdampak pada ketahanan pangan bangsa, akan tetapi dapat mengakibatkan dampak yang lebih luas terutama pada stabilitas sosial, ekonomi, dan politik bangsa. Oleh karena itu perlu dilakukan berbagai upaya untuk meningkatkan produktivitas padi sawah, namun demikian teknik budidaya yang menggunakan pupuk dan pestisida kimia harus diminimalisasi, diganti dengan teknik budidaya yang lebih ramah lingkungan dan berkelanjutan.

Teknologi yang sedang pesat perkembangannya saat ini adalah pemanfaatan mikroorganisme (bakteri saprofit non patogenik) yang dieksplorasi dari rizosfer tanaman (rizobakteri) yang dapat memacu pertumbuhan tanaman (Desmawati, 2006; Loon, 2007). Lebih lanjut dijelaskan bahwa rizobakteri memiliki kemampuan mengkolonisasi rizosfer secara agresif dan beberapa jenis rizobakteri mampu berperan ganda sebagai biofertilizer dan bioprotektan pada tanaman (Ashrafuzzaman *et al.*, 2009).

Penggunaan bakteri non patogenik yang dieksplorasi dari perakaran tanaman (rizobakteri) yang tergolong ke dalam kelompok *Plant Growth Promoting Rhizobacteria* (PGPR) merupakan satu sumbangan bioteknologi dalam usaha peningkatan produktivitas tanaman. Rizobakteri merupakan suatu kelompok bakteri yang hidup secara saprofit pada daerah rizosfer atau daerah perakaran dan beberapa jenis diantaranya dapat berperan sebagai pemacu pertumbuhan tanaman dan atau sebagai agens biokontrol terhadap penyakit sehingga mampu meningkatkan hasil tanaman pertanian (Sutariati *et al.*, 2006; Loon *et al.*, 2007; Elango *et al.*, 2013).

Beberapa peneliti melaporkan bahwa rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* spp., mampu melarutkan fosfat (Sutariati, 2006), sedangkan kelompok *Serratia* spp., selain mampu meningkatkan ketersediaan P juga dapat memfiksasi nitrogen (Gholami *et al.*, 2008). Isolat *Bacillus* spp. juga dilaporkan mampu mensintesis hormon tumbuh IAA (Sutariati, 2006), giberelin (Jo *et al.*, 2005), dan sitokinin (Timmusk *et al.*, 2005), isolat *P. fluorescens* mampu menghasilkan IAA (Sutariati, 2006), giberelin dan sitokinin (Ahmad *et al.*, 2005), demikian pula isolat *Serratia* spp. dilaporkan

mampu mensintesis IAA (El-Azeem *et al.*, 2007).

Potensi rizobakteri sebagai pemacu pertumbuhan tanaman melalui kemampuannya melarutkan fosfat atau memfiksasi nitrogen atau memproduksi hormon tumbuh merupakan karakteristik rizobakteri yang diinginkan. Oleh karena itu untuk memperoleh rizobakteri yang berpotensi sebagai PGPR perlu dievaluasi karakter tersebut. Beberapa jenis rizobakteri indigenus Sulawesi Tenggara (*Bacillus* spp., *Pseudomonas fluorescens* dan *Serratia* spp. telah berhasil diisolasi di Laboratorium Unit Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo. Berdasarkan hasil uji *in vitro* karakterisasi fisiologis dan biokimia terhadap isolat rizobakteri tersebut, beberapa isolat diketahui memiliki kemampuan memproduksi hormon tumbuh IAA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi isolat rizobakteri indigenus tersebut pelarut P dan fiksasi N. Jika terbukti efektif, hasil uji tersebut dapat digunakan sebagai metode seleksi awal untuk mendapatkan rizobakteri yang potensial dikembangkan sebagai alternatif pupuk hayati (*biofertilizer*) pada budidaya tanaman padi sawah di Indonesia.

