

**Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat
dengan Pupuk Kandang terhadap P Tersedia dan Pertumbuhan Kedelai pada Ultisol**

***The Effect of Rock Phosphate and Combination of Phosphate-Solubilizing
Bacteria and Farm Yard Manure on Soil Available P and Soybean Growth on Ultisols***

Aidi Noor ¹⁾

Diterima 13 Maret 2003 / Disetujui 1 Mei 2003

ABSTRACT

*The aims of this experiment were to evaluate the effect of rock phosphate application and combination phosphate-solubilizing bacteria and farm yard manure on soil available P and growth of soybean on Ultisol from Kentrong village, Banten province. Factorial experiment design with two factors was used in randomized complete block design with three replications. The first factor was rock phosphate i.e. : 0, 30, 60, and 90 kg P/ha, and the second factor was combination of phosphate solubilizing bacteria (PSB) and farm yard manure (FYM) i.e. : without PSB and FYM (control), PSB (*Pseudomonas fluorescens*), FYM 10 t/ha, and PSB+FYM. Results indicated that significant positive effect of rock phosphate and combination of PSB and FYM application occurred on soil available P, number and dry weight of nodule, dry weight of root and shoot. Rock phosphate application with rates of 30, 60, 90 kg P/ha increased soil available P 247%, 356% and 592% respectively compared to without P. Phosphate-solubilizing bacteria, farm yard manure and PSB+FYM increased 27%, 30% dan 48% respectively compared to control. Phosphate-solubilizing bacteria and farm yard manure combination with phosphate rock 30 kg P/ha dosage increased dry weight of soybean shoot 29% compared to control.*

Key words : Rock phosphate, Phosphate-solubilizing bacteria, Farm yard manure, Soybean, Ultisols.

PENDAHULUAN

Lahan kering di Indonesia yang didominasi tanah-tanah masam yang telah mengalami pelapukan lanjut seperti Ultisol dan Oxisol mempunyai areal yang cukup luas dan mempunyai potensi untuk pengembangan kedelai. Menurut Puslittanak (1992) sebaran Ultisol mencapai 42.3 juta ha atau 22.1% dari luas seluruh daratan di Indonesia yang tersebar di Pulau Jawa, Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya.

Fosfor merupakan unsur hara makro esensial untuk pertumbuhan tanaman kedua setelah N dan merupakan faktor pembatas dalam produksi tanaman. Defisiensi P diketahui secara luas terjadi di Asia dan merupakan faktor utama pembatas produksi pada tanah-tanah lahan kering yang telah mengalami pelapukan lanjut seperti Ultisol di daerah tropik dan sub tropik. Kandungan P total tanah yang rendah di daerah tropik dan subtropik berhubungan dengan bahan induk tanah dan telah lanjutnya pelapukan tanah. Selain itu kapasitas fiksasi P yang tinggi pada tanah menyebabkan P

tersedia tanah menjadi rendah (Sanyal *et al.*, 1993; Ruaysoongnern dan Keerati-kasikorn, 1996).

Untuk meningkatkan produksi tanaman pangan pada tanah-tanah masam seperti Ultisol diperlukan penambahan P anorganik seperti fosfat alam dan bahan organik, baik pupuk kandang maupun sisa-sisa tanaman. Pupuk fosfat seperti fosfat alam bukan hanya merupakan sumber P, tapi juga Ca, disamping itu mengandung sejumlah hara esensial seperti Mg, S, Fe, Cu dan Zn (Dev, 1996). Pupuk fosfat alam yang digunakan secara langsung umumnya mempunyai kelarutan yang rendah dibandingkan dengan pupuk kimia, sehingga diperlukan suatu usaha yang dapat meningkatkan kelarutannya seperti penggunaan mikroorganisme dan bahan organik.

Beberapa mikroorganisme seperti bakteri, fungi dan streptomycetes diketahui mempunyai kemampuan melarutkan P dari pupuk fosfat alam maupun P yang terikat di dalam tanah (Subba Rao, 1982a). Bahan organik selain dapat memperbaiki sifat fisik dan kimia tanah, juga dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas

¹⁾ Staf Peneliti Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Banjarbaru, Kalimantan Selatan.
Jl. Panglima Batur Barat No. 4 Banjarbaru, Tlp : (0511)772346, Fax : (0511)771810.

mikroorganisme tanah (Hsieh dan Hsieh, 1990; Sharma et al., 1998; Boggs et al., 2000).

