Volume 11, Nomor 1, Hal. 38-46 ISSN 0852-8349
Januari – Juli 2009

EFEKTIFITAS BATUAN FOSFAT ALAM TERHADAP KETERSEDIAAN P, SERAPAN P DAN HASIL JAGUNG PADA TANAH MINERAL MASAM

[THE EFFECTIVENESS OF ROCK PHOSPHATE ON P AVAILABILITY, P UPTAKE AND CORN YIELD ON ACID MINERAL SOIL]

Ermadani

Program Studi Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Jambi
Kampus Pinang Masak, Mendalo Darat, Jambi 36361

Abstract

Rock phosphate could be used as an alternative P fertilizer for plant as it contains a significant amount of P. However, the dissolution of rock phosphate is very low and its capacity to provide P nutrient for plant is very limited. Therefore, several ways to increase its dissolution should be done. Application of rock phosphate on acid mineral soils such as Ultisol is recommended, because rock phosphate can ameliorate both low soil pH and P availability. The objectives of this study was to examine the effectiveness of rock phosphate, partially acidified rock phosphate and rock phosphate mixed with superphosphate on P availability and corn yield. The experiment was carried out at research farm of Faculty of Agriculture, Jambi University. Four phosphate sources i.e. rock phosphate, superphosphate, partially acidified rock phosphate and rock phosphate mixed with superphosphate were used and each of P source consisted of three levels, namely 50, 100, 150 and 200 mg P_2O_5 total kg^{-1}. The treatments were put into pots containing 5 kg of acid mineral soil (Ultisol) and corn was used as plant indicator. The results of study indicated that application of rock phosphate, superphosphate, superphosphate mixed rock phosphate significantly increased soil pH, available P, cation exchange capacity and corn yield, and decreased exchangeable Al compared to partially acidified rock phosphate. Among three P sources (rock phosphate, partially acidified rock phosphate and rock phosphate mixed with superphosphate) applied, rock phosphate showed a higher effectiveness in increasing plant P uptake and dry weight of grain, and rock phosphate mixed with superphosphate had a higher effectiveness on available P.

Key words: rock phosphate, superphospahte, available P, P uptake, corn yield.

PENDAHULUAN

Ultisol merupakan salah satu jenis tanah yang bereaksi masam yang cukup luas di Indonesia. Jenis tanah ini terdapat di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya, yang meliputi areal 42,3 juta ha atau 22% dari luas seluruh daratan Indonesia (Sri Rochayati *et al.*, 1997). Defisiensi unsur hara fosfor dan kemasaman tanah merupakan pembatas utama produktivitas tanah dan produksi tanaman pada Ultisol (Tisdale *et al.*, 1993). Pada tanah-tanah tropis yang telah mengalami pelapukan lanjut seperti Ultisol, retensi P yang tinggi oleh oksida-oksida Fe dan Al menyebabkan ketersediaannya bagi tanaman rendah (Sanchez dan Uehara, 1980; Wang *et al.*, 2000). Bermacam-macam cara sudah banyak digunakan untuk mengatasi kendala-kendala yang ada pada Ultisol ini. Khusus untuk mengatasi rendahnya ketersediaan fosfat dalam tanah, umumnya dilakukan dengan penggunaan pupuk fosfat, seperti triple superfosfat (TSP), double superfosfat (DSP) dan superfosfat 36 (SP-36). Akan tetapi harga dari pupuk-pupuk P mudah larut konvensional yang di produksi oleh pabrik pupuk menggambarkan biaya yang tinggi yang dibutuhkan petani dalam usaha produksinya (Dodor *et al.*, 1999; Weil, 2000). Proses pembuatan pupuk P dari BFA pada pabrik pupuk adalah suatu suatu proses yang memerlukan biaya tinggi karena memerlukan H_2SO_4 atau H_3PO_4 dan masukan energi (Lowell dan Weil, 1995). Oleh karena itu suatu penelitian untuk mencari sumber-sumber P alternatif, khususnya Indonesia di mana pupuk P diimpor dari luar negeri, sangatlah penting sebagai usaha dalam mempertahankan dan meningkatkan produksi pangan. Penggunaan batuan fosfat alam (BFA) sebagai amelioran maupun sekaligus sebagai sumber pupuk fosfat masih jarang digunakan oleh petani. Meskipun secara ekonomis harganya lebih murah dibandingkan dengan pupuk fosfat buatan seperti TSP, DSP dan SP-36. Hal ini disebabkan karena BFA ini mempunyai sifat-sifat yang tidak larut dalam air, dan lambat tersedia. Akan tetapi BFA mengandung hara Ca yang cukup tinggi dan mempunyai nilai residu yan cukup lama (Kasno *et al.*, 1999). Deposit batuan fosfat di Indonesia tersebar pada berbagai daerah dengan cadangan bervariasi yaitu sekitar 2.500 - 186.680 ton dengan kadar

P_2O_5 sekitar 1.00 -38% (Sri Adiningsih *et al.*, 1997).