BAHAN DAN METODE

Waktu dan Tempat. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Halu Oleo, pada bulan Pebruari sampai dengan Juni 2011.

Bahan dan Alat. Bahan-bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah benih padi lokal, $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, $FeSO_4 \cdot 7H_2O$, $NaMoO_4 \cdot 2H_2O$, $MnSO_4 \cdot 5H_2O$, $CaCl_2$, K_2HPO_4 dalam buffer NaCl, glukosa, NaCl, KCl, $MgSO_4$, $MnSO_4$, $FeSO_4$, *yeast extract*, $(NH_4)_2SO_4$, agar dan aquades. Alat-alat yang digunakan adalah boks perkecambahan, oven, timbangan analitik, jarum ose, cawan petri, lampu bunsen, *hand sprayer*, *autoclave*, *Laminar air flow cabinet*, gelas ukur, mistar dan alat tulis menulis.

Persiapan dan Perbanyakan Isolat Rizobakteri. Media yang digunakan untuk perbanyakan bakteri yaitu TSA dan Kings'B. Media TSA ini dibuat dari campuran agar 20 g dan Tryptic Soy Broth 3 g. Sedangkan untuk pembuatan media Kings'B terdiri dari

campuran agar 20 g, protease peptone 20 g, glycerol 15 mL, K_2HPO_4 2,5 g dan $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ 6 g. Campuran bahan untuk pembuatan media TSA dan Kings'B dilarutkan dalam air steril 1000 mL dan direbus sampai mendidih selama \pm 20 menit. Campuran bahan yang telah mendidih dimasukkan kedalam Erlenmeyer dan disterilkan dengan menggunakan *autoclave* (T 121 $^\circ$ C, p 1 atm, t 20 menit). Setelah itu, campuran bahan tersebut dituang dalam cawan petri setebal 0,5 cm secara aseptik dalam *laminar air flow cabinet* kemudian didinginkan dan siap digunakan.

Karakterisasi Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfer Melarutkan Fosfat.

Pengujian kemampuan bakteri rizosfer melarutkan fosfat menggunakan media uji *Pikovskaya's agar* dengan penambahan *tri-calcium phosphate* (TCP) sebagai sumber fosfat. Komposisi per liter media yang digunakan terdiri atas glukosa (10 g), NaCl (0,2 g), KCl (0,2 g), $MgSO_4$ (0,1 g), $MnSO_4$ (2,5 mg), $FeSO_4$ (2,5 mg), *yeast extract* (0,5 g), $(NH_4)_2SO_4$ (0,5 g), dan agar (15 g). Media disterilisasi dengan pemanasan menggunakan autoklaf dan setelah sterilisasi pH media diatur menjadi 7,2 dengan KOH 5 N. Media uji dituangkan kedalam cawan petri (ϕ 9 cm), dibuat lubang dengan pelubang gabus dan diisi dengan 0,2 mL suspensi isolat bakteri rizosfer yang diuji. Media uji dengan bakteri diinkubasi selama 3 hari dalam ruang inkubasi dengan suhu 28 $^\circ$ C. Kemampuan melarutkan

fosfat dari isolat yang diuji dievaluasi secara kualitatif berdasarkan terbentuknya halo disekitar lubang yang berisi suspensi bakteri