Penggunaan mikroba pelarut P dan pupuk organik maupun kombinasinya sebagai alternatif untuk meningkatkan kelarutan fosfat alam pada tanah masam Ultisol perlu mendapat perhatian dalam rangka meningkatkan efektivitas penggunaannya dalam usaha pertanian. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang terhadap P tersedia tanah dan pertumbuhan kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian merupakan percobaan pot di rumah kaca yang dilaksanakan pada tahun 2001, menggunakan Ultisol (*Typic Kanhapludult*) yang berasal dari Desa Kentrong, Kabupaten Lebak, Propinsi Banten. Tanah diambil secara komposit dari kedalaman 0-20 cm, dikering anginkan dan dihaluskan sampai ukuran ± 2 mm, kemudian ditimbang 5 kg berdasarkan bobot kering mutlak per pot.

Penelitian merupakan percobaan faktorial 2 faktor dengan menggunakan rancangan acak kelompok. Faktor I adalah dosis pupuk fosfat alam Tunisia yang terdiri dari 4 taraf yaitu : 0, 30, 60, dan 90 kg P/ha setara dengan 0, 714, 1428, dan 2142 mg fosfat alam per pot. Faktor II adalah kombinasi pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang : Kontrol, Bakteri Pelarut Fosfat (*Pseudomonas fluorescens*) (BPF), Pupuk kandang 10 t/ha (PK) setara dengan 27.78 g per pot, dan PK+BPF. Kedua faktor tersebut masing-masing diulang tiga kali, sehingga terdapat 4 x 4 x 3 = 48 pot percobaan.

Karakteristik tanah, kandungan hara fosfat alam Tunisia dan pupuk kandang kotoran sapi yang digunakan dalam penelitian masing-masing disajikan dalam Tabel 1 dan 2.

Tabel 1. Karakteristik tanah yang digunakan dalam penelitian

Ciri-ciri tanah	Kadar	Kriteria *)
pH (H ₂ O)	4.6	Masam
C Organik (%)	1.21	Rendah
N total	0.25	Sedang
P Bray I (mg/kgP ₂ O ₅)	4.81	SR
P total (mg 100/g P ₂ O ₅)	19.01	R
Susunan kation		
Ca (cmol/kg)	3.45	R
Mg (cmol/kg)	0.89	SR
K (cmol/kg)	0.15	R

Na (cmol/kg)	0.04	SR
KTK (cmol/kg)	23.75	S
Kejenuhan basa (%)	17.0	SR
Al-dd (cmol/kg)	10.99	T
Kej. Al (%)	70.8	ST
Tekstur (%)		
Pasir	6	
Debu	31	Liat
Liat	63	
Bobot isi tanah (g/cm)		
Populasi Bakteri Pelarut	21 x 10 ³	
Fosfat (sel/g)		
Populasi Fungi Pelarut	89 x 10 ³	
Fosfat (sel/g)		

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Puslittanak, Bogor (2001)
*) Pusat Penelitian Tanah, Bogor (1983)

Tabel 2. Kadar hara fosfat alam Tunisia dan pupuk kandang yang digunakan dalam penelitian

Unsur hara	Nilai
Fosfat alam Tunisia	
P total (%P ₂ O ₅)	26.72
P larut asam sitrat 2% (%P ₂ O ₅)	15.80
CaO (%)	39.0
Kadar air (%)	1.84
Pupuk kandang	
C (%)	10.79
N (%)	0.62
C/N	17.40
P (%)	0.27
K (%)	0.79
Ca (%)	0.50
Mg (%)	0.18
Cu (mg/kg)	2
Zn (mg/kg)	32
Kadar air (%)	32.17

Sumber : Hasil Analisis Laboratorium Puslittanak, Bogor (2001)

Kapur kalsit dengan dosis 0.5 x Al-dd (10.99 cmol/kg) setara dengan 13.74 g/pot sebagai perlakuan dasar, fosfat alam, dan pupuk kandang sesuai perlakuan dicampur merata dengan tanah dan diinkubasi selama dua minggu, dengan mempertahankan kadar air pada keadaan 80% kapasitas lapang. Seluruh pupuk N dan K dengan dosis 50 kg Urea/ha (139 mg urea per pot) dan 100 kg KCl/ha (278 mg KCl per pot) sebagai pupuk dasar diberikan pada saat tanam. Bakteri pelarut fosfat

dengan kepadatan bakteri 10^8 sel/ml diberikan pada saat tanam, dengan cara menuangkan suspensi sebanyak 5 ml pada permukaan tanah.

