

**PERANAN FOSFAT ALAM DAN KOMBINASI BAKTERI PELARUT
FOSFAT DENGAN PUPUK KANDANG DALAM MENINGKATKAN
SERAPAN HARA DAN HASIL KEDELAI**

***The Role of Rock Phosphate and Farm Yard Manure Combined-
Phosphate-Solubilizing Bacteria in Increasing Nutrient
Uptake and Soybean Yield***

Aidi Noor

Balai Pengkajian Teknologi Pertanian (BPTP) Kalimantan Selatan.
Jl. Panglima Batur Barat No. 4 Banjarbaru 70711,
Tlp.: (0511)4772346, Fax.: (0511)477181

ABSTRACT

*The aims of the experiment were to evaluate the effect of rock phosphate application and combination between phosphate-solubilizing bacteria with farm yard manure on nutrient uptake and yield of soybean. Factorial experiment design with two factors was used in randomized complete block design with three replications. The first factors was level of rock phosphate i.e. : 0; 30; 60; 90 kg P ha⁻¹, and the second factor was combination of phosphate solubilizing bacteria and farm yard manure: without phosphate solubilizing bacteria and farm yard manure; phosphate solubilizing bacteria (*Pseudomonas fluorescens*); farm yard manure 10 ton ha⁻¹, and phosphate solubilizing bacteria + farm yard manure. The results indicated that rock phosphate and combination of phosphate solubilizing bacteria and farm yard manure application increased nutrient (N, P, K) uptake and grain yield of soybean. Optimum dosage of rock phosphate in soil without phosphate-solubilizing bacteria and farm yard manure (control) was 72.15 kg P ha⁻¹ which gave maximum yield of soybean was 7.73 g pot⁻¹. While with phosphate-solubilizing bacteria, farm yard manure and phosphate solubilizing bacteria+farm yard manure obtained optimum dosage of rock phosphate were 62.26, 63.94, and 62.21 kg P ha⁻¹, respectively, which gave maximum yield of soybean were 8.17, 7.95, and 8.43 g pot⁻¹, respectively.*

Keywords: Farm yard manure, Phosphate-solubilizing bacteria, Rock phosphate, Soybean

PENDAHULUAN

Fosfor (P) merupakan unsur hara makro esensial untuk pertumbuhan tanaman 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. 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).

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. Untuk meningkatkan produksi tanaman pangan pada tanah-tanah masam seperti Ultisol diperlukan penambahan P 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 anorganik, sehingga diperlukan suatu usaha yang dapat meningkatkan kelarutannya seperti penggunaan mikroba dan bahan organik.

Beberapa mikroba 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 mikroba 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 P dari fosfat alam di lahan kering bereaksi masam seperti 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 serapan hara N, P, K dan hasil kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian ini merupakan percobaan pot di rumah kaca, menggunakan Ultisol (*Typic Kanhapludult*) dari Desa Kentrong, Kabupaten Lebak, Propinsi Banten. Tanah diambil secara komposit dari kedalaman 0-20 cm, dikering anginkan dan dihaluskan sampai lolos saringan ± 2 mm, kemudian ditimbang seberat 5 kg berdasarkan bobot kering mutlak setiap pot. Percobaan terdiri dari dua set yaitu percobaan untuk mengamati pertumbuhan vegetatif dan set percobaan untuk pengamatan hasil kedelai. Penelitian ini merupakan percobaan faktorial dengan dua faktor dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok. Faktor pertama adalah dosis pupuk fosfat alam Tunisia ($26.72\% P_2O_5$) yang terdiri dari 4 taraf yaitu: 0; 30; 60; 90 kg P ha⁻¹ setara dengan 0; 83.3; 166.3; 249.9 mg P pot⁻¹. Faktor kedua adalah kombinasi pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang, yaitu: (a) Tanpa Bakteri Pelarut Fosfat dan tanpa Pupuk Kandang (Kontrol), (b) Bakteri Pelarut Fosfat (*Pseudomonas fluorescens*), (c) Pupuk kandang (kotoran sapi) 10 t ha⁻¹ setara dengan 27.78 g pot⁻¹, dan (d) Bakteri Pelarut Fosfat+Pupuk kandang. Setiap perlakuan diulang tiga kali. Total satuan percobaan adalah $4 \times 4 \times 3 \times 2 = 96$ satuan percobaan. Bakteri *Pseudomonas fluorescens* berasal dari koleksi laboratorium mikrobiologi Institut Teknologi Bandung. Karakteristik tanah, kandungan hara fosfat alam Tunisia dan pupuk kandang kotoran sapi yang digunakan dalam penelitian disajikan dalam Tabel 1 dan 2.