Karakterisasi Kemampuan Isolat Bakteri Rizosfer Memfiksasi N. Pengujian kemampuan memfiksasi N menggunakan media yang terdiri dari $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ (25 g), $FeSO_4 \cdot 7H_2O$ (0,01 g), $NaMoO_4 \cdot 2H_2O$ (0,01 g), $MnSO_4 \cdot 5H_2O$ (0,01 g), $CaCl_2$ (0,1 g), K_2HPO_4 dalam buffer NaCl (5 mL) dan Agar (17 g-20 g). Isolat murni umur 48 jam, digoreskan/ ditumbuhkan pada media tersebut kemudian dilanjutkan dengan inkubasi pada suhu ruang selama 4 hari, selanjutnya mengamati pertumbuhan bakteri yang tumbuh. Indikator isolat yang mampu memfiksasi N ditandai dengan pertumbuhan isolat dalam media tanpa N melalui perubahan tingkat kekeruhan media cair.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kemampuan isolat rizobakteri dari rizosfer padi sawah untuk melarutkan fosfat. Hasil pengamatan kemampuan melarutkan fosfat dari rizosfer padi sehat yang diuji (berupa pembentukan zona bening (halo) pada media TCP) menunjukkan bahwa dari 40 isolat yang diuji, hanya 5 yang tidak mampu melarutkan fosfat, sementara itu 35 isolat yang dapat melarutkan fosfat, memiliki tingkat pelarutan yang bervariasi (kisaran halo 0,15-1,25) (Tabel 1).

Tabel 1. Kemampuan berbagai isolat rizobakteri dari rizosfer padi sehat untuk melarutkan fosfat

Isolat rizobakteri dari padi sawah	Pelarut fosfat	Diameter Halo (cm)		Isolat rizobakteri dari padi sawah	Pelarut fosfat	Diameter Halo (cm)	
		Hari I	Hari II			Hari I	Hari II
PKNS1	*	0,75	0,75	PKMN 5	*	-	0,15
PKNS2	*	0,45	0,55	PKMN 6	*	0,60	0,75
PKNS3	*	0,8	1,05	PKMN 7	*	0,70	1,10
PKNS4	*	0,25	1,00	PKMN 8	*	0,65	0,95
PKNS5	-	-	-	PKNW 1	-	-	-
PKNS6	*	0,7	0,55	PKNW 2	*	0,40	0,55
PKNS7	*	-	0,20	PKNW 3	*	0,45	0,55
PKNS8	*	0,45	0,65	PKNW 4	*	0,50	1,05
PKNS9	*	0,65	1,05	PKNW 5	*	0,55	0,80
PKNS10	*	0,60	0,90	PKNW 6	*	0,65	1,25
PKNS11	-	-	-	PKNW 7	*	0,75	1,00
PKNS12	*	0,40	0,75	PKNW 8	*	0,75	1,00
PKNS13	*	-	0,15	PKLK 1	*	0,40	0,70
PKNS14	*	-	0,15	PKLK 2	*	0,65	0,65
PKNS15	-	-	-	PKLK 3	*	0,65	0,75
PKNS16	-	-	-	PKLK 4	*	0,45	0,75
PKMN 1	*	0,40	0,55	PKLK 5	*	0,40	0,70
PKMN 2	*	0,60	0,80	PKLK 6	*	0,70	0,85
PKMN 3	*	0,60	0,80	PKLK 7	*	0,50	0,90
PKMN 4	*	0,50	0,95	PKLK 8	*	0,85	0,95

Keterangan : (*) Mampu melarutkan fosfat, (-) tidak mampu melarutkan fosfat

Kemampuan isolat rizobakteri dari rizosfer padi sawah untuk memfiksasi nitrogen. Hasil pengamatan kemampuan isolat rizobakteri dari rizosfer padi sawah untuk memfiksasi nitrogen disajikan pada Tabel 2. Dari 40 isolat yang diuji, 25 isolat mampu memfiksasi nitrogen yang ditunjukkan

dengan adanya perubahan suspensi bakteri dari bening menjadi keruh. Semakin meningkat kekeruhannya, maka semakin tinggi kemampuan fiksasi nitrogen isolat tersebut. Pengamatan bersifat kualitatif, bergantung pada tingkat kekeruhan suspensi isolat pada media tanpa N.

