

# POPULASI BAKTERI PELARUT FOSFAT PADA LAHAN MASAM LAMPUNG TIMUR DAN BANJARNEGARA JAWA TENGAH

Suryantini

*Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*

## ABSTRAK

Pada tanah masam ketersediaan hara fosfor umumnya rendah. Beberapa bakteri mampu meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah melalui mekanisme pelarutan fosfat. Oleh karena itu populasi bakteri pelarut fosfat pada tanah masam perlu diketahui dan dikarakterisasi untuk mendapatkan isolat-isolat bakteri pelarut fosfat yang efektif dan dapat dimanfaatkan sebagai sumber inokulum pelarut fosfat. Penelitian dilakukan di Laboratorium Mikrobiologi Tanah Balai Penelitian Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian (Balitkabi) Malang selama bulan Maret-November 2007, menggunakan contoh tanah berasal dari 20 lokasi di Lampung dan Banjarnegara. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pH tanah Lampung lebih masam (pH 4,0–4,5) dibanding Banjarnegara (pH 4,5–5,5) yang berpengaruh terhadap populasi bakteri pelarut P. Di Banjarnegara populasinya rata-rata lebih tinggi dibanding di Lampung, namun keduanya masih pada taraf rendah (<10.000/g tanah). Sebanyak 27 isolat efektif melarutkan fosfat berhasil dikumpulkan, yaitu 12 isolat dari contoh tanah Lampung dan 15 isolat dari contoh tanah Banjarnegara. Indeks pelarutan (IP) berkisar antara 2–3 mm dan karakter pertumbuhannya relatif sama yaitu lag fase (fase awal pertumbuhan) dan log fase (tumbuh cepat) dicapai dalam waktu hampir bersamaan.

Kata kunci: Populasi, karakterisasi, bakteri pelarut P, Banjarnegara, Lampung

## ABSTRACT

**Phosphorus (P) availability in acid soils is usually low.** Some soil bacteria are able to solubilize unavailable soil phosphorus to become available for plant uptake. Therefore, the bacterial population in acid soils needs to be known and characterized to obtain effective isolates that can be used as an inoculum source of phosphate solubilizing. The study was conducted at the Soil Microbiology Lab of Iletri (The Indonesian Legumes and Tuber Crops Research Institute) Malang during March–November 2007. The soil samples used were collected from Banjarnegara and Lampung. The result showed that the pH of Banjarnegara soils (pH 4,5–5,5) were higher than those of Lampung soils (pH 4,0–4,5) and this affected the number of P-solubilizing bacteria in both locations that Banjarnegara has higher number than Lampung, however, the same population status was identified low (<10.000/g soil). There were 27 P-solubilizing bacteria isolates effective and efficient to solubilize P, which were 12 isolates from Lampung soil samples and 15 isolates from Banjarnegara soil samples. The solubilization index (PI) ranged from 2 to 3 mm and their growth character was relatively similar, lag phase (phase of early growth) and log phase (phase of fast growing) were achieved in almost the same time.

Key words: Population, characterization, P-solubilizing bacteria, Banjarnegara, Lampung

## PENDAHULUAN

Peningkatan produksi kedelai di Indonesia terutama dilakukan dengan perluasan areal tanam ke lahan kering masam di luar Jawa. Luas total lahan kering di Indonesia sekitar 148 juta ha, diantaranya 102.80 juta ha (69,46%) merupakan tanah masam yang

didominasi oleh Inceptisol, Ultisol dan Oxisol yang sebagian besar terdapat di Sumatra, Kalimantan dan Papua (Mulyani 2006). Kendala utama produktivitas tanaman di lahan masam adalah rendahnya kesuburan tanah, terutama rendahnya ketersediaan hara fosfor (P). Hara P merupakan faktor pembatas utama setelah nitrogen (N) untuk produktivitas kedelai dan kacang tanah. Kekurangan P dapat menyebabkan penurunan aktivitas fotosintesis per unit luas daun (Israel & Rufty 1988). Peran P dalam proses penambatan N berkaitan dengan suplai fotosintat ke akar untuk produksi bintil akar dan aktivitasnya (Cassman *et al.* 1985).