Penanaman benih kedelai (varietas Wilis) dilakukan setelah benih terlebih dahulu diinokulasi dengan Rhizogin (*Rhizobium japonicum*). Sebanyak 4 biji benih kedelai ditanam dengan cara ditugal, setelah tanaman berumur 1 minggu dilakukan penjarangan sehingga menjadi 2 tanaman per pot. Penyiraman dilakukan setiap hari dengan mempertahankan kadar air tanah pada keadaan 80% kapasitas lapang.

Setelah tanaman kedelai mencapai masa akhir vegetatif (6 minggu setelah tanam), tanaman diambil untuk pengamatan jumlah dan bobot kering bintil akar,

bobot kering akar dan tanaman bagian atas. Tanah di dalam pot kemudian dikering anginkan, diaduk merata untuk analisis P tersedia (metode Bray I).

HASIL DAN PEMBAHASAN

P Tersedia Tanah

Perlakuan fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang mempengaruhi kandungan P tersedia tanah pada 6 minggu setelah tanam (MST), namun interaksinya tidak menunjukkan perbedaan yang nyata (Tabel 3).

Tabel 3. Rata-rata P tersedia tanah (mg/kg P_2O_5) 6 MST pada berbagai perlakuan di Ultisol Kentrong

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P/ha)				Rata-rata
	0	30	60	90	
Kontrol	1.53	4.50 c	6.77	11.47	6.07 b
BPF	1.47	7.80 c	8.77	13.70	7.68 a
PK	2.47	6.43 c	8.23	14.47	7.90 a
BPF + PK	2.20	7.93	11.13	14.53	8.95 a
Rata-rata	1.92 d	6.67 c	8.48 b	13.54 a	

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama masing-masing pada arah horizontal dan vertikal tidak berbeda nyata berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

BPF : Bakteri Pelarut Fosfat
 PK : Pupuk Kandang

Fosfat alam dengan dosis 30, 60, dan 90 kg P/ha berturut-turut meningkatkan P tersedia tanah 247%, 356%, dan 592% dibandingkan tanpa fosfat alam (Tabel 3). Peningkatan P tersedia yang cukup tinggi ini diperkirakan karena rendahnya kadar P tanah percobaan yaitu P tersedia (P Bray I) 4.81 mg/kg P_2O_5 dan P total 19.01 mg 100/g P_2O_5 (Tabel 1). Selain itu juga kelarutan fosfat alam yang digunakan dalam percobaan cukup tinggi, yang kelarutannya dalam asam sitrat 2% adalah 15.8% (59.2% dari total P) (Tabel 2). Selain sifat fosfat alam, lingkungan tanah seperti kemasaman tanah sangat mempengaruhi kelarutan fosfat alam di dalam tanah (Havlin *et al.*, 1999; Mulyadi, 1997). Pada tanah percobaan pH berada < 5.3 adalah masih tergolong masam. Menurut Havlin *et al.* (1999), fosfat alam efektif digunakan pada tanah dengan pH < 6.

Pemberian bakteri pelarut fosfat (BPF), pupuk kandang (PK) dan BPF+PK meningkatkan P tersedia berturut-turut 267%, 30% dan 48% dibandingkan kontrol (Tabel 3). Meningkatnya P tersedia dalam tanah pada percobaan ini diperkirakan karena bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas fluorencens* yang diinokulasikan menghasilkan asam-asam organik yang efektif dalam mengikat logam-logam Al, Fe dan Ca.