Tabel 2. Kemampuan isolat rizobakteri dari rizosfer padi sawah untuk memfiksasi Nitrogen

Isolat rizobakteri dari padi sawah	Fiksasi N	Isolat rizobakteri dari padi sawah	Fiksasi N
PKNS1	+	PKMN 5	-
PKNS2	++	PKMN 6	-
PKNS3	-	PKMN 7	-
PKNS4	++	PKMN 8	-
PKNS5	+	PKNW 1	+
PKNS6	-	PKNW 2	+
PKNS7	-	PKNW 3	++
PKNS8	++	PKNW 4	+
PKNS9	+	PKNW 5	+
PKNS10	++	PKNW 6	++
PKNS11	++	PKNW 7	+
PKNS12	++	PKNW 8	++
PKNS13	-	PKLK 1	+
PKNS14	-	PKLK 2	++
PKNS15	-	PKLK 3	++
PKNS16	-	PKLK 4	++
PKMN 1	-	PKLK 5	-
PKMN 2	++	PKLK 6	++
PKMN 3	-	PKLK 7	++
PKMN 4	-	PKLK 8	+

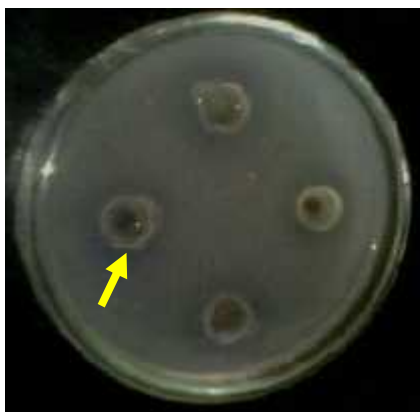
Keterangan : (+) mampu fiksasi nitrogen dan (-) tidak mampu fiksasi nitrogen

Pembahasan. Hasil pengujian kemampuan rizobakteri padi sawah melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen menunjukkan bahwa lebih dari 50% isolat yang diuji, memiliki kemampuan keduanya. Kemampuan melarutkan fosfat diindikasikan dengan terbentuknya zona bening (halo) di sekitar lubang yang berisi suspensi rizobakteri pada media yang mengandung *Tri-calciumphosphate*. Berdasarkan pengamatan diameter halo yang terbentuk, terdapat variasi pembentukan halo pada hampir semua isolat yang diuji. Isolat PKNW 6 menunjukkan kemampuan melarutkan fosfat terbaik, dengan diameter 1,25 cm, kemudian isolat PKMN 7 dengan diameter 1,1 cm, dan isolat PKNS 3, PKNS 9 dan isolat PKNW 4 dengan diameter masing-masing 1,05 cm. Perbedaan

kemampuan setiap isolat dalam melarutkan fosfat diduga disebabkan oleh perbedaan karakter fisiologis dan biokimia masing-masing isolat. Kajian sebelumnya (Sutariati *et al.*, 2006; Idris *et al.*, 2009; Alavi *et al.*, 2013) juga melaporkan hasil yang sama bahwa kemampuan melarutkan fosfat oleh bakteri berbeda-beda bergantung pada strain. Performa pelarutan fosfat oleh rizobakteri ditampilkan pada Gambar 1.

Mikroba yang berperan dalam pelarut fosfat adalah bakteri, cendawan dan aktinomisetes. Spesies-spesies bakteri yang mempunyai kemampuan tinggi untuk melarutkan fosfat adalah *Pseudomonas striata*, *P. rathonis*, *Bacillus polymixa*, dan *B. megaterium* (Rao, 1994). Faccini *et al.* (2004); Poonguzhali *et al.* (2008); Sharma *et al.*

(2007), menambahkan bahwa rizobakteri dari kelompok *Bacillus* spp. dan *Pseudomonas* spp. dilaporkan memiliki kemampuan lebih baik dalam melarutkan fosfat, dibandingkan dengan kelompok bakteri lainnya. Semua bakteri tersebut mempunyai kemampuan yang stabil dalam melarutkan fosfat yang tidak tersedia di dalam tanah. Selanjutnya Idris *et al.* (2009) melaporkan bahwa rizobakteri *Serratia marcescens* juga mampu melarutkan fosfat.