Ketersediaan P sangat bergantung pada pH tanah dengan kisaran pH optimal 6,5–7,5 (Mitchell *et al.* 2000). Pada tanah masam, adanya kation Al, Fe dan Mn tinggi dapat memfiksasi P menjadi Al-P, Fe-P dan Mn-P yang sukar larut sehingga P tidak tersedia untuk tanaman. Meskipun tanaman dipupuk P dalam jumlah yang tinggi, P akan mengendap bersama besi (Fe) atau aluminium (Al) (Donahue *et al.* 1990). Pemberian kapur biasanya dilakukan untuk meningkatkan pH dan mengendapkan Al sebagai hidroksida Al yang tidak larut, namun kapur umumnya diperlukan dalam jumlah besar 2–10 t/ha (Schachtman *et al.* 1998).

Pada kondisi ketersediaan P tanah rendah akibat kemampuan fiksasi tanah yang tinggi maka pemberian pupuk saja tidak efektif. Tawari *et al.* (1970) melaporkan bahwa fiksasi P dari pupuk di tanah Aluvial yang kaya Al dan Fe dapat mencapai 81–93%, sehingga penggunaan pupuk P sangat tidak efisien. Hal yang sama dilaporkan oleh Goldstein (1986) bahwa pemupukan P tidak efektif di tanah masam, karena sebagian besar P (70–90%) dari pupuk ditransformasi menjadi bentuk tidak tersedia.

Pemanfaatan mikroorganisme memungkinkan pemberian pupuk menjadi lebih efisien dan efektif dalam meningkatkan ketersediaan hara, sehingga dapat memberi solusi untuk budidaya pertanian berkelanjutan. Beberapa jenis mikroba seperti bakteri, jamur dan aktinomisetes dilaporkan aktif dalam konversi fosfat tidak larut menjadi fosfat larut (Chabot *et al.* 1996; Pal 1998). Beberapa peneliti melaporkan bahwa bakteri lebih aktif dibanding jenis mikroba lain dalam mengkonversi P (Jose *et al.* 2001; Sadia *et al.* 2002; Thakuria *et al.* 2004). Bakteri dari genus *Bacillus* dan *Pseudomonas* dapat memobilisasi P dari bentuk tidak tersedia melalui mekanisme pelarutan dan meningkatkan ketersediaan P untuk tanaman (Richardson 2001).

Inokulasi pelarut P, *Bacillus pantothenicus* dan *Pseudomonas pieketti*, mampu meningkatkan hasil padi sebesar 55% dan 76% dari plot kontrol yang tidak diinokulasi. Khalil dan Sultan (2000) melaporkan bahwa inokulasi mikroba pelarut P mampu meningkatkan ketersediaan P dari batuan fosfat yang diaplikasikan ke tanah dalam 20 hari, yaitu dari 0,67 ppm menjadi 17,78 ppm. Pada tanaman tebu, pemberian batuan fosfat disertai dengan pupuk mikroba pelarut P dapat menghemat penggunaan pupuk P sebanyak 25%, dan sebanyak 50% penggunaan superposfat yang mahal dapat diganti dengan batuan fosfat yang lebih murah (Sundara *et al.* 2002). Pada tanaman kedelai, penggunaan pupuk mikroba *Rhizopus* yang mengandung pelarut P mampu meningkatkan P tersedia tanah, serapan P tanaman dan hasil biji (Saraswati *et al.* 1996; Suryantini & Kuntastyuti 1998; Suryantini 1999).