Kapur kalsit dengan dosis $0.5 \times Al-dd$ (10.99 cmol kg⁻¹) setara dengan 13.74 g CaCO₃ pot⁻¹ 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⁻¹ (139 mg Urea per pot) dan 100 kg KCl ha⁻¹ (278 mg KCl pot⁻¹) sebagai pupuk dasar diberikan pada saat tanam. Bakteri pelarut fosfat dibiakkan dalam kultur cair selama 4 hari, kemudian bakteri dipisahkan dengan cara disentrifugasi dan disuspensikan kembali sesuai kepadatan yang diinginkan. Bakteri pelarut fosfat dengan kepadatan bakteri 10^8 sel ml⁻¹ diberikan pada saat tanam, dengan cara: menuangkan suspensi sebanyak 5 ml pada permukaan tanah disekeliling benih kedelai sekitar 2 cm dari benih. Penanaman benih kedelai (varietas Willis) dilakukan setelah benih terlebih dahulu diinokulasi dengan Rhizogin (*Rhizobium japonicum*) (inokulasi benih dengan dosis 10 g Rhizogin kg⁻¹ benih). Sebanyak 4 biji benih kedelai di tanam dengan cara ditugal, setelah tanaman berumur 1 minggu dilakukan penjarangan sehingga menjadi 2 tanaman pot⁻¹. Penyiraman dilakukan setiap hari dengan mempertahankan kadar air tanah pada keadaan 80% kapasitas lapang dengan cara menimbang pot untuk mengetahui kekurangan air.

Umur 6 minggu setelah tanam, tanaman dipanen untuk pengamatan serapan hara N, P, dan K. Satu set percobaan lagi dipelihara sampai panen untuk pengamatan hasil kedelai.

Tabel 1. Karakteristik Tanah yang Digunakan dalam Penelitian

Ciri-ciri tanah	Kadar	Kriteria ^{*)}
pH (H ₂ O)	4.6	Masam
C Organik (%)	1.21	R
N total	0.25	S
P Bray I (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	4.81	SR
P total (mg P ₂ O ₅ kg ⁻¹)	190.1	R
Susunan kation		
Ca (cmol kg ⁻¹)	3.45	R
Mg (cmol kg ⁻¹)	0.89	SR
K (cmol kg ⁻¹)	0.15	R
Na (cmol kg ⁻¹)	0.04	SR
CTC (cmol kg ⁻¹)	23.75	S
Kejenuhan basa (%)	17.0	SR
Al-dd (cmol kg ⁻¹)	10.99	T
Kejenuhan Al (%)	70.8	ST
Tekstur (%)		
Pasir	6	
Debu	31	Liat
Liat	63	
Bobot isi tanah (g cm ⁻³)	0.90	-
Populasi Bakteri Pelarut Fosfat (sel g ⁻¹)	21×10^3	

Keterangan: R = rendah; S = sedang; SR = sangat rendah; T = tinggi; ST = sangat tinggi; *) Pusat Penelitian Tanah, Bogor (1983)

Tabel 2. Kadar Hara Fosfat Alam Tunisia dan Pupuk Kandang (Kotoran Sapi) yang Digunakan dalam Penelitian

Jenis analisis	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 ⁻¹)	2
Zn (mg kg ⁻¹)	32
Kadar air (%)	32.17

HASIL DAN PEMBAHASAN

Serapan N

Terdapat pengaruh interaksi antara dosis fosfat alam dan kombinasi bakteri Pelarut fosfat dengan pupuk kandang terhadap serapan N tanaman kedelai pada umur 6 minggu setelah tanam (Tabel 3).