Hasil analisis asam organik pada media Pikovskaya oleh Premono (1994) memperlihatkan bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas fluorencens* menghasilkan asam suksinat, propionat, butirat, format, oksalat dan sitrat. Hasil penelitiannya juga memperlihatkan *Pseudomonas fluorencens* mampu meningkatkan kelarutan P Ultisol yang bereaksi masam (pH 5.1), P tersedia (Bray I) meningkat dari 5.1 mg/kg menjadi 7.0 mg/kg P.

Beberapa mekanisme yang mungkin dalam pelarutan fosfat oleh bakteri pelarut fosfat adalah sebagai berikut (1) produksi asam-asam organik, (2) pemasaman pH medium yang disebabkan oleh ekskresi H^+ oleh bakteri, (3) enzim fosfatase yang dihasilkan bakteri (Subba Rao, 1982b; Illmer dan Schinner, 1992; Illmer *et al.*, 1995; De Freitas *et al.*, 1997).

Pemberian bahan organik dapat meningkatkan ketersediaan P, karena bahan organik di dalam tanah berperan dalam hal : pembentukan kompleks organofosfat yang mudah diassimilasi oleh tanaman, penggantian anion $H_2PO_4^-$ pada tapak jerapan, penyelimutan oksida Fe/Al oleh humus yang membentuk lapisan pelindung dan mengurangi penjerapan P, dan meningkatkan jumlah P organik yang dimineralisasi menjadi P anorganik (Havlin *et al.*,

1999). Peningkatan kemampuan bakteri ini bila diberi pupuk kandang diperkirakan karena meningkatnya populasi dan aktivitas bakteri tersebut di dalam tanah (Sharma *et al.*, 1998; Boggs *et al.*, 2000), karena karbon dari pupuk kandang dapat digunakan oleh bakteri sebagai sumber energi dan penyusun tubuhnya (Subba Rao, 1982a; Subba Rao, 1994).

Jumlah dan Bobot Bintil Akar

Perlakuan fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang meningkatkan jumlah bintil akar tanaman kedelai pada umur 6 MST, namun tidak terjadi interaksi antara keduanya (Tabel 4).

Tabel 4. Rata-rata jumlah bintil akar 6 MST pada berbagai perlakuan di Ultisol Kentrong

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P/ha)				Rata-rata
	0	30	60	90	
Kontrol	0	12.3	21.7	24.7	14.7 b
BPF	1.3	18.3	23.3	28.3	17.8 ab
PK	1.7	23.3	23.7	29.0	19.4 a
BPF + PK	5.7	22.7	20.0	31.7	20.0 a
Rata-rata	2.2 c	19.2 b	22.2 b	28.4 a	

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama masing-masing pada arah horizontal dan vertikal tidak berbeda nyata berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

BPF : Bakteri Pelarut Fosfat

PK : Pupuk Kandang

Fosfat alam dengan dosis 30, 60, dan 90 kg P/ha berturut-turut meningkatkan jumlah bintil akar 727, 909, dan 1190% dari tanpa fosfat alam. Pemberian pupuk kandang dan BPF+PK berturut-turut meningkatkan jumlah bintil akar 32% dan 36%, sedangkan bakteri pelarut tidak menunjukkan perbedaan yang nyata dibandingkan kontrol, walaupun cenderung meningkat yaitu 21%. Pemberian kombinasi BPF+PK

meningkatkan jumlah bintil akar 8% dibandingkan pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang secara sendiri-sendiri.

Perlakuan fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang meningkatkan berat kering bintil akar tanaman kedelai pada 6 MST, namun tidak terjadi interaksi antara keduanya (Tabel 5).

Tabel 5. Rata-rata bobot kering bintil akar (mg/pot) 6 MST pada berbagai perlakuan di Ultisol Kentrong

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P/ha)				Rata-rata
	0	30	60	90	
Kontrol	0	87.7	197.0	260.3	136.3 c
BPF	3.7	151.0	212.0	290.7	164.3 b
PK	4.3	217.7	239.3	292.7	188.5 b
BPF + PK	41.3	225.7	250.7	323.3	210.3 a
Rata-rata	12.3 d	170.5 c	224.8 b	291.8 a	