Penggunaan BFA sangat efektif pada tanah masam karena hanya sebagian kecil fosfat yang larut dalam air dan sebagian besar berupa apatit yang hanya larut pada pH tanah yang rendah (Mengel dan Kirkby, 1982). Karena kelarutannya yang rendah, BFA mempunyai efektifitas yang lebih rendah dibandingkan dengan SP-36, tetapi BFA mempunyai nilai residu yang lebih tinggi. Dalam penelitiannya Kasno *et.al.* (1999) menemukan bahwa pada musim tanam pertama BFA mempunyai efektifitas yang lebih rendah dibandingkan dengan SP-36, sebaliknya pada musim tanam ke-dua BFA menunjukkan efektifitas yang lebih tinggi dari SP-36. Selanjutnya Kasno *et.al.* (1999) menemukan bahwa setelah satu tahun pemberian BFA meningkatkan P tersedia (Bray 1), di mana dengan pemupukan BFA sebanyak 160 kg P_2O_5 ha^{-1} dapat meningkatkan P tersedia menjadi 23 mg kg^{-1}. Kadar hara P ini berada di atas batas kritis untuk pertumbuhan tanaman jagung dan kedelai yaitu 10 dan 13 mg kg^{-1} (Wade *et al.*, 1988).

Berbagai penelitian telah banyak dilakukan untuk meningkatkan efektifitas pupuk BFA ini di antaranya adalah dengan pemakaian bersama dengan pupuk organik. Penelitian Kasno *et.al.* (1999) menunjukan bahwa dengan pemberian 160 kg ha^{-1} P_2O_5 (BFA) bersama-sama dengan 5 ton ha^{-1} pupuk kandang menghasilkan 42,2 kwintal ha^{-1} jagung. Hasil ini lebih tinggi dibandingkan dengan pemberian SP-36 yang hanya menghasilkan 38,5 kwintal jagung ha^{-1}. Meskipun penggunaan BFA bersama-sama dengan pupuk kandang dapat meningkatkan efektifitas BFA, namun seringkali di temui masalah untuk mendapatkan pupuk kandang dalam jumlah besar. Oleh karena itu diperlukan alternatif lain dalam meningkatkan efektifitas pupuk BFA ini.

Di antara alternatif yang dapat diterapkan adalah dengan pengasaman parsial dan pembuatan campuran padat BFA and superfosfat. Pengasaman parsial adalah memberikan senyawa asam seperti H_2SO_4 atau H_3PO_4 pada BFA dengan maksud untuk mengubah kandungan P yang tidak larut menjadi bentuk yang larut dan dapat tersedia bagi tanaman. Metode yang relatif tidak mahal untuk memperbaiki efektifitas agronomis dari BFA adalah dengan cara pengasaman parsial BFA dan pembuatan campuran padat BFA dengan pupuk superfosfat (Chien *et al.*, 1987; Menon *et al.*, 1991). Beberapa penelitian sudah dilakukan untuk mengevaluasi efektifitas rasio agronomis (ERA) dari pengasaman parsial BFA serta campuran padat BFA dan superfosfat. Penelitian yang dilakukan oleh Chien dan Hammond (1988) menunjukkan bahwa pengasaman 50% BFA dengan H_2SO_4 atau BFA yang diasamkan dengan 20% dengan H_3PO_4 mendekati efektifitas dari superfosfat. Demikian juga halnya campuran padat BFA dan superfosfat yang memberikan hasil yang sama dengan superfosfat terhadap hasil jagung (*Zea mays*), padi gogo (*Oryza sativa)* dan kacang polong (*Phaseolus vulgaris* L.) (Menon dan Chien, 1990; Menon *et al.*, 1991). Dari hasil penelitiannya pada percobaan pot dengan menggunakan tanah masam (pH 4.8) dan dengan takaran 300 mg P kg^{-1} Menon *et al.,* (1995) menemukan bahwa pengasaman parsial BFA serta pembentukan campuran padat BFA dan superfosfat dapat meningkatkan efektifitas dari BFA pada pertanaman jagung. Selain itu Menon *et al.* (1995) juga mendapatkan bahwa campuran padat BFA dan TSP menunjukkan efektifitas yang relatif sama dengan TSP di mana indeks respon tanaman relatif (*RCRI; relative crop response index*) dari campuran padat BFA an TSP sama dengan 104%.

Kesesuaian BFA pada tanah-tanah dapat diperkirakan dari tingkat kelarutannya dalam tanah, karena indikator yang paling penting dari efektifitas BFA adalah kemampuannya untuk larut secara lengkap dan cepat setelah pemakaiannya ke dalam tanah (Dodor *et al.*, 1999). Kelarutan BFA pada gilirannya dipengaruhi oleh pH, tekstur, kandungan kalsium (Ca), P, bahan organik dan kapasitas sorpsi P tanah (Chien *et al.*, 1987). Selain itu kelarutan dari pupuk P yang ditambahkan ke dalam tanah dipengaruhi oleh lamanya waktu kontak pupuk dengan tanah dan jumlah P yang ditambahkan per satuan volume tanah yang dipupuk (Soon, 1997).

Penelitian ini betujuan untuk mengevaluasi efektifitas BFA, BFA dengan pengasaman parsial dan campuran padat BFA dan superfosfat sebagai sumber pupuk P alternatif dalam upaya peningkatan ketersediaan P tanah untuk pertumbuhan dan produksi tanaman.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan Kebun Percobaan Fakultas Pertanian Universitas Jambi, Mendalo Darat. Alat yang digunakan meliputi pot plastik, cangkul, sprayer, ember dan saringan. Sedangkan bahan yang digunakan terdiri dari Ultisol (pH 5,09, 1.23% C, Al-dd 1,56 me/100g, P-tersedia 12,08 ppm), benih jagung Arjuna, BFA Gresik (29% P_2O_5 total), pupuk SP-36 (36% P_2O_5 total), pupuk urea (46% N), pupuk KCl (50% K), Dithane dan Dursban,.