Pelarutan fosfat oleh mikroba merupakan proses penting dalam ekosistem alam terutama di tanah pertanian. Di lahan masam sebenarnya terdapat mikroba yang efektif melarutkan P, namun kurang bermanfaat karena jumlahnya tidak cukup tinggi untuk berkompetisi dengan mikroba lain yang juga berada di sekitar perakaran tanaman (Jose

*et al.* 2001). Oleh karena itu, penggunaan mikroba pelarut P yang efektif tersebut sebagai inokulan (diaplikasikan dalam jumlah lebih tinggi dibanding jumlah mikroba umumnya dalam tanah) akan lebih bermanfaat dalam mengatasi permasalahan P di lahan masam. Penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi, isolasi dan karakterisasi populasi bakteri pelarut P di lahan masam untuk mendapatkan isolat-isolat efektif sebagai sumber inokulum pelarut fosfat pupuk hayati unggul.

## **BAHAN DAN METODE**

Penelitian dilakukan dalam dua tahap, yaitu observasi populasi dan karakterisasi.

### **Observasi Populasi Bakteri Pelarut P**

Observasi populasi bakteri pelarut P dilaksanakan pada sepuluh lokasi lahan masam Ultisol di Lampung dan Banjarnegara (Jawa Tengah). Pertanaman kedelai dan kacang tanah pada setiap lokasi dipilih, dan contoh tanahnya diambil masing-masing pada 4 titik pada lapisan olah ( $\pm 15$  cm) dan juga dari rhizosfer tanaman kedelai dan kacang tanah. Penetapan populasi bakteri pelarut P dilakukan di laboratorium Mikrobiologi Tanah Balitkabi Malang dengan metode "plate count" (agar cawan) menggunakan media agar Pikovskaya (media yang mengandung sumber P tidak larut). Seri pengenceran tanah  $10^{-3}$  dan  $10^{-4}$  dibuat, kemudian 1 ml larutan tanah pada pengenceran tersebut dimasukkan ke dalam cawan Petri yang telah berisi media, dengan ulangan tiga kali untuk setiap pengenceran. Selanjutnya, biakan diinkubasi selama satu minggu. Koloni bakteri pelarut P dicirikan oleh warna jernih transparan di sekelilingnya yang menunjukkan adanya pelarutan fosfat. Penghitungan populasi dilakukan dengan mengalikan rata-rata jumlah koloni per cawan petri dengan faktor pengenceran. Hasil yang diperoleh dikonversi ke jumlah mikroba dalam satu gram tanah kering mutlak dengan memperhitungkan kadar air tanah.

### **Isolasi dan Karakterisasi Bakteri Pelarut P**

Koloni bakteri pelarut P dari percobaan pertama dipisahkan berdasarkan waktu pemaparan dan keragaan dengan cara di-reisolasi/distreak ulang pada media Pikovskaya agar untuk pemurnian. Setiap isolat dikarakterisasi berdasarkan karakter fungsional: kecepatan pertumbuhan dan efektivitas pelarutan P. Isolat ditumbuhkan pada media Pikovskaya broth pada temperatur  $32 \pm 2$  °C dan dikocok menggunakan *shaker* pada kecepatan 180 rpm selama lima jam. Pembacaan *absorbance* dilakukan setiap satu jam sekali menggunakan spektrophotometer pada panjang gelombang 600 nm. Efektifitas pelarutan P ditunjukkan oleh terbentuknya zona jernih di sekeliling koloni. Diameter zona pelarutan P diukur berdasarkan diameter koloni + zona jernih. Efisiensi pelarutan P diukur berdasarkan rasio antara diameter zona pelarutan P (zona jernih + diameter koloni) dibagi dengan diameter koloni pada media agar (Nautiyal 1999).

## **HASIL DAN PEMBAHASAN**

Populasi bakteri pelarut P di Ultisol Lampung pada sepuluh lokasi menunjukkan jumlah yang relatif rendah ( $< 10.000$  cfu/g tanah), dengan kisaran 500–2000 cfu/g tanah (Tabel 1). Populasi terendah ( $< 1000$  cfu/g tanah) terdapat di Rekso Binangun-2 yang tanahnya lebih masam (pH 4,0) dibanding lokasi lainnya. Populasi tertinggi di Bumi

Nabung-2 yang mempunyai pH 5,0. Namun angka-angka ini tidak konsisten, yaitu di Bumi Nabung-3 (pH 5) hanya terdapat populasi pelarut P sebanyak 1000 cfu/g tanah tidak berbeda dengan populasi di Rekso Binangun 3 yang mempunyai pH 4.