Gambar 1. Kemampuan rizobakteri melarutkan fosfat ditunjukkan oleh adanya zona bening atau halo (tanda panah) pada media selektif (Pikovskaya's agar + *tricalciumphosphate*)

Kelompok bakteri *Pseudomonas* sp. dan *Bacillus* sp. dapat mengeluarkan asam-asam organik, seperti asam formiat, asetat dan laktat yang bersifat melarutkan bentuk-bentuk fosfat yang sukar larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman (Kang *et al.*, 2007; Chaiharn *et al.*, 2008; Khan *et al.*, 2009; Park *et al.*, 2009; Mehrab *et al.*, 2010). Fosfat yang tersedia dalam bentuk organik dan anorganik. Fosfor organik mengandung senyawa-senyawa yang berasal dari tanaman dan mikroorganisme dan tersusun dari asam nukleat, fosfolipid dan fitin (Rao, 1994). Lebih lanjut menurut Rao (1994) mikroorganisme tanah yang dapat melarutkan fosfat memegang peranan dalam memperbaiki tanaman yang mengalami defisiensi fosfor.

Berdasarkan hasil pengujian kemampuan isolat Rizobakteri yang diisolasi dari rizosfer padi sehat menunjukkan bahwa dari 40 isolat yang diuji terdapat 26 isolat yang dapat memfiksasi nitrogen. Isolat-isolat yang memiliki kemampuan memfiksasi nitrogen adalah PKNS 1, PKNS2, PKNS4, PKNS5, PKNS 8, PKNS 9, PKNS 10, PKNS 11, PKNS 12, PKBR

2, PKNW 1, PKNW 2, PKNW 3, PKNW 4, PKNW 5, PKNW 6, PKNW 7, PKNW 8, PKLK 1, PKLK 2, PKLK 3, PKLK 4, PKLK 6, PKLK 7 dan PKLK 8. Kemampuan setiap isolat untuk memfiksasi nitrogen berbeda-beda, hal ini dapat dilihat dari tingkat kekeruhan yang terjadi pada setiap tabung reaksi yang berisi isolat padi sehat. Performansi kemampuan fiksasi N oleh rizobakteri ditampilkan pada Gambar 2.



Gambar 2. Kemampuan rizobakteri memfiksasi N ditunjukkan oleh adanya perubahan kekeruhan suspensi rizobakteri (semakin keruh, fiksasi N semakin kuat)

Pada umumnya, sumber nitrogen berasal dari udara bebas yang difiksasi oleh mikroba tanah. Mikroba tanah yang umum berperan adalah bakteri yang hidup di daerah perakaran tanaman yang memiliki bintil akar atau nodul akar. Namun, berdasarkan penelitian ini, didapatkan mikroba yang hidup di daerah perakaran tanaman yang tidak memiliki bintil akar yaitu padi sawah yang sehat. Mikroba tanah yang hidup di rizosfer padi sawah sehat yang mampu memfiksasi nitrogen berarti memegang peranan penting dalam menyediakan unsur hara nitrogen dalam bentuk tersedia bagi tanaman. Dengan demikian, pertumbuhan tanaman dapat terpacu dan berkembang dengan baik. Mikroba yang berperan sebagai PGPR mampu berperan dalam fiksasi N secara biologis dari udara (Akhtar *et al.*, 2009; Bhattacharyya dan Ja, 2012). Inokulasi rizobakteri memberikan kontribusi mencapai 20-50% dari total kebutuhan Nitrogen tanaman dari proses fiksasi N_2 (Mehrab *et al.*, 2010).