Pelaksanaan percobaan

Batuan fosfat alam yang digunakan telah dalam bentuk tepung yang halus dan kemudian diasamkan dengan H_2SO_4 50% dan selanjutnya di granulasi untuk menghasilkan partikel-partikel yang berukuran lebih-kurang 2 mm. Campuran padat BFA dan superfosfat dibuat dengan cara mencampurkan BFA yang telah halus dan SP-36 dengan perbandingan 1:1. Urea diberikan pada campuran BFA dan SP-36 sebagai perekat sebanyak 120 g kg^{-1}. Campuran kemudian dipadatkan dan dihaluskan hingga terbentuk partikel-partikel dengan ukuran lebih-kurang 2 mm.

BFA (F), SP-36 (SP), BFA yang telah mengalami pengasaman parsial (BFA + H_2SO_4 50%) (FS), campuran padat BFA dan SP-36 (BFA + SP-36) (FSP) digunakan sebagai sumber fosfor. Taraf P yang digunakan untuk masing-masing setiap sumber P adalah 50, 100, 150 dan 200 mg P_2O_5 total per kg. Pupuk dasar yang digunakan meliputi 100 mg kg^{-1} K_2O (KCl), 150 mg kg^{-1} N (urea).

Tanah (Ultisol) terlebih dahulu dihaluskan dan diayak dengan saringan 2 mm sebelum dimasukkan kedalam pot sebanyak masing-masing 5 kg. Masing-masing perlakuan beserta pupuk KCl dan 2/3 pupuk urea dicampur dengan merata dengan tanah dan pemberian air dilakukan sesuai dengan kapasitas lapang dan selanjutnya dilakukan inkubasi selama 1 minggu. Kandungan air tanah dipertahankan dalam kedaaan kapasitas lapang dengan menimbang pot setiap hari dan menambahkan kekurangan air yang terjadi. Kemudian setiap pot ditanamn dengan 3 benih jagung dan setelah berumur tiga minggu dilakukan penjarangan dengan membiarkan satu tanaman pada setiap pot. Pot-pot percobaan disusun dalam rancangan acak kelompok (RAK) dengan 3 kali ulangan dan ditempatkan di rumah kaca. Pemberian pupuk urea kedua (1/3 dosis) di lakukan setelah tanaman berumur 5 minggu.

Parameter tanaman yang diamati adalah berat kering tanaman dan serapan hara tanaman (akhir fase vegetatif) serta berat kering pipilan, sedangkan parameter tanah terdiri dari: pH, P-tersedia, Al-dd dan kapasitas tukar kation (KTK).

Analisis data

Data dari parameter yang diamati (pH, Al-dd dan KTK) dianalisis dengan sidik ragam pada taraf 5%, sedangkan perbedaan rata-rata antar perlakuan akan dianalisis dengan mengunakan Uji Jarak Berganda Duncan (*Duncan's Multiple Range Test*). Hubungan antara berat kering tanaman, ketersediaan P, serapan P dan berat pipilan kering dengan sumber-sumber P yang digunakan ditentukan dengan persamaan regresi dengan model $y = \beta0 + \beta1X$ (Menon et al., 1995). Di mana $\beta0$ intersepsi (*intercept*) dan $\beta1$ adalah koefisien (*slope*) yang berhubungan dengan respon terhadap sumber P. Efektifitas BFA baik yang telah mengalami pengasaman parsial maupun yang dalam bentuk campuran padat dengan SP-36 dievaluasi dengan indeks respon tanaman relatif (*RCRI; relative crop response index*). Indeks respon tanaman relatif ini juga disebut efektifitas relatif (*relative effectiveness, RE*). RCRI atau RE merupakan perbandingan dari peningkatan (dalam persen) parameter yang diamati (khususnya P-tersedia, berat kering tanaman, pipilan kering dan serapan P) dari suatu sumber P (βi) dengan suatu sumber P standar (SP-36) (βSP-36) bila satu satuan pupuk P digunakan (Menon et al., 1995): RCRI = (βi / βSP-36) x 100.

HASIL DAN PEMBAHASAN

pH tanah

Pada akhir fase vegetatif, pH tanah meningkat dengan nyata pada perlakuan F2, F3 dan F4 dibandingkan dengan F1 (Tabel 1.). Sedangkan pada SP, FS dan FSP tidak menunjukan suatu peningkatan pH yang nyata dengan meningkatnya takaran fosfat. Pada takaran yang sama dengan sumber fosfat yang berbeda tidak menunjukkan perbedaan yang nyata terhadap pH, kecuali pada FS yang yang mempunyai nilai pH yang lebih rendah dibandingkan dengan perlakuan F, SP dan FSP.

Table 1. pH tanah akibat pemberian fosfat.

