

Pengaruh Pemupukan P Terhadap Bentuk Fosfat Tanah dan Hasil Jagung pada Typic Plintudults dan Placic Petraquepts

The Effect of P Fertilizer Application on Soil Phosphate Form and Corn Yield on Typic Plintudults and Placic Petraquepts

A. KASNO, I G.M. SUBIKSA, DAN S. DWININGSIH¹

ABSTRAK

Fosfat merupakan hara makro bagi tanaman, tetapi pada tanah masam fosfat menjadi pembatas utama bagi peningkatan pertumbuhan dan hasil tanaman. Ketersediaan dan bentuk-bentuk hara P dalam tanah dipengaruhi oleh tingkat kemasaman tanah, kadar Fe dan Al oksida, serta jenis pupuk P yang ditambahkan ke dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh pemberian ketiga sumber pupuk P (SP-36, DAP, dan TSP) terhadap berat jagung kering dan bentuk-bentuk P dalam tanah. Penelitian dilakukan pada Typic Plintudults Jagang, Lampung Utara dan Placic Petraquepts Cicadas, Bogor. Perlakuan terdiri atas pemupukan tiga sumber pupuk P (SP-36, DAP, dan TSP) dan ditambah perlakuan kontrol (tanpa P). Dosis pupuk P yang digunakan 40 kg ha⁻¹. Hasil penelitian menunjukkan bahwa penambahan pupuk P meningkatkan berat jagung kering dari 2 t ha⁻¹ menjadi 6 t ha⁻¹, meningkatkan kadar Al-P dari 13 ppm menjadi 41 hingga 48 ppm, Fe-P dari 176 ppm menjadi 263 hingga 300 ppm, Rs-P dari 27 ppm menjadi 64 hingga 73 ppm, dan Ca-P dari 14 ppm menjadi 18 hingga 34 ppm. Peningkatan berat jagung kering dipengaruhi oleh peningkatan kadar Al-P, Rs-P, dan Ca-P, peningkatan berat jagung kering paling dipengaruhi oleh peningkatan kadar Ca-P. Pemupukan P pada Placic Petraquepts Cicadas, Bogor tidak dapat meningkatkan berat jagung kering. Pemupukan SP-36 dan DAP dapat meningkatkan Al-P dan Rs-P, sedangkan pemupukan TSP justru menurunkan Rs-P dan Ca-P. Pupuk TSP merupakan pupuk yang sesuai untuk tanaman semusim, meningkatkan Ca-P dan hasil jagung.

Kata kunci : Pemupukan P, Sumber P, Bentuk-bentuk P tanah, Hasil jagung, Typic Plintudults, Placic Petraquepts

ABSTRACT

Phosphorus is one of macro nutrient for crops, but on the acid soils it become a main limiting factor for increasing plant growth and yield. Phosphorus availability and forms in the soil are influenced by the level of soil acidity, Fe and Al oxide content, and the kind of P fertilizer added on the soil. The objective of this research is to study the effect of three source of P fertilizer application on weight of dry corn and on forms of phosphorus on the soil. The experiment had been conducted on Typic Plintudults in Jagang, North Lampung and on Placic Petraquepts in Cicadas, Bogor. The treatments consist of three source of P fertilizer i.e.: SP-36, DAP, and TSP, and control treatment (without P). The P fertilizer rate is 40 kg ha⁻¹. The results of the study show that the P fertilizer application can increase the dry corn weight from 2 t ha⁻¹ to 6 t ha⁻¹, Al-P from 13 ppm to 41-48 ppm, Fe-P from 176 ppm to 263-300 ppm, Rs-P from 27 ppm to 64-73 ppm, and Ca-P from 14 ppm to 18-34 ppm. The increasing of dry corn weight

is influenced by the increasing of Al-P, Rs-P, and Ca-P content on the soils. The increasing weight of dry corn is most influenced by the increasing of Ca-P. Phosphate fertilizer on the Placic Petraquepts Cicadas, Bogor can't increase weight of dry corn. SP-36 and DAP fertilizer can increase of Al-P and Rs-P, whereas TSP fertilizer decreases of Rs-P and Ca-P. TSP fertilizer is suitable for annual crops, increasing of Ca-P and yield of corn.