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama masing-masing pada arah horizontal dan vertikal tidak berbeda nyata berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Fosfat alam dengan dosis 30, 60, dan 90 kg P/ha berturut-turut meningkatkan bobot kering bintil akar 1282, 1727, dan 2272% dari tanpa fosfat alam. Pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang dan BPF+PK berturut-turut meningkatkan berat kering bintil akar 21%, 38%, dan 54% dibandingkan kontrol. Kombinasi BPF+PK meningkatkan berat kering bintil akar 12% dibandingkan pemberian bakteri pelarut fosfat

dan pupuk kandang secara sendiri-sendiri. Hasil penelitian Chebotar *et al.* (2001) juga menunjukkan inokulasi bakteri *Pseudomonas fluorescens* dapat meningkatkan jumlah bintil akar 3.7 kali lebih tinggi dibanding tanpa diinokulasi dengan bakteri.

Meningkatnya jumlah dan bobot kering bintil akar tanaman kedelai dengan perlakuan fosfat alam, bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang ini erat kaitannya

dengan peningkatan P tersedia di dalam tanah (Tabel 3). Hara P sangat diperlukan oleh tanaman terutama sumber energi sel (ATP) yang diperlukan dalam metabolisme sel seperti pertumbuhan akar (Tisdale *et al.*, 1990; Willet *et al.*, 1996; Havlin *et al.*, 1999). Menurut Subba Rao (1994), unsur P juga dapat meningkatkan jumlah bintil pada perakaran tanaman

yang dapat merangsang penambatan N udara sehingga meningkatkan serapan N pada tanaman.

Bobot Kering Akar

Fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang meningkatkan bobot kering akar pada 6 MST, namun interaksinya tidak nyata (Tabel 6).

Tabel 6. Rata-rata bobot kering akar (g/pot) 6 MST pada berbagai perlakuan di Ultisol Kentrong

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P/ha)				Rata-rata
	0	30	60	90	
Kontrol	0.284	0.895	1.235	1.333	0.937 b
BPF	0.377	1.224	1.199	1.227	1.007 b
PK	0.763	1.336	1.319	1.332	1.188 a
BPF + PK	0.825	1.338	1.375	1.345	1.221 a
Rata-rata	0.562 b	1.198 a	1.282 a	1.309 a	

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf yang sama masing-masing pada arah horizontal dan vertikal tidak berbeda nyata berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Pemberian pupuk fosfat alam 30-90 kg P/ha mampu meningkatkan bobot kering akar 125% dibandingkan akar tanaman tanpa diberi fosfat alam. Pemberian pupuk kandang dan pupuk kandang+bakteri pelarut P berturut-turut meningkatkan bobot kering akar 27% dan 30% dibandingkan kontrol.

Meningkatnya bobot kering akar tanaman sebagai akibat pemberian P, karena P merupakan hara yang penting terutama pada pertumbuhan awal tanaman untuk perkembangan bagian reproduksinya. Hara P yang cukup berhubungan dengan meningkatnya pertumbuhan akar tanaman (Havlin *et al.*, 1999). Meningkatnya bobot kering akar pada perlakuan pemberian pupuk kandang, karena pupuk kandang dapat menstimulasi pertumbuhan akar dan selanjutnya menyebabkan pengambilan P menjadi lebih besar (Santoso, 1996). Selain itu bahan organik juga dapat memperbaiki struktur tanah (Hsieh dan Hsieh, 1990; Chenu *et al.*, 2000), sehingga perkembangan akar menjadi lebih baik dan penyerapan unsur hara lain

untuk pertumbuhan tanaman kedelai menjadi lebih tinggi.

Bobot Kering Tanaman

Terjadi interaksi yang nyata antara fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang terhadap bobot kering tanaman kedelai pada umur 6 MST (Tabel 7). Bobot kering tanaman sampai dosis fosfat alam 60 kg P/ha (Tabel 7) terus meningkat pada setiap pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang dan pupuk kandang+bakteri pelarut fosfat, penambahan dosis fosfat alam 90 kg P/ha tidak meningkatkan bobot kering tanaman pada perlakuan pupuk kandang dan pupuk kandang+bakteri pelarut fosfat. Pada dosis fosfat alam 30 kg/ha rata-rata pemberian bakteri pelarut, pupuk kandang dan BPF+PK meningkatkan bobot kering tanaman 29% dibandingkan kontrol, sedangkan pada dosis 60 kg P/ha hanya perlakuan bakteri pelarut fosfat yang meningkatkan bobot kering tanaman yaitu 13% dibandingkan kontrol (Tabel 7).