Perlakuan	pH (vegetatif)	pH generatif)
F1	4,70 d	5,21 gh
F2	4,93 ab	5,42 abcd
F3	5,02 a	5,46 ab
F4	4,97 ab	5,49 a
SP1	4,95 ab	5,30 efg
SP2	4,98 ab	5,28 fg
SP3	4,93 ab	5,37 bcdef
SP4	4,97 ab	5,38 bcde
FS1	4,60 d	5,08 i
FS2	4,72 cd	5,09 i
FS3	4,73 cd	5,15 hi
FS4	4,71 d	5,12 hi
FSP1	4,86 bc	5,34 def
FSP2	4,92 ab	5,32 ef
FSP3	4,96 ab	5,44 abc
FSP4	4,95 ab	5,36 cdef

Pada akhir fase generatif, peningkatan pH tanah yang nyata terjadi pada F2, F3, dan F4 dibandingkan dengan F1. Pada perlakuan SP, peningkatan yang nyata terjadi pada perlakuan SP3 dan SP4. Sedangkan pada perlakuan FS tidak ada peningkatan pH yang nyata dengan meningkatnya takaran fosfat. Sedangkan pada FSP, peningkatan takaran fosfat menunjukkan peningkatan yang nyata terhadap pH tanah. Pada takaran fosfat yang sama perlakuan FS menunjukkan nilai pH yang lebih rendah dengan nyata dibandingkan dengan sumber fosfat yang lainnya. Dibandingkan dengan sumber fosfat yang lain, nilai pH tertinggi diperoleh pada perlakuan F4 yang berbeda nyata dengan perlakuan-perlakuan yang lain, kecuali dengan FSP3 yang tidak menunjukkan perbedaan yang nyata.

Peningkatan pH yang terjadi dengan peningkatan takaran pupuk fosfat disebabkan adanya peningkatan kandungan Ca, di mana Ca dapat menggantikan Al pada komplek serapan dan membentuk endapan yang tidak larut. Diantara sumber-sumber fosfat lainnya BFA mengandung konsentrasi Ca yang lebih tinggi yaitu 42% kadar Ca dan Mg setara CaO (Sediyarso dan Widjaya-Adhi, 1991; Mulyadi, 1997). Selain itu batuan fosfat alam mempunyai kemampuan dalam menaikkan pH tanah karena adanya karbonat dalam apatit dan dalam proses pelarutannya mengkonsumsi 2 mol H^+ untuk setiap mol P yang terlarut (Manoharan *et al.*, 1995).

$$Ca_{10}(PO_4)_5CO_3F_2+12H^+ \Leftrightarrow 10Ca^{2+}+5H_2PO^{4-}+2F^-+H_2O+CO_2$$

Sebaliknya pada perlakuan FS, selain terjadinya reaksi di atas juga dapat menghasilkan senyawa sulfat yang dapat menyebabkan kemasamam tanah sehingga adanya keseimbangan. Akibatnya pada perlakuan FS tidak menunjukkan perubahan pH dengan meningkatnya takaran dan relatif lebih rendah dibandingkan sumber fosfat lainnya pada konsentrasi yang sama.

Nilai pH tanah setelah akhir fase generatif menunjukkan nilai pH lebih tinggi dibandingkan dengan pH tanah pada akhir fase vegetatif. Hal ini juga diduga disebabkan karena pengaruh dari Ca yang berasal dari pupuk fosfat yang diberikan.

Al-dd

Pada akhir fase vegetatif, penurunan Al-dd yang nyata terjadi dengan peningkatan takaran perlakuan F pada F4 yang berbeda nyata dengan F2 dan F3. Demikian juga pada SP, di mana SP4 berbeda dengan SP2 dan SP1. Pada FS, penurunan Al-dd yang nyata terjadi pada FS4 yang berbeda nyata dengan FS3, FS2, dan FS1. Pada FSP sama halnya dengan pada FS, di mana FSP4, menghasilkan AL-d yang lebih rendah dan berbeda nyata dibanbdingkan dengan SP3, SP2 dan SP1. Nilai Al-dd terendah diperoleh pada perlakuan F4 namun tidak berbeda nyata dengan SP2, FS4, dan FSP4 (Tabel 2).

Pada akhir fase generatif, penurunan yang nyata terhadap AL-dd juga terjadi pada perlakuan F di mana pada F4 diperoleh AL-dd yang lebih rendah dari yang lainnya dan berebda nyata dibanding dengan F3, F2 dan F1. Sebaliknya pada SP, tidak ada perbedaan yang nyata yang terjadi dengan perbedaan takaran fosfat. Pada FS, penuruann yang nyata terjadi dengan mneingkatnya takaran di mana FS4 berbeda nyata dengan FS3, FS2 dan FS1. Sama seperti pada SP, FSP juga tidak menunjukkan adanya perbedaan yang terhadap Al-dd. Nilai Al-dd terendah diperoleh pada perlakuan F4, namun tidak berbeda nyata dibandingkan denganF3, FSP3 dan FSP4.

Table 2. Al-dd tanah akibat pemberian fosfat.

Perlakuan	Al-dd (me per 100g) (vegetatif)	Al-dd (me per 100g) (generatif)
F1	1,34 b	1,33 cd
F2	1,20 ef	1,25 de
F3	1,12 fg	1,12 fghi
F4	1,09 g	1,04 gi
SP1	1,33 b	1,27 cde
SP2	1,19 fg	1,23 def
SP3	1,21 def	1,27 cde
SP4	1,22 cdef	1,25 de
FS1	1,44 a	1,50 a
FS2	1,31 bcd	1,38 bc
FS3	1,37 ab	1,45 ab
FS4	1,17 fg	1,31 cd
FSP1	1,32 bc	1,23 def
FSP2	1,30 bcde	1,21 def
FSP3	1,21 def	1,16 efgh
FSP4	1,12 fg	1,16 efgh

Sama halnya dengan peningkatan pH, penurunan Al-dd akibat pemberian fosfat disebabkan adanya peningkatan kandungan Ca yang berasal dari pupuk fosfat. Kation Ca dapat menggantikan Al pada komplek serapan yang menghasilkan endapan Al yang sukar larut. Semakin tinggi Ca maka semakin rendah Al pada komplek serapan (Dodor *et al.*, 1999). Diantara sumber fosfat lainnya , BFA mengandung Ca yang relatif lebih banyak dibandingkan dengan sumber fosfat lainnya. Konsentrasi Al-dd yang relatif lebih tinggi pada perlakuan FS

diduga disebabkan adanya ion Al^{3+} yang menjadi aktif karena proses pengasaman BFA (Chien dan Hammond, 1988).