Keywords : P fertilizer, P source, P forms, Corn yield, Typic Plintudults, Placic Petraquepts

PENDAHULUAN

Fosfat, N, dan K merupakan hara makro, hal ini berarti kebutuhan tanaman akan hara P cukup besar. Bentuk-bentuk fosfat dalam tanah dapat dibedakan atas: P dalam larutan, P labil, P difiksasi oleh Al, Fe atau Ca dan P organik. Fosfat dalam larutan dapat berbentuk H₂PO₄⁻ atau HPO₄²⁻ (Havlin *et al.*, 1999), tergantung dari kemasaman larutan (pH). Fosfat tidak tersedia karena P difiksasi Fe dan Al oksida pada tanah masam, difiksasi Ca pada tanah basa dan tidak dapat diserap oleh tanaman. Bentuk-bentuk tersebut berada dalam keseimbangan, artinya apabila bentuk P tidak tersedia dalam jumlah sedikit akan terjadi aliran hara P dari bentuk-bentuk yang tidak tersedia. Selain itu, bentuk-bentuk P dipengaruhi pH tanah, pada tanah dengan pH rendah P lebih banyak dalam bentuk H₂PO₄⁻ dan pada pH lebih tinggi P lebih banyak dalam bentuk PO₄³⁻.

Pada umumnya, tanah dengan bahan organik tinggi mempunyai kadar P dalam tanah juga tinggi. Sukristiyonubowo *et al.* (1993), menyampaikan bahwa pemberian bahan organik pada tanah Ultisols dapat meningkatkan kadar P dan menurunkan Al³⁺. Kekuatan energi hara P berkorelasi dengan Al dapat

1 Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.

dipertukarkan (Hartono, 2004), yang berarti ketersediaan hara P sangat dipengaruhi oleh Al_{dd} . Penambahan pupuk kandang dapat menurunkan daya sangga P tanah (Wandruszka, 2006), karena asam organik dapat mengikat Al sehingga P lepas ke dalam larutan tanah. Kadar P dalam tanah berkurang karena diserap tanaman, tercuci, diserap, dan difiksasi oleh koloid tanah. Kadar P tanah meningkat selain oleh pemupukan P juga karena pemberian bahan organik dan kapur. Hartono *et al.* (2000), menyatakan bahwa pemupukan P, penambahan pupuk kandang sapi, dan pengapuran nyata meningkatkan HCl-Pi dan NaOH-Pi.

Pengembangan lahan pertanian lebih diarahkan ke luar Pulau Jawa. Lahan kering di luar Pulau Jawa didominasi oleh tanah Ultisols dan Oxisols. Kedua tanah tersebut telah mengalami pelapukan lanjut, basa-basa tercuci dan tanah menjadi masam dengan kadar Al, Fe, dan Mn oksida tinggi dan dapat meracuni tanaman, sedangkan kadar bahan organik dan P rendah. Hara P merupakan pembatas utama produktivitas pada tanah masam (Mutert and Adiningsih, 1996), untuk itu penggunaan pupuk yang dapat meningkatkan hara P dan meningkatkan pH tanah sangat diperlukan.

Pupuk P-alam merupakan pupuk yang mengandung P dan Ca yang cukup tinggi, kurang larut dalam air sehingga ketersediaan hara P menjadi lambat dan mempunyai pengaruh residu yang cukup baik. Batuan fosfat dapat ditemukan di alam sebagai batuan sedimen/endapan, metamorfik dan beku/*igneous*, yang dapat dibagi dua berdasarkan suhu pembentukannya (Mulyadi, 1997). Reaktivitas pupuk P-alam tergantung dari sifat pupuk P-alam dan sifat-sifat tanah. Sifat P-alam yang berpengaruh adalah kadar P dalam pupuk, kehalusan, perbandingan kadar PO_4^{3-} dengan CO_3^{2-} , dan kadar Al dan Fe. Sifat tanah yang berpengaruh adalah tekstur, pH (kemasaman tanah), bahan organik, kadar P, Al, dan Fe serta Ca.