Tabel 7. Rata-rata bobot kering tanaman (g/pot) 6 MST pada berbagai perlakuan di Ultisol Kentrong

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P/ha)			
	0	30	60	90
Kontrol	1.783 b	6.397 b	8.480 b	8.913 a
BPF	A	B	C	C
PK	2.340 b	7.820 a	9.617 a	8.773 a
BPF + PK	A	B	C	B
	4.207 a	8.460 a	9.403 ab	8.663 a
	A	B	C	BC
	5.093 a	8.377 a	9.367 ab	8.910 a
	A	B	C	BC

Keterangan : Angka rata-rata yang diikuti oleh huruf kapital yang sama tidak berbeda nyata pada arah horizontal dan angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama tidak berbeda nyata pada arah vertikal berdasarkan uji Jarak Berganda Duncan pada taraf 5%

Peningkatan bobot kering tanaman sebagai akibat pemberian fosfat alam maupun pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang disebabkan meningkatnya P tersedia tanah (Tabel 3) sehingga pertumbuhan akar menjadi lebih baik (Tabel 6) dan meningkatnya pembentukan bintil akar tanaman kedelai (Tabel 4 dan 5). Selanjutnya bintil akar ini akan mengikat N udara yang lebih banyak untuk tanaman kedelai sehingga bobot tanaman juga akan meningkat. Hasil dekomposisi pupuk kandang juga akan menyumbangkan unsur hara (Tabel 2) ke dalam tanah. Menurut Smith *et al.* (1993), bahan organik merupakan sumber utama hara makro seperti N, P dan S dan unsur hara mikro esensial untuk pertumbuhan tanaman.

Dari hasil penelitian ini, pemberian fosfat alam dengan dosis 30 kg P/ha dengan bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang maupun kombinasinya sudah mampu meningkatkan ketersediaan P dan memperbaiki pertumbuhan kedelai di lahan kering masam Ultisol. Hasil penelitian ini juga menunjukkan peranan bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang hanya terlihat pada pemberian fosfat alam dengan dosis rendah. Pada dosis rendah atau tanpa diberi fosfat alam, ketersediaan P di dalam tanah tidak mencukupi untuk tanaman, sehingga penambahan bakteri pelarut fosfat maupun pupuk kandang berperan dalam meningkatkan kelarutan P yang terikat di dalam tanah maupun dari fosfat alam menjadi tersedia untuk tanaman kedelai.

KESIMPULAN

Fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang mampu meningkatkan P tersedia tanah, jumlah dan bobot kering bintil akar, dan bobot kering tanaman kedelai. Pemberian fosfat alam dengan dosis 30, 60, dan 90 kg P/ha berturut-turut meningkatkan P tersedia tanah 247 %, 356%, dan 592% dibandingkan tanpa fosfat alam. Sedangkan pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang secara sendiri-sendiri maupun kombinasinya meningkatkan P tersedia berturut-turut 26%, 34% dan 48% dibandingkan kontrol. Kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang dengan dosis fosfat alam 30 kg/ha meningkatkan bobot kering tanaman kedelai 29 % dibandingkan kontrol.

DAFTAR PUSTAKA

Boggs, L.C., A.C. Kennedy, I.P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management : Effect on Soil Biology. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64 : 1651-1659.

Chebotar, V.K., A.A. Constancio, S. Akao. 2001. Production of growth promoting substance and high colonization ability of rhizobacteria enhance the nitrogen fixation of soybean when coinoculated with *Bradyrhizobium japonicum*. *Biol. Fertil. Soils.* 34 : 427-432.

Chenu, C., Y. Le Bissonnais, Arronays. 2000. Organic matter influence on clay wettability and soil aggregate stability. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:1479-1486.

Dev, G. 1996. Use rock phosphate in food grains production under irrigated and rainfed conditions in India. *In: Nutrient Management for Sustainable Food Production in Asia. International Conference in Asia, at December 9-12, 1996, Bali, Indonesia. Agency for Agricultural Research and Development (AARD). Ministry of Agriculture-Republic of Indonesia.* p.248-258.