KTK

Pada akhir fase vegetatif, peningkatan yang nyata terhadap KTK terjadi pada F3 dan F4 dibandingkan dengan F1 dan F2. Pada perlakuan SP; SP2, SP3 dan SP4 dapat meningkatkan KTK dengan nyata. Peningkatan KTK yang nyata pada FS terjadi pada FS4. Sedangkan pada FSP tidak terjadi peningkatan yang nyata dengan meningkatnya takaran fosfat. Pada perlakuan SP2 sudah menunjukkan peningkatan KTK yang nyata dibandingkan dengan sumber fosfat lainnya dengan takaran fosfat yang sama (Tabel 3).

Pada akhir fase generatif, pada perlakuan F, peningkatan KTK yang nyata tejadi pada F3 dan F4. Tidak ada peningkatan KTK yang nyata pada perlakuan SP, FS dan FSP dengan meningkatnya takaran fosfat pada masing-masing sumber fosfat. Nilai tertinggi KTK diperoleh pada perlakuan F4 yang berbeda nyata dengan perlakuan perlakuan lainnya.

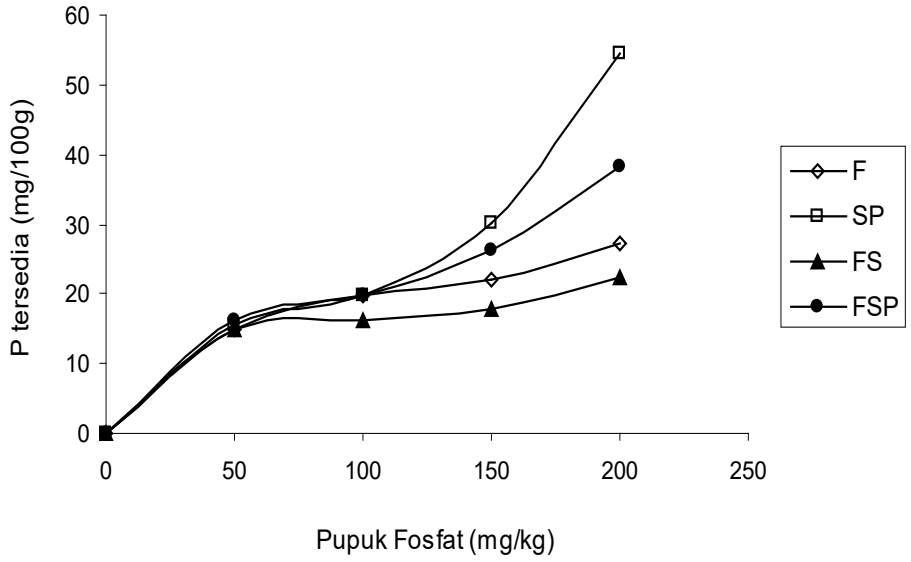
Selain terjadinya peningkatan P tersedia, BFA yang ditambahkan ke dalam tanah juga dapat meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK) tanah dan menurunkan kemasaman tanah, karena selain mengandung P, BFA juga mengandung Ca yang dapat mengurangi kereaktifan Al dan Fe dalam memfiksasi P (Lukman Hakim dan Moersidi, 1982).

Table 3 TK tanah akibat pemberian fosfat.

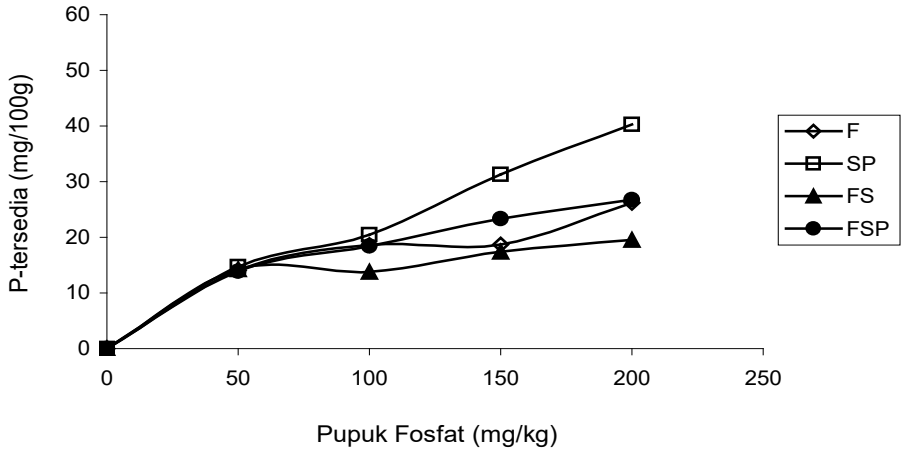
Perlakuan	KTK (vegetatif) (me per 100 g)	KTK (generatif) (me per 100 g)
F1	9,74 d	7,53 cde
F2	8,02 d	8,87 bc
F3	13,21 a	8,98 b
F4	13,47 a	10,27 a
SP1	11,26 c	7,58 cde
SP2	13,28 a	7,49 cde
SP3	13,61 a	8,27 bcd
SP4	13,36 a	7,70 bcde
FS1	11,85 bc	7,39 de
FS2	11,80 bc	7,62 bcde
FS3	12,29 b	7,42 de
FS4	13,76 a	7,81 bcde
FSP1	9,95 d	7,44 de
FSP2	9,95 e	7,34 de
FSP3	9,45 d	6,80 e
FSP4	9,54 d	7,63 bcde