Inkubasi bakteri pelarut fosfat dan pemberian pupuk kandang pada dosis fosfat alam 0 dan 30 kg ha⁻¹ nyata meningkatkan serapan N, sedangkan pada dosis fosfat alam 60 dan 90 kg ha⁻¹ tidak nyata mempengaruhi serapan N pada setiap pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pemberian pupuk. Pada perlakuan tanpa diberi fosfat alam, inokulasi bakteri pelarut fosfat tidak nyata meningkatkan serapan N, sedangkan pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang nyata meningkatkan serapan N berturut-turut 101.4% dan 136.1% dibandingkan kontrol (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat *Pseudomonas fluorescens* dengan Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ terhadap Serapan N pada Tanah Ultisol

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P ha ⁻¹)			
	0	30	60	90
mg pot ⁻¹			
Kontrol	72.3 b C	164.2 b B	190.3 a AB	219.1 a A
Bakteri Pelarut Fosfat	86.9 b B	216.5 a A	215.9 a A	203.6 a A
Pupuk Kandang	145.6 a B	226.3 a A	205.0 a A	202.5 a A
Bakteri Pelarut Fosfat+ Pupuk Kandang	170.7 a B	203.2 a A	209.5 a A	215.5 a A

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

Pada dosis fosfat alam 30 kg P ha⁻¹ pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang, dan bakteri pelarut fosfat + pupuk kandang dapat meningkatkan serapan N, namun tidak nyata berbeda diantara ketiganya. Rata-rata serapan N dari perlakuan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang meningkat 31.1% dibandingkan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol) (Tabel 3). Hasil penelitian ini didukung oleh hasil penelitian Syarief (1994) yang menunjukkan bahwa inokulasi mikroba pelarut fosfat (MPF₂) dengan 45 kg P₂O₅ ha⁻¹ pada Ultisol Sumatera Selatan menghasilkan serapan N yang lebih tinggi dibandingkan tanpa inokulasi mikroba pelarut fosfat, dimana serapan N tanaman kedelai meningkat dari 288.77 mg pot⁻¹ menjadi 541.13 mg pot⁻¹.

Serapan P

Terdapat interaksi antara perlakuan dosis pupuk fosfat alam dengan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang terhadap serapan P (Tabel 4).

Pada perlakuan tanpa diberi fosfat alam, pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang rata-rata meningkatkan serapan P 286.8% dibandingkan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol), sedangkan pemberian bakteri pelarut fosfat tidak berbeda nyata dibandingkan kontrol. Pada perlakuan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang serapan P meningkat 68.1% dibandingkan bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang yang diberikan secara sendiri-sendiri.

Pemberian bakteri pelarut fosfat pada tanah yang tidak diberi fosfat alam tidak meningkatkan serapan P, hal ini disebabkan rendahnya kadar P total tanah yang digunakan dalam penelitian (Tabel 1), sehingga P tersedia tanah masih belum mencukupi untuk tanaman. Sedangkan pemberian bakteri pelarut fosfat + pupuk kandang walaupun tanpa fosfat alam mampu meningkatkan serapan P tanaman. Diperkirakan pemberian pupuk kandang selain dapat memperbaiki sifat fisik tanah (Hsieh dan Hsieh, 1990), merangsang pertumbuhan perakaran (Santoso, 1996), bakteri pelarut fosfat juga menghasilkan enzim fosfatase yang berperan dalam meningkatkan mineralisasi P organik (Subba Rao, 1982b; Illmer dan Schinner, 1992; Havlin *et al.*, 1999) dari pupuk kandang, sehingga P tersedia menjadi lebih tinggi dan P yang diserap oleh tanaman menjadi lebih banyak.