Oleh karena sebagian besar isolat-isolat yang diuji merupakan mikroorganisme yang mampu melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen, maka isolat-isolat tersebut dapat direkomendasikan dalam pengujian-pengujian

lanjutan untuk pengembangannya sebagai biofertilizer. Dengan demikian, jika berhasil maka penggunaan pupuk kimia dapat diminimalkan dan diganti dengan teknologi pemupukan yang ramah lingkungan dan berkelanjutan.

SIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan. Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa sebagian besar isolat rizobakteri yang diisolasi dari rizosfer padi sehat dari 4 kabupaten di Sulawesi Tenggara memiliki kemampuan melarutkan fosfat dan memfiksasi nitrogen. Isolat PKNW 6, t PKMN 7, PKNS 3, PKNS 9 dan PKNW 4 mampu melarutkan fosfat dan nitrogen lebih baik dibandingkan dengan isolat lainnya.

Saran. Diperlukan pengujian-pengujian lanjutan baik di tingkat laboratorium, rumah kaca maupun lapangan untuk pengembangan isolat-isolat rizobakteri potensial hasil penelitian ini menjadi pupuk hayati.

DAFTAR PUSTAKA

- Ahmad F, Ahmad I, Khan MS. 2005. Indoleacetic acid production by the indigenous isolates of *Azotobacter* and fluorescent pseudomonad in the presence and absence of tryptophan. *Turk. J Biol.* 29:29-34.
- Akhtar MJ, Asghar HN, Shahzad K, Arshad M. 2009. Role of plant growth promoting rhizobacteria applied in combination with compost and mineral fertilizers to improve growth and yield of wheat (*Triticum aestivum* L.). *Pak. J. Bot.*, 41(1): 381-390.
- Alavi, BSG, Soleymani M, Ahmadzadeh M, Soleymani S. 2013. Ability of rhizobacteria of valerian in phosphate solubilization and their symbiotic efficiency. *J. Sci. & Technol. Greenhouse Culture* 4(13).
- Ashrafuzzaman M, Hossen FA, Ismail MR, Hoque MdA, Islam MZ, Shahidullah SM, Meon S. 2009. Efficiency of plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR) for the enhancement of rice growth. *African Journal of Biotechnology* 8 (7): 1247-1252.
- Bhattacharyya PN, Jha DK. 2012. Plant growth-promoting rhizobacteria (PGPR): emergence in agriculture. *World J. Microbiol. Biotechnol.* 28:1327-1350.
- Chaiharn M, Chunhaleuchan S, Kozo A, Lumyong S. 2008. Screening of rhizobacteria for their plant growth promoting activities. *KMITL Sci. Tech. J.* 8(1): 18-23.
- Desmawati. 2006. Pemanfaatan *Plant Growth Promoting Rhizobacter* (PGPR) Prospek Yang Menjanjikan dalam Berusaha Tani Tanaman. POPT Direktorat Perlindungan Tanaman Hortikultura dan Ditjen Hortikultura . <http://ditlin.hortikultura.deptan.go.id/tulisan/desmawati.htm>. [Accessed 18 oktober 2010].
- Elango R, Parthasarathi R, Megala S. 2013. Field level studies on the association of plant growth promoting rhizobacteria (PGPR) in *Gloriosa Superba* L. rhizosphere. *Indian Streams Research Journal* 3(10): 1-6.
- El-Azeem SAMA, Mehana TA, Shabayek AA. 2007. Some plant growth promoting traits of rhizobacteria isolated from Suez Canal region, Egypt. *African Crop Science Conference Proceedings* 8:1517-1525.
- Faccini G, Garzon S, Martines M, Varela A. 2004. Evaluation of the effects of a dual inoculum of phosphate-solubilizing bacteria and *Azotobacter chroococcum*, in creolo potato (Papa "Criolla") (*Solanum phureya*) var 'Yema de Huevo'. <http://www.ag.auburn.edu/argentina/pdfmanuscripts/faccini.pdf> [Diakses 28 Okt 2011].
- Gholami A, Biari A, Nezarat S. 2008. Effect Of Seed Priming With Growth Promoting Rhizobacteria At Different Rhizosphere Condition On Growth Parameter Of Maize. *International Meeting On Soil Fertility Land Management and Agroclimatology. Turkey* P: 851-856.
- Hasta L. 2010. Penerapan Padi Sawah Ramah Lingkungan. Artikel Batavia. <http://bataviase.co.id/category/media/media-indonesia>. (Diakses 23 oktober 2010).
- Idris A, Labuschagne N, Korsten L. 2009. Efficacy of rhizobacteria for growth promotion in sorghum under greenhouse conditions and selected modes of action studies. *Journal of Agricultural Science* 147:17-30
- Jo GJ, Kim YM, Kim JT, Rhee IK, Kim JH, Lee IJ. 2005. Gibberellins-producing rhizobacteria increase endogenous gibberellins content and promote growth of red peppers. *J Microbiol.* 43(6):510-5.
- Kang SH, Cho H-S, Cheong H, Ryu C-M, Kim JF, Park S-H. 2007. Two bacterial entophytes eliciting plant growth promotion and plant defense on pepper (*Capsicum annuum* L.) *J Microbiol. Biotechnol.* 27:96-103.
- Kasno A. 2010. Nutrient Balance at Integrated Nutrient Management on Lowland Rice Which Is Dominated By 1:1 Clay Mineral for High Potential Rice Yields. *Jurnal Tanah Tropika* 15(2):119-126.
- Khan AA, Jilani G, Akhtar MS, Naqvi SMS, Rasheed M. 2009. Phosphorus solubilizing bacteria: occurrence, mechanisms and their role in crop production. *J Agric. Biol. Sci.* 1(1):48-58.