Efektifitas pupuk P

Pada Gambar 1 dan Gambar 2 terlihat bahwa meningkatnya takaran pupuk P menunjukkan peningkatan ketersediaan P-tersedia tanah. Ketersediaan P tertinggi ditunjukkan pada perlakuan SP diikuti oleh FSP, F dan FS. Hal ini berkaitan tingkat kelarutan masing-masing sumber pupuk P. Di mana SP lebih mudah larut dibandingkan dengan sumber pupuk P lainnya.



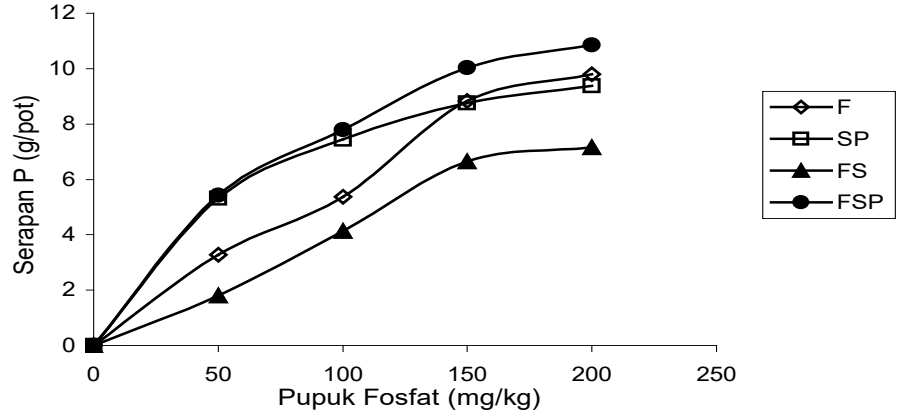
Gambar 1. Pengaruh Pupuk Fosfat Terhadap P-tersedia (vegetatif)



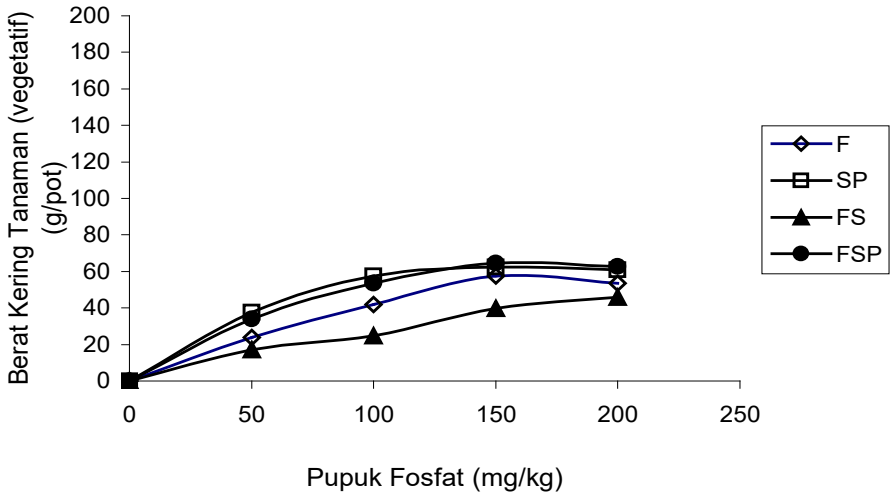
Gambar 2. Pengaruh pupuk fosfat terhadap P-tersedia (generatif)

Tabel 4. Persamaan linier dan efektifitas relatif pupuk P (RCRI/RE) terhadap P-tersedia.

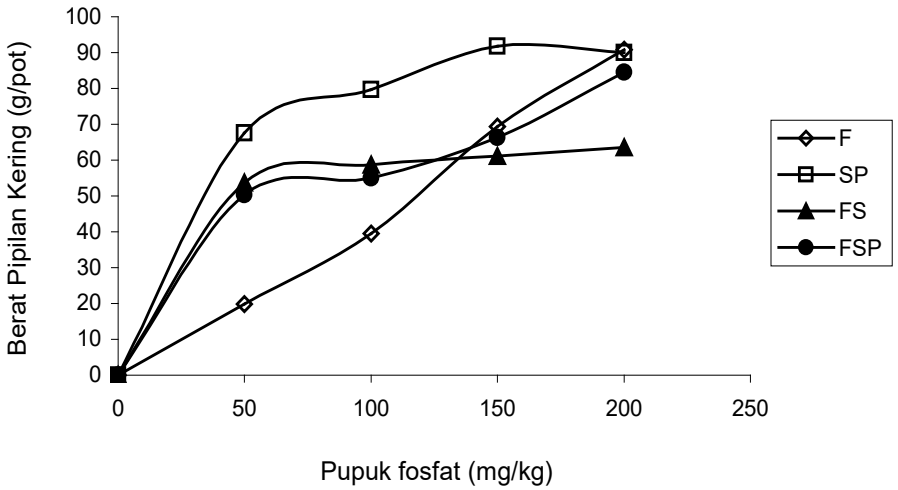
	P-tersedia vegetatif (mg per 100g)			
	Koefisien		RCRI (RE) (%)	R^2
	a	bx		
Pupuk P				
SP-36 (SP)	-0,706	0,247	100	0,935
BFA (F)	4,382	0,124	50	0,885
BFA+50% H_2SO_4 (FS)	4,738	0,095	38	0,796
BFA+SP-36 (FSP)	2,748	0,174	70	0,954
	P-tersedia generatif (mg per 100g)			
	Koefisien		RCRI (RE) (%)	R^2
	a	bx		
Pupuk P				
SP-36 (SP)	1,922	0,194	100	0,985
BFA (F)	4,106	0,114	59	0,864
BFA+50% H_2SO_4 (FS)	4,556	0,085	44	0,763
BFA+SP-36 (FSP)	3,872	0,126	65	0,913