Pada dosis fosfat alam 30 kg P ha⁻¹, perlakuan inokulasi bakteri pelarut fosfat, pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat+ pupuk kandang meningkatkan serapan P berturut-turut 34.3%, 44.8% dan 67.6% dibandingkan perlakuan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol). Sedangkan pada dosis 60 kg P ha⁻¹ hanya perlakuan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang yang meningkatkan serapan P yaitu 26.3% dibandingkan perlakuan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol).

Meningkatnya serapan P maupun N dalam penelitian ini sebagai akibat perlakuan bakteri pelarut fosfat, juga ditunjukkan hasil penelitian yang dilakukan Dubey (1997) yaitu pemberian bakteri pelarut fosfat *Pseudomonas striata* dapat meningkatkan kadar P tanaman dari 0.77% menjadi 0.94%, dan fiksasi N₂ tanaman kedelai dari 84.3 menjadi 123.3 kg ha⁻¹ pada tanah yang dipupuk dengan fosfat alam 60 kg P₂O₅ ha⁻¹.

Meningkatnya serapan P tanaman baik pada pemberian fosfat alam maupun bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang, disebabkan karena membaiknya keadaan sifat kimia tanah seperti meningkatnya P tersedia di dalam tanah. Pemberian fosfat alam 30-90 kg P ha⁻¹ rata-rata meningkatkan P tersedia 6.67-13.54 mg kg⁻¹ P₂O₅ dibandingkan tanpa diberi P yang hanya 1.92 mg kg⁻¹ P₂O₅. Demikian pula pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat rata-rata meningkatkan P tersedia tanah 7.68-8.95 mg kg⁻¹ P₂O₅ dibandingkan perlakuan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang 6.07 mg kg⁻¹ P₂O₅ (Noor, 2003).

Tabel 4. Pengaruh Dosis Fosfat Alam dan Bakteri Pelarut Fosfat *Pseudomonas fluorescens* dengan Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ terhadap Serapan P pada Tanah Ultisol

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P ha ⁻¹)			
	0	30	60	90
mg pot ⁻¹			
Kontrol	1.9 b C	10.5 c B	16.7 b A	16.0 a A
Bakteri Pelarut Fosfat	2.6 b C	14.1 b B	18.8 ab A	18.7 a A
Pupuk Kandang	6.8 a C	15.2 ab B	19.8 ab A	16.4 a B
Bakteri Pelarut Fosfat+ Pupuk Kandang	7.9 a C	17.6 a B	21.1 a A	17.0 a AB

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

Serapan K

Perlakuan fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang masing-masing meningkatkan serapan K tanaman kedelai, namun tidak terdapat interaksi antara keduanya (Tabel 5).

Tabel 5. Pengaruh Dosis Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat *Pseudomonas fluorescens* dengan Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ terhadap Serapan K pada Tanah Ultisol

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P ha ⁻¹)				Rata-Rata
	0	30	60	90	
mg pot ⁻¹				
Kontrol	21.2	61.9	72.1	72.2	56.9 c
Bakteri Pelarut Fosfat	23.6	78.9	73.7	72.7	62.2 c
Pupuk Kandang	85.8	111.7	122.3	93.4	103.3 b
Bakteri Pelarut Fosfat+ Pupuk Kandang	92.9	120.1	130.1	110.6	113.4 a
Rata-rata	55.9 c	93.2 ab	99.5 a	87.2 b	

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

Fosfat alam dengan dosis 30-90 kg P ha⁻¹ meningkatkan serapan K dibandingkan tanpa diberi P. Dosis 30 kg P ha⁻¹ tidak menunjukkan serapan K yang berbeda dengan dosis 60 kg P ha⁻¹, rata-rata keduanya meningkatkan serapan P 72.4% dibandingkan tanpa P. Dosis fosfat alam 90 kg P ha⁻¹ meningkatkan serapan K 56% dibandingkan tanpa P, lebih rendah dibandingkan dosis 60 kg P ha⁻¹, namun tidak berbeda dengan dosis 30 kg P ha⁻¹ (Tabel 5).

Pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang berturut-turut meningkatkan serapan K 81.5% dan 99.3%, sedangkan bakteri pelarut fosfat tidak berbeda dibandingkan kontrol. Pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat+ pupuk kandang meningkatkan serapan K 45.4% dibandingkan hanya pemberian bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang.

Meningkatnya serapan K diperkirakan sebagai akibat meningkatnya serapan N (Tabel 3) dan serapan P (Tabel 4), sehingga memperbaiki pertumbuhan dan perkembangan perakaran. 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 sehingga dapat merangsang penambatan N udara dan meningkatkan serapan N pada tanaman.

Bobot Kering Biji Kedelai

Interaksi antara dosis fosfat alam dan pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat dengan pupuk kandang berpengaruh nyata terhadap hasil biji kering kedelai (Tabel 6).

Tabel 6. Pengaruh Dosis Fosfat Alam dan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat *Pseudomonas fluorescens* dengan Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ terhadap Bobot Biji Kering Kedelai pada Tanah Ultisol

Kombinasi BPF dan PK	Fosfat alam (kg P ha ⁻¹)			
	0	30	60	90
g pot ⁻¹			
Kontrol	1.10 c C	6.06 b B	7.03 a A	7.55 a A
Bakteri Pelarut Fosfat	1.92 c B	7.33 a A	7.47 a A	7.24 a A
Pupuk Kandang	3.55 b B	7.19 a A	7.51 a A	7.40 a A
Bakteri Pelarut Fosfat+ Pupuk Kandang	4.99 a B	7.93 a A	8.05 a A	7.91 a A

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

Pada perlakuan tanpa fosfat alam, pemberian pupuk kandang dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang berturut-turut meningkatkan hasil biji kering kedelai 222.7% dan 353.6% dibandingkan tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol), sedangkan pemberian bakteri pelarut fosfat tidak meningkatkan hasil biji kedelai. Pemberian bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang meningkatkan hasil biji kedelai 82.4% dibandingkan dengan bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang yang diberikan secara sendiri-sendiri (Tabel 6).

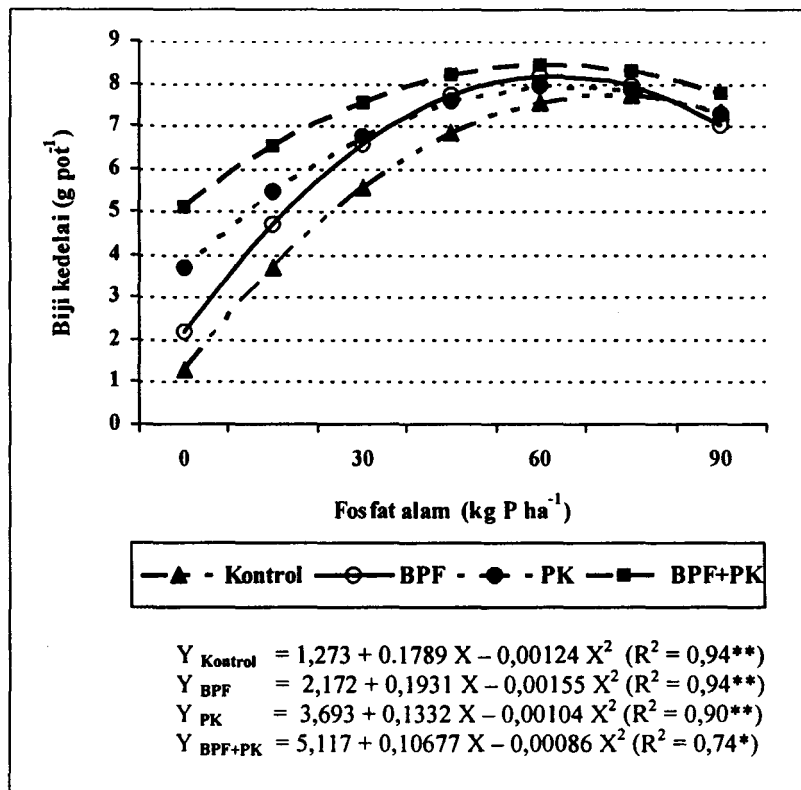
Pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang pada dosis pupuk fosfat alam 30 kg P ha⁻¹, rata-rata meningkatkan biji kering kedelai 23.5% dibandingkan