Makalah ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh penambahan beberapa sumber pupuk P terhadap hasil jagung dan transformasi bentuk-bentuk P dalam tanah.

METODOLOGI PENELITIAN

Penelitian dilakukan pada Placic Petraquepts di Desa Cicadas, Kecamatan Ciampea Bogor, dan pada Typic Plintudults di Desa Jagang, Kecamatan Abung Selatan, Lampung Utara. Sifat kimia tanah dari kedua lokasi penelitian disajikan pada Tabel 1. Tanah lapisan atas di lokasi penelitian Cicadas memiliki tekstur liat dengan pH (air) masam (4,8). Kadar P_2O_5 terekstrak HCl 25% tergolong tinggi, namun P tersedia (Bray 1) rendah. Hal ini menunjukkan adanya jerapan P cukup tinggi oleh oksida-oksida terutama besi. Kadar K_2O yang terekstrak HCl 25% dan N total tergolong sedang. KTK dan kejenuhan basa (KB) tanah rendah, hara Ca merupakan unsur dominan dalam kompleks jerapan.

Tabel 1. Hasil analisis contoh tanah komposit (0-20 cm) Placic Petraquepts Cicadas, Bogor dan Typic Plintudults Jagang, Lampung

Table 1. The result of composite soil sample analysis (0-20 cm) from Placic Petraquepts Cicadas, Bogor and Typic Plintudults Jagang, Lampung

Parameter	Satuan	Placic Petraquepts	Typic Plintudults
pH (1 : 5) H_2O		4,8	4,3
Bahan organik :			
C-organik	%	1,78	1,54
N-total	%	0,24	0,20
P_2O_5 :			
Ekstrak HCl 25%			
P_2O_5	mg $100\ g^{-1}$	57	15
K_2O	mg $100\ g^{-1}$	13	5
Ekstrak Bray 1	mg kg^{-1}	1,8	18,7
Ekstrak NH_4OAc 1N pH 7			
Ca	cmol _c kg^{-1}	3,68	1,95
Mg	cmol _c kg^{-1}	0,79	0,83
K	cmol _c kg^{-1}	0,16	0,08
Na	cmol _c kg^{-1}	0,07	0,06
KTK	cmol _c kg^{-1}	14,72	7,84
KB	%	32	37

Tanah Typic Plintudults Jagang, Lampung Utara bertekstur liat dengan pH (air) sangat masam (4,3). Kadar P_2O_5 terekstrak HCl 25% maupun terekstrak Bray 1 tergolong sedang. Kadar K_2O terekstrak HCl 25% sangat rendah dan N total tergolong sedang. KTK tanah tergolong rendah, hal ini menunjukkan bahwa kompleks jerapan tanah didominasi oleh liat seperti kaolinit dan oksida-

oksida, yang memiliki kemampuan menyerap P cukup tinggi. Komplek jerapan didominasi oleh kation Ca, namun kejenuhan basanya sangat rendah.

Penelitian dilakukan dengan Rancangan Acak Kelompok (*Randomize Complete Block Design*), dengan tiga ulangan. Perlakuan terdiri atas tiga pemberian sumber pupuk P (SP-36, DAP, dan TSP) masing-masing dengan dosis 40 kg P ha⁻¹, dan perlakuan kontrol (tanpa pupuk P). Selain sumber pupuk P sebagai perlakuan, setiap perlakuan ditambah 300 kg pupuk urea dan 100 kg pupuk KCl ha⁻¹.