De Freitas, J.R., M.R. Banerjee, J.J. Germida. 1997. Phosphate-solubilizing rhizobacteria enhance the growth and yield but not phosphorus uptake of canola (*Brassica napus* L.). *Biol. Fertil. Soils.* 24:358-364.

Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizer.* Sixth Ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 499 pp.

Hsieh, S.C., C. F. Hsieh. 1990. The use of organic matter in crop production. Paper Presented at Seminar on " The Use of Organic Fertilizer in Crop Production " at Soweon, South Korea, 18-24 June 1990.

Illmer, P.A., F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganism isolated from forest soils. *Soil Biol. Biochem.* 24 (4) : 389-395.

-----, Arbato, F. Schinner. 1995. Solubilizing of hardly soluble $AlPO_4$ with P-solubilizing micro-organism. *Soil Biol. Biochem.* 27 (3) : 265-270.

Mulyadi, D. 1997. Sifat khusus pupuk P alam bermutu untuk aplikasi langsung pada tanah masam di daerah tropika. Disampaikan pada Lokakarya Nasional Penggunaan Pupuk Fosfat Alam Berkualitas Tinggi untuk Mendorong Peningkatan Produksi Tanaman Pangan dan Perkebunan pada Tanah Masam. Banjarmasin, 19 September 1997. 17 Hal.

- Premono, M.E. 1994. Jasad renik pelarut fosfat : pengaruhnya terhadap P-tanah dan efisiensi pemupukan P tanaman tebu. (Disertasi). Program Pascasarjana IPB. Bogor. (Tidak dipublikasikan).
- Puslittanak. 1992. Peta Tanah Bagan Indonesia. Edisi II skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Ruaysoongnern, S., P. Keerati-kasikorn. 1996. Role of phosphorus fertilization in improving soil fertility of acid tropical and subtropical soils in Asia. *In*: Nutrient Management for Sustainable Food Production in Asia. International Conference in Asia, at December 9-12, 1996, Bali, Indonesia. Agency for Agricultural Research and Development (AARD). Ministry of Agriculture-Republic of Indonesia. p.149-167.
- Santoso, D. 1996. Development of phosphorus use on acid soils in Indonesia. *In*: Nutrient Management for Sustainable Food Production in Asia. International Conference in Asia, at December 9-12, 1996, Bali, Indonesia. Agency for Agricultural Research and Development (AARD). Ministry of Agriculture-Republic of Indonesia. p.168-179.
- Sanyal, S.K., S.K. De Datta, P.Y. Chan. 1993. Phosphate sorption-desorption behaviour of some aciditic soils of South and Southeast Asia. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 57 : 937-945.
- Sharma, S., A. Rayer, M. von Lutzow, H. Insam. 1998. Fungional diversity of soil bacterial communities increase after maize litter amendment. *Eur. J. Soil Biol.* 34 (2) : 53-60.
- Smith, J.L., R.I. Papendick, D.F. Bezdicek, J.M Lynch. 1993. Soil Organic Matter Dynamics and Crop Residue Management. p: 65-94. *In* : Metting, F.B. (ed.). *Soil Microbial Ecology*. Marcel Dekker, Inc. New York-Basel-Hongkong.
- Subba Rao, N.S. 1982a. Biofertilizer in Agriculture. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi. Bombai. 186 pp.
- , 1982b. Advance in Agriculture Microbiology. Oxford and IBH Publishing Co. New Delhi. Bombai, Calcutta.
- , 1994. Soil Microorganism and Plant Growth. Oxford and IBH Publishing Co. London. 353 pp.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton. 1990. Soil Fertility and Fertilizer. Fourth Ed. Maxwell Macmillan Publishing. Singapore. 754 pp.
- Willet, I.R., P.W. Moody, F.P.C. Blamey. 1996. The essential role of phosphorus in crop production. *In*: Nutrient Management for Sustainable Food Production in Asia. International Conference in Asia, at December 9-12, 1996, Bali, Indonesia. Agency for Agricultural Research and Development (AARD). Ministry of Agriculture-Republic of Indonesia. p. 137-148.