tanpa bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (kontrol). Sedangkan pada dosis fosfat alam 60 dan 90 kg ha⁻¹ hasil biji kedelai tidak nyata berbeda pada setiap pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang. Meningkatnya hasil biji kedelai sebagai akibat pemberian dosis fosfat alam maupun kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang disebabkan perlakuan meningkatkan serapan hara oleh tanaman seperti N, P dan K (Tabel 3, 4, dan 5).

Meningkatnya hasil tanaman akibat perlakuan bakteri pelarut P diperkirakan selain menghasilkan asam-asam organik yang dapat meningkatkan ketersediaan P juga karena bakteri tersebut dapat menghasilkan phytohormon. Dari beberapa hasil penelitian, bakteri pelarut fosfat seperti *P. fluorescens* menghasilkan hormon pertumbuhan seperti IAA (indoleacetic-acid) dalam kultur murni atau asosiasi dengan tanaman (Arshad dan Frankenberger, 1993; Subba Rao, 1994; De Freitas *et al.*, 1997; Kumar dan Narula,

1999), yang berperan mempengaruhi pertumbuhan tanaman seperti pemanjangan akar (Kumar dan Narula, 1999; Arshad dan Frankenberger, 1993), perkembangan akar lateral, perkembangan biji (Kumar dan Narula, 1999), dan pembentukan bintil akar (Subba Rao, 1994).

Meningkatnya hasil tanaman sebagai akibat pemberian pupuk kandang diperkirakan juga karena hasil dekomposisi pupuk kandang menyumbangkan unsur hara ke dalam tanah. Bahan organik merupakan sumber utama hara makro seperti N, P dan S dan unsur hara mikro esensial untuk pertumbuhan tanaman (Smith *et al.*, 1993). Menurut Subba Rao (1994) hasil dekomposisi bahan organik akan menghasilkan asam humat yang diketahui dapat mempengaruhi pertumbuhan dan perkembangbiakan mikroorganisme, perkecambahan biji, pertumbuhan akar, pertumbuhan Rhizobium dan pembintilan perakaran kacang-kacangan.



Gambar 1. Respon Pemupukan Fosfat Alam terhadap Bobot Biji Kering Kedelai pada Perlakuan Kombinasi Bakteri Pelarut Fosfat *Pseudomonas fluorescens* (BPF) dengan Pupuk Kandang 10 t ha⁻¹ (PK)

Dosis Optimum Pupuk Fosfat Alam

Berdasarkan analisis teknik permukaan respon diperoleh dosis optimum pemupukan fosfat alam yang berbeda sebagai akibat perlakuan pemberian kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (Gambar 1).

Hasil ini (Gambar 1) menunjukkan bahwa pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang dan kombinasinya

dapat menurunkan dosis optimum pupuk fosfat yang digunakan dan juga meningkatkan hasil biji kedelai. Untuk mendapatkan hasil kedelai yang sama dengan tanpa diberi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang (7.73 g pot⁻¹), pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang, dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang berurutan-turut hanya memerlukan fosfat alam 43.45, 49.25, dan 33.53 kg P ha⁻¹. Hal ini berarti pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk

kandang, dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang dapat menghemat penggunaan pupuk fosfat alam berturut-turut 28.70, 23.02 dan 38.74 kg P ha⁻¹.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa pemberian pupuk kandang+kapur pada tanah Ultisol asal Kentrong, Kabupaten Banten, dosis optimum pupuk P alam dari hasil penelitian ini lebih rendah yaitu 57.73 kg P ha⁻¹ memberikan hasil kedelai 6.47 g biji pot⁻¹, sedangkan bila tanpa pupuk kandang dan kapur dosis optimum pupuk P alam lebih tinggi yaitu 87.98 kg P ha⁻¹ dan memberikan hasil kedelai 3.85 g pot⁻¹ (Joy, 2000). Moersidi (1993) melaporkan bahwa pemupukan P anorganik pada tanah Ultisol lebih efisien bila diberikan bersama dengan bahan organik seperti pupuk hijau dan pupuk kandang, karena meningkatkan P tersedia di dalam tanah.