Tabel 1 Populasi bakteri pelarut P di Ultisol Lampung dengan berbagai pH tanah

Lokasi/Desa	pH tanah	Populasi ( $\times 10^3$ ) cfu/g tanah
Bumi Nabung 1	4,5	2,25
Bumi Nabung 2	5,0	2,75
Bumi Nabung 3	5,0	1,00
Bumi Nabung 4	5,0	2,00
Restu Baru 1	5,0	2,25
Restu Baru 2	5,0	1,25
Restu Baru 3	4,5	1,25
Rekso Binangun 1	4,5	1,25
Rekso Binangun 2	4,0	0,52
Rekso Binangun 3	4,0	1,00

Cfu: satuan koloni (*colony forming unit*).

Pada tanah Ultisol Banjarnegara dengan pH 4,5–5,5 atau sedikit lebih tinggi dibanding Lampung menunjukkan jumlah populasi bakteri pelarut P lebih tinggi, yaitu antara 2000–4000 cfu/g tanah (Tabel 2). Meskipun demikian, populasi tersebut masih termasuk rendah ( $<10.000/g$  tanah). Ada kecenderungan penurunan populasi bakteri pelarut P pada pH tanah yang lebih masam. Di lokasi Pucung Bedug yang lebih masam (pH 4,5) populasi bakteri pelarut P lebih rendah dibanding populasi bakteri pelarut P di lokasi lainnya. Namun sama seperti di Lampung, pengaruh pH tanah terhadap populasi bakteri pelarut P tidak konsisten. Contoh di lokasi Parakan 1 yang mempunyai pH 5, menunjukkan populasi yang tidak berbeda dengan populasi di Pucung Bedug yang tanahnya lebih masam. Kurang berpengaruhnya pH tanah terhadap populasi bakteri pelarut P sejalan dengan hasil penelitian Vikram *et al.* (2007) yang melaporkan bahwa pH, P-tersedia dan P-total tanah tidak berkorelasi nyata dengan populasi bakteri pelarut P. Sebaliknya Niharendu dan Sunanda (2009) melaporkan bahwa komunitas bakteri pelarut P dalam tanah menurun sejalan dengan meningkatnya kesuburan tanah. Hal tersebut diduga berkaitan dengan peningkatan kadar P pada tanah yang lebih subur karena terdapatnya kadar P yang tinggi dapat menghambat aktivitas pelarutan P.

Berdasarkan warna koloni, jenis bakteri pelarut P di Banjarnegara lebih beragam dibanding di Lampung, meskipun beberapa koloni menunjukkan kesamaan (Tabel 3). Efektivitas pelarutan P ditunjukkan oleh terbentuknya zona jernih di sekeliling koloni dari isolat yang ditumbuhkan pada media agar Pikovskaya. Menurut Fankem *et al.* (2006), perubahan warna di zona sekitar koloni menjadi transparan menunjukkan penurunan pH di area tersebut dan pemasaman media berkaitan dengan proses pelarutan P. Terdapatnya beberapa koloni pelarut P dengan warna-warna yang berbeda sejalan dengan hasil penelitian Hairani (2006) pada tanah sulfat masam lahan rawa pasang surut Kalimantan, yang mendapati koloni berwarna jingga, kuning dan putih. Efisiensi pelarutan P yang diukur berdasarkan rasio antara diameter zona pelarutan P (zona jernih + diameter koloni) dibagi dengan diameter koloni (Z/K) menunjukkan bahwa dari 10 isolat asal Lampung, isolat L2 lebih efisien karena memiliki rasio tertinggi (3,07) atau zona pelarutan P sekitar tiga kali lipat diameter koloni, diikuti oleh L7 (2,73), L4 (2,64) dan L1

(2,43). Pada tanah Banjarnegara, isolat B3 lebih efisien dengan rasio Z/K: 2,76, diikuti oleh B15 (2,36) dan B9 (2,30), serta B1, B2, B5 dan B6 dengan rasio yang sama (2,00). Dengan demikian, isolat-isolat dari kedua lokasi tersebut mempunyai prospek yang baik untuk dikembangkan menjadi inokulan pelarut P.