Gambar 3. Pengaruh pupuk fosfat terhadap serapan P tanaman (g/pot).



Gambar 4.Pengaruh pupuk fosfat terhadap berat kering tanaman (vegetatif)



Gambar 5. Pengaruh pupuk fosfat terhadap berat kering pipilan (g per pot).

Dari Tabel 4 terlihat bahwa FSP lebih efektif dibandingkan dengan F dan FS tetapi masih lebih rendah dibandingkan dengan SP terhadap P-tersedia tanah. Efektifitas FSP yang lebih baik dibandingkan dengan F dan FS disebabkan karena adanya kandungan 50% SP-36 pada FSP di mana SP-36 relatif lebih mudah larut dibandingkan dengan sumber fosfat lainnya.

Serapan P, berat kering tanaman dan berat pipilan kering

Peningkatan takaran pada setiap pupuk P menunjukkan peningkatan terhadap serapan P, berat kering tanaman dan berat pipilan kering (Gambar 3, Gambar 4 dan Gambar 5). Serapan P tertinggi diperoleh pada perlakuan FSP diikuti oleh F, SP dan FS.

Peningkatan berat kering tanaman akibat meningkatnya takaran pupuk fosfat disebabkan oleh adanya peningkatan P tersedia sebagai akibat meningkatnya takaran fosfat. Hasil yang ditunjukkan oleh perlakuan FS yang relatif lebih rendah dibandingkan dengan yang lain diduga dikarenakan oleh adanya pengaruh kemasaman tanah yang disebabkan oleh senyawa sulfat (Chien dan Hammond, 1988; Menon *et al.*, 1995).

Tabel 5. Persamaan linier dan efektifitas relatif Pupuk P (RCRI/RE) terhadap searapan P, berat kering tanaman dan berat kering pipilan.

	Serapan P (g per pot)			
	Koefisien		RCRI (RE) (%)	R^2
	a	bx		
Pupuk P				
SP-36 (SP)	1,742	0,044	100	0,858
BFA (F)	0,424	0,050	114	0,976
BFA+50% H_2SO_4 (FS)	0,122	0,038	86	0,911
BFA+SP-36 (FSP)	0,122	0,053	106	0,911
	Berat kering tanaman (vegetatif) (g per pot)			
	Koefisien		RCRI (RE) (%)	R^2
	a	bx		
Pupuk P				
SP-36 (SP)	14,44	0,293	100	0,770
BFA (F)	7,171	0,281	96	0,882
BFA+50% H_2SO_4 (FS)	2,658	0,229	78	0,976
BFA+SP-36 (FSP)	11,8	0,311	106	0,839
	Berat kering pipilan (g per pot)			
	Koefisien		RCRI (RE) (%)	R^2
	a	bx		
Pupuk P				
SP-36 (SP)	24,996	0,408	100	0,720
BFA (F)	-2,328	0,462	113	0,994
BFA+50% H_2SO_4 (FS)	20,516	0,269	66	0,632
BFA+SP-36 (FSP)	14,186	0,370	91	0,862

Efektifitas dari masing-masing pupuk fosfat terhadap serapan P, berat kering tanaman dan berat kering pipilan ditunjukkan pada Tabel 5. Pupuk BFA menunjukkan efektifitas yang lebih tinggi (114%) dari SP-36 dalam serapan P tanaman, demikian juga BFA+SP-36 (106%), sebaliknya BFA+50% H2SO4 mempunyai efektifitas yang lebih rendah dari SP-36 (86%). Pada berat kering tanaman baik vegetatif, BFA+SP-36 menunjukkan efektifitas yang relatif sama dengan SP-36 yaitu 106% dan 99%. Efektifitas yang lebih rendah ditunjukkan oleh BFA (96%) dan BFA+50%H_2SO_4 (78% dan 82%). Sebaliknya pada berat kering pipilan, BFA menunjukan efektifitas yang lebih tinggi karena dengan pemberian BFA tanaman dapat menyerap unsur hara P lebih baik yang dibutuhkan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. BFA yang diberikan dalam tanah selain dapat meningkatkan ketersediaan P, BFA juga mengandung Ca yang dapat mengurangi kereaktifan Al dan Fe dalam memfiksasi P (Lukman Hakim dan Moersidi, 1982).