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian yang telah dilakukan dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Pemberian fosfat alam, bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang nyata meningkatkan serapan N, P, K tanaman dan hasil biji kedelai di lahan kering.
2. Dosis optimum pupuk fosfat alam pada keadaan tanpa diberi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang adalah 72.15 kg P ha⁻¹ menghasilkan biji kedelai maksimum 7.73 g pot⁻¹. Sedangkan dengan pemberian bakteri pelarut fosfat, pupuk kandang, dan bakteri pelarut fosfat+pupuk kandang secara berturut-turut diperoleh dosis optimum pupuk fosfat alam 62.26, 63.94, dan 62.21 kg P ha⁻¹, menghasilkan biji kedelai maksimum 8.17, 7.95, dan 8.43 g pot⁻¹.

DAFTAR PUSTAKA

- Arshad, M. and W.T. Frankenberger. 1993. Microbial Production of Plant Growth Regulator. p: 307-347. In. F.B. Metting. 1993. Soil Microbial Ecology. Marcel Dekker, Inc. Newyork-Basel-Hongkong.
- Boggs, L.C., A.C. Kennedy, and I.P. Reganold. 2000. Organic and biodynamic management : Effect on Soil Biology. Soil Sci. Soc. Am. J. 64 : 1651-1659.
- 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, and 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.
- Dubey, S.K. 1997. Co-inoculation of phosphorus bacteria with *Bradyrhizobium japonicum* to increase phosphate availability to rainfed soybean on Vertisol. J. Indian Soc. Soil Sci. 45 (3) : 506-509.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizer. Sixth Ed. Prentice-Hall, Inc. New Jersey. 499 pp.
- Hsieh, S.C. and 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. and F. Schinner. 1992. Solubilization of inorganic phosphate by microorganism isolated from forest soils. Soil Biol. Biochem. 24 (4) : 389-395.
- Joy, B. 2000. Adsorpsi-desorpsi dan serapan fosfat hasil kedelai serta beberapa sifat kimia tanah sebagai pengaruh amelioran dan pupuk fosfat pada tanah Typic Kanhapludults dan Typic Eutrudepts. Disertasi. Program Pascasarjana UNPAD. Bandung. (Tidak dipublikasikan).
- Kumar, V. and N. Narula. 1999. Solubilization of inorganic phosphates and growth emergence of wheat as affected by *Azotobacter chroococcum* mutans. Biol. Fertil. Soils. 28:301-305.
- Moersidi, S. 1999. Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Noor, A. 2003. Pengaruh fosfat alam dan kombinasi bakteri pelarut fosfat dan pupuk kandang terhadap P tersedia dan pertumbuhan kedelai pada Ultisol. *Buletin Agronomi*, 31 (3) : 100-106. Puslittanak. 1992. Peta Tanah Bagan Indonesia. Edisi II skala 1 : 250.000. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Ruaysoongnern, S. and P. Keerati-kasikom. 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, and 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, and H. Insam. 1998. Fungsional 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, and J.M Lynch. 1993. Soil Organic Matter Dynamics and Crop Residue Management. In. Metting, F.B. 1993. Soil Microbial Ecology. Marcel Dekker, Inc. Newyork-Basel-Hongkong. p: 65-94.
- 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.
- Syarief, M. 1994. Pengaruh Inokulasi Beberapa Isolate Mikroba Pelarut Fosfat (MPF) terhadap P tersedia, Serapan P dan

- Hasil Kedelai pada Ultisol Sumatera Selatan dan Jawa Barat. Tesis. Program Pascasarjana UNPAD. Bandung.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1990. Soil Fertility and Fertilizer. Fourth Ed. Maxwell Macmillan Publishing. Singapore. 754 pp.
- Willett, I.R., P.W. Moody and 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.
-