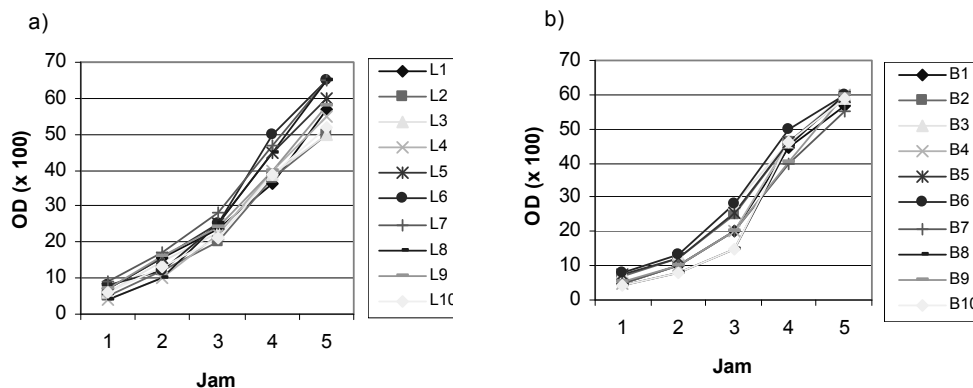
Tabel 2 Populasi bakteri pelarut P di Ultisol Banjarnegara dengan berbagai pH tanah.

Tanah/lokasi	pH tanah	Populasi (x10 <sup>3</sup> ) cfu/g tanah
Parakan 1	5,0	2,00
Parakan 2	5,0	3,75
Gumiwang 1	5,5	3,00
Gumiwang 2	5,5	3,00
Kutowaluh 1	5,5	3,00
Kutowaluh 2	5,5	3,25
Mertosari 1	5,5	4,50
Mertosari 2	5,5	3,75
Pucung Bedug 1	4,5	2,00
Pucung Bedug 2	4,5	2,75

Cfu: satuan koloni (colony forming unit).

Tabel 3. Karakter Isolat bakteri pelarut P dari lahan kering masam Lampung (L) dan Banjarnegara (B).

Isolat	Koloni		Zona (mm)	Koloni (mm)	Rasio Z/K
	HST	Warna			
L1	2	Kuning	31,6	13,0	2,43
L2	2	Putih berlendir	20,0	10,0	3,07
L3	2	Putih kering	33,5	24,8	1,35
L4	2	Coklat susu	33,0	12,5	2,64
L5	4	Putih bening	24,5	14,0	1,75
L6	4	Coklat susu	33,0	20,0	1,65
L7	4	Putih berlendir	30,0	11,0	2,73
L8	3	Kuning muda	19,8	11,0	1,80
L9	2	Krem	18,0	10,0	1,80
L10	4	Putih kering	29,5	15,0	1,97
L11	4	Putih berlendir	17,3	9,5	1,82
L12	4	Kuning	32,5	18,5	1,76
B1	2	Jingga	15,0	7,5	2,00
B2	2	Putih berlendir	21,0	10,0	2,10
B3	4	Kuning putih	34,5	12,5	2,76
B4	4	Jingga	25,0	18,3	1,37
B5	2	Putih kering	18,0	9,0	2,00
B6	2	Jingga	35,3	11,5	2,00
B7	4	Putih berlendir	20,0	18,5	1,08
B8	3	Putih susu	34,0	20,0	1,70
B9	3	Jingga	19,5	8,5	2,30
B10	2	Jingga	18,0	11,5	1,57
B11	2	Kuning putih	19,8	11,0	1,80
B12	2	Merah	18,0	13,0	1,38
B13	3	Krem	29,5	18,6	1,59
B14	3	Putih berlendir	17,3	9,5	1,82
B15	3	Putih susu	29,5	12,5	2,36



Gambar 1 Pertumbuhan isolat bakteri pelarut fosfat asal Lampung (a) dan Banjarnegara (b) (Lab. Mikrobiologi Tanah Balitkabi, 2007).