- Loon LC. 2007. Plant responses to plant growth-promoting rhizobacteria. *Eur J Plant Pathology* 119:243-254.
- Mehrab YH, Rahmani A, Noormohammadi G, Ayneband A. 2010. Plant growth promoting rhizobacteria increase growth, yield and nitrogen fixation in *Phaseolus vulgaris*. *Journal of Plant Nutrition* 33(12):1733- 1743.
- Park KH, Lee CY, Son HJ. 2009. Mechanism of insoluble phosphate solubilization by *Pseudomonas fluorescens* RAF15 isolated from ginseng rhizosphere and its plant growth promoting activities. *Lett. Appl. Microbiol.* 49(2):222-228.
- Poonguzhali, Selvaraj, Madhaiyan M, Tongmin SA. 2008. Isolation and identification of phosphate solubilizing bacteria from Chinese Cabbage and their effect on growth and phosphorus utilization of plants. *J Microbiol. Biotechnol.* 18(4): 773-777.
- Rao SNS. 1994. Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman. Edisi Kedua Terjemahan Erawati Susilo. Universitas Indonesia Press. Jakarta.
- Sharma K, Dak G, Agrawal A, Bhatnagar M, Sharma R. 2007. Effect of phosphate solubilizing bacteria on the germination of *Cicer arietinum* seeds and seedling growth. *Journal of Herbal Medicine and Toxicology* 1(1): 61-63
- Sutariati, GAK, Widodo, Sudarsono, Ilyas S. 2006. Pengaruh perlakuan rhizobakteri pemacu pertumbuhan tanaman terhadap viabilitas benih serta pertumbuhan bibit tanaman cabai. *Bul. Agron.* 34(1): 46-54.
- Sutariati GAK. 2006. Perlakuan Benih dengan Agens Biokontrol untuk Pengendalian Penyakit Antraknosa, Peningkatan Hasil dan Mutu Benih Cabai. Disertasi. Program Pascasarjana Institut Pertanian Bogor.
- Timmusk S, Grantcharova N, Wagner EGH. 2005. *Paenibacillus polymyxa* invades plant roots and forms biofilms. *Applied and Environmental Microbiology* 71(11): 7292-7300.