KESIMPULAN

1. Peningkatan dosis fosfat dapat menurunkan Al-dd dan meningkatkan pH serta KTK.
2. Pada dosis yang sama dari sumber fosfat yang berbeda relatif tidak menunjukkan perbedaan terhadap pH, Al-dd dan KTK.
3. Efektivitas BFA+SP-36 lebih tinggi dari BFA dan BFA + 50% H_2SO_4 terhadap peningkatan P-tersedia dan berat kering tanaman (vegetatif).
4. Efektifitas BFA lebih tinggi dari BFA + 0% H_2SO_4 dan BFA + SP-36 terhadap peningkatan serapan P tanaman dan berat kering pipilan.

DAFTAR PUSTAKA

Chien, S. H. dan L. L. Hammond. 1988. Agronomic Evaluation of Partially Acidulated Phosphate Rocks in The Tropics. IFDC, Muscle Shoals.

Chien, S. H., L. L. Hammond dan L. A. Leon. 1987. Long-term reactions of phosphate rocks with an

Oxisol in Colombia. *Soil Science Society of American Journal* 144: 257-265.

Dodor, D. E., K. Oya, Y. Tokashiki dan M. Shimo. 1999. Dissolution of phosphate rock fertilizers in some soils of Okinawa, Japan. *Australian Journal of Soil Research* 37.

Kasno, A., J. Sri Adiningsih dan S. Moersadi. 1999. Keefektifan waktu pemberian dan jenis fosfat alam pada tanah plinthic kandiudults. *Jurnal Tanah Tropika* 7: 59-73.

Lowell, K. dan R. R. Weil. 1995. Pyrite enhancement of phosphorous availability from African phosphorous rocks: a laboratory study. *Soil Science Society of American Journal* 59: 1645-1654.

Lukman Hakim, S. dan S. Moersidi. 1982. Pembandingan dan Pengamatan Residu Beberapa Pupuk Fosfat Alam. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.

Manoharan, V., P. Loganathan dan R. W. Tillman. 1995. Effects of Long-term Applications of Phosphate Fertilizers on Soil Acidity under Pasture in New Zealand, pp. R. A. Date, N. J. Grundan, G. E. Rayment dan M. E. Probert [eds.]. Plant Soil Interactions at Low pH. Kluwer Academic Publisher, The Netherlands.

Mengel, K. dan E. A. Kirkby. 1982. Principles of Plant Nutrient. IPPI, -.

Menon, R. G. dan S. H. Chien. 1990. Phosphorous availability to maize from partially acidulated rocks and phosphate rocks compacted with sophera. *Plant and Soil* 127: 123-128.

Menon, R. G., S. H. Chien dan A. N. Gadalla. 1991. Phosphate rocks compacted with super phosphate vs. partially acidulated rocks for bean and rice. *Soil Science Society of American Journal* 55: 1480-1484.

Menon, R. G., S. H. Chien dan D. T. Hellums. 1995. Iron and aluminium oxide influence on agronomic effectiveness of modified phosphate rocks. *Soil Science Society of American Journal* 59: 1531-1539.

Mulyadi, D. 1997. Sifat Khusus Pupuk Alam Berkualitas Tinggi untuk Penggunaan Langsung pada Tanah Masam di Daerah Tropika Basah. *Lokarya* Penggunaan Fosfat Alam, Bandar Lampung.

Sanchez, P. A. dan G. Uehara. 1980. Management Considerations for Acid Soils with High Phosphorous Fixation Capacity, pp. F. E. Khasawneh [ed.]. The Role of Phosphorous in Agriculture. ASA, CSSA and SSSA, Madison.

Sediyarso, M. dan I. P. G. Widjaya-Adhi. 1991. Deposit and direct use of phosphate rocks in Indonesia. *IARD Journal* 13: -.

Soon, Y. K. 1997. Effects of rate, placement, and frequency of P application on yield and P content of bromegrass-red clover herbage and soil distribution. *Canadian Journal of Soil Science* 62: 77-81.

Sri Adiningsih, J. Sri Rochayati, Moersidi dan A. Kasno. 1997. Prospek Penggunaan Pupuk Fosfat Alam untuk Meningkatkan Budidaya Pertanian Tanaman Pangan di Indonesia. *Prosiding* Seminar Nasional Penggunaan P-alam Mendorong Pembangunan Pertanian Indonesiayang Kompetitif. Departemen Pertanian RI, Jakarta.

Sri Rochayati, I. G. M., Subuksa, K. Subagyono, S. A. Bambang dan J. S. Adiningsih. 1997. Pengelolaan hara untuk menghadapi tantangan peningkatan produksi tanaman pangan di masa datang. *Prosiding* Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat, hal. 217-243. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Tisdale, S. L., W. L. Nelson, J. D. Beaton dan J. L. Havlin. 1993. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publishing Company, New York.

Wade, M. K., D. W. Gill, H. Subagjo, M. Sudjadi dan P. A. Sanchez. 1988. Overcoming soil fertility constraints in a transmigration area of Indonesia. *Tropical Soil Bulletin* 88: 59.

Wang, X., J. M. Jackman, R. S. Yost dan B. A. Linquist. 2000. Predicting soil phosphorous coefficients using potential sorption site density and soil aggregation. *Soil Science Society of American Journal* 64: 240-246.

Weil, R. R. 2000. Soil and plant influences on crop response to two African phosphate rocks. *Agronomy Journal* 92: 1167-1175.