Berdasarkan pengamatan pertumbuhan dari isolat-isolat yang diperoleh terlihat adanya kesamaan fase-fase tumbuh antara isolat asal Lampung dan Banjarnegara (Gambar 1). Hingga lima jam waktu inkubasi isolat-isolat tersebut belum mencapai fase stationer (fase puncak/akhir pertumbuhan). Pertumbuhan bakteri mengikuti tiga fase, yaitu fase adaptasi (*lag phase*), fase tumbuh cepat (*log phase*) dan fase akhir pertumbuhan (*stationary phase*). Pada saat bakteri ditempatkan pada media atau lingkungan berkeandungan nutrisi tinggi, bakteri mulai beradaptasi dengan menunjukkan pertumbuhan yang lambat. Setelah beradaptasi mulai terjadi pertumbuhan yang cepat, terjadi pembelahan sel dan kecepatan tumbuh didasarkan pada waktu yang diperlukan oleh sel bakteri untuk bertambah dari satu sel menjadi dua sel.

Kecepatan tumbuh bakteri pelarut P dilaporkan berkorelasi dengan kapasitas pelarutan P. Bakteri dengan kemampuan tumbuh yang cepat mempunyai kemampuan melarutkan P lebih tinggi dibanding yang tumbuh lebih lambat (Vazquez *et al.* 2000). Bakteri tumbuh cepat umumnya mencapai fase stationer dalam waktu 24 jam. Tampaknya isolat-isolat asal Lampung dan Banjarnegara mempunyai kemampuan tumbuh cepat karena pada dua jam waktu inkubasi sudah memasuki fase tumbuh cepat (*log phase*) atau fase logaritmik. Hal ini juga berkaitan dengan kecepatan pelarutan P dari isolat-isolat tersebut pada media agar Pikovskaya yang rata-rata terjadi pada hari ke dua inkubasi.

## KESIMPULAN

1. Populasi bakteri pelarut P di tanah Banjarnegara (pH 4,5–5,5) lebih tinggi dibanding di tanah Lampung yang lebih masam (pH 4,0–5,0).
2. Terdapat 27 isolat bakteri pelarut P yang efektif dan efisien melarutkan P, yaitu 12 isolat dari contoh tanah Lampung dan 15 isolat dari contoh tanah Banjarnegara.

## DAFTAR PUSTAKA

Cassman KG, Whitney AS, Stockinger KR. 1985. Phosphorus nutrition of *Rhizobium japonicum* strain difference in phosphat storage and utilization. Soil Soc. Am. J. 45: 517–520

- Chabot R, Antoun H, Cescas MP. 1996. Growth promotion maize and lettuce by phosphate-solubilizing *Rhizobium leguminosarum* biovar phaseoli. *Plant and soil* 184: 311–321.
- Donahue RL, Miller RW, Shickluna IC. 1990. *Soils: An Introduction to Soils and Plant Growth*. Prentice Hall of india private Limited, New Delhi. 110001. pp: 222–224.
- Fankem H, Nwaga DN, Deubel A, Dieng L, Merbach W, Etoa FT. 2006. *African J of Biotechnol* 5(24): 2450–2460.
- Goldstein AH. 1986. Bacterial solubilization of mineral phosphates. Historical perspective and future prrospects. *Amer J Alternat Agric* I: 51–57.
- Hairani A. 2006. Mikroorganisme Pendorong Hasil Padi yang Tinggi. *Tabloid Sinar Tani*. 28 Juni 2006. pp:14–16.
- Israel DW, Rufty TW. 1988. Influence of phosphorus nutrition on phosphorus nitrogen utilization efficiencies and associated physiological responses in soybean. *Crop Sci*. 28 (6): 954–960.
- Jose MI, Valverde A, Cervantes E, Velazquez E. 2001. Phosphate solubilizing bacteria as inoculants for agriculture: use of updated molecular techniques in their study. *Agron*. 21: 561–568.
- Khalil S, Sultan T. 2000. Phosphorus solubilizing microorganisms potential improve P availability from unavailable sources. Presented in 8<sup>th</sup> Int. Soil Sci. Cong. November 2000. Islamabad.
- Mitchell C, Plank O, Harris G, Crozier C, Tucker R, Cambeato J, Lipert B. 2000. *Soil Acidity Riview*. Clemson University. USA. 48p
- Mulyani A. 2006. Potensi Lahan Kering Masam untuk Pengembangan Pertanian. *Warta Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 28 (2) : 16–17.
- Nautiyal CS. 1999. An efficient microbiological growth medium for screening phosphate solubilizing microorganisms. *FEMS Microbiology Letters* 170: 265–270.
- Pal SS. 1998. Interaction of an acid tolerant strain of phosphate solubilizing bacteria with a view acid tolerant crops. *Plant and Soil*. 198: 169–177.
- Richardson AE. 2001. Prospects for using soil microorganisms to improve the acquisition of phosphorus by plants. *Aust J Plant Physiol* 28: 897–906
- Sadia A, Samina K, Najma N, Maliha R. 2002. In vitro solubilization of inorganic phosphate by phosphate solubilizing microorganisms (PSM) from maize rhizosphere. *Int J Agric Biol* 4: 454–458.
- Saraswati RR, Hastuti D, Sunarlim N, Hutami S. 1996. Penggunaan *Rhizoplus* generasi I untuk meningkatkan produktivitas tanaman kacang-kacangan. Hlm: 92–100. *Dalam* Heryanto, S.S. Antarlina, A. Kasno, N. Saleh, A. Taufik dan A. Winarto (eds). *Prosiding Lokakarya Teknologi Usaha Tani Palawija Berbasis Padi (SUTPA) di Balitkabi malang*, 8–9 Mei 1996,
- Sundara B, Natarajan V, Hari K. 2002. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on the changes in soil available phosphorus and sugar cane and sugar yields. *Field Crops Res*. 77: 43–49.
- Schachtman DP, Reid RJ, Ayling SM. 1998. Phosphorus uptake by plants: From soil to cell. *Plant Physiol*. 116: 447–453.
- Suryantini. 1999. Inokulasi *Rhizoplus* dan pemupukan P pada tanaman kedelai di tanah Mediteran, Aluvial dan Vertisol. *Perbaikan Komponen Teknologi untuk Meningkatkan Produktivitas Tanaman Kacang-kacangan dan Umbi-umbian*. Edisi Khusus Balitkabi No. 13–1999.

- Suryantini, Kuntastyuti H. 1998. Penggunaan Rhizolpus dan Urea pada kedelai dalam pola tanam padi-padi-kedelai dan padi-kedelai-kedelai. Hlm: 71–79. *Dalam* Sudaryono, M. Soedarjo, Y. Widodo, Suyamto, A.A. Rahmiana dan A. Taufik (eds). *Proseding Seminar Nasional Himpunan Ilmu Tanah Indonesia Tahun 1998*.
- Tawari SN, Chakrabarry DN, Bora PK. 1970. Retention and transformation of soluble phosphate added to Assam (India) soils. *J Inst Chemists (India)* 61: 174–176.
- Thakuria D, Talukdar NC, Goswami C, Hazarika S, Boro RC, Khan MR. 2004. Characterization and screening of bacteria from rhizosphere of rice grown in acidic soils of Assam. *Current Sci* 86 (7): 978–985.
- Vazquez P, Holguin G, Puente ME, Lopez-Cortes A, Bashan Y. 2000. Phosphat-solubilizing Microorganisms Associated with The Rhizosphere of Mangroves in A Semiarid Coastal Lagoon. *Biol Fertil Soils* 30:460–468.
- Vikram A, Hamzehzarghani H, Alagawadi AR, Krishnaraj PU, Chandrashekar BS. 2007. Production of Plant Growth Promotin Substances by Phosphate Solubilizing Bacteria Isolated from Vertisols. *J. Plant Sci.*, 2:326–333.