Petak percobaan dibuat dengan ukuran 5 x 6 m. Tanaman indikator yang digunakan adalah jagung hibrida varietas Pionir, dengan jarak tanam 70 x 25 cm. Jagung ditanam dengan cara ditugal dua biji per lubang. Penjarangan dilakukan setelah umur satu minggu dan ditinggalkan satu tanaman per lubang.

Pengamatan dilakukan terhadap berat biji kering, analisis tanah setelah panen: P terekstrak HCl 25%, Bray 1, fraksionasi P (Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P). Fosfat terekstrak HCl 25% merupakan P cadangan (potensial) tanah diekstrak dengan HCl 25% (Sulaeman *et al.*, 2005). Fosfat tersedia

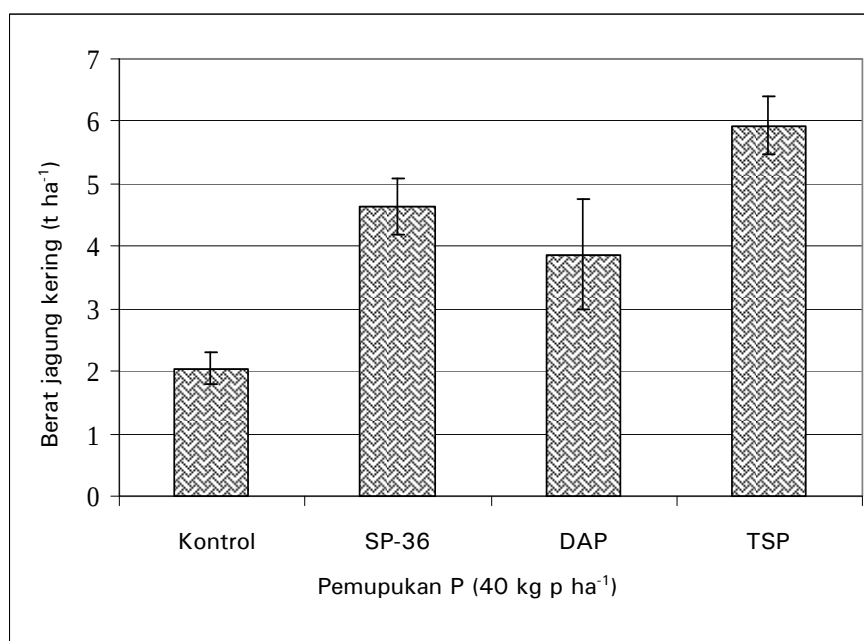
dianalisis dengan Bray 1 (0,03 N NH₄F + 0,025 N HCl) (Sims, 2000).

Analisis fraksionasi P dilakukan berdasarkan perbedaan kelarutan bentuk-bentuk P di dalam beberapa pengestrak. Aluminium-P dianalisis dengan pengestrak 1 M NH₄Cl dan 0,5 M NH₄F, dan Fe-P dengan pengestrak 0,1 M NaOH. Fosfat residu dianalisis dengan 0,3 M Na₃C₆H₅O₇, 1 M NHCO₃, Na₂S₂O₄, tanah bekas analisis P-residu ditambah 0,25 M H₂SO₄ untuk Ca-P (Zhang and Kovar, 2000). Ekstraksi Al-P, Fe-P, dan Ca-P dianalisis dengan pewarnaan menurut Murphy dan Riley (1962).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pemupukan P pada Typic Plintudults Jagang, Lampung Utara

Pemupukan P pada Typic Plintudults Jagang, Lampung Utara nyata meningkatkan berat biji jagung kering (Gambar 1). Hal ini dapat dimengerti karena kandungan P terekstrak HCl 25% tergolong rendah (15 mg 100 g⁻¹ tanah). Penelitian ini sesuai dengan penelitian Santoso *et al.* (2000) yang melaporkan



Gambar 1. Pengaruh pemupukan P terhadap berat jagung kering pada Typic Plintudults di Jagang, Lampung Utara

Figure 1. The effect of P fertilizer on dry weigh of maize on Typic Plintudults in Jagang, North Lampung

bahwa pemupukan 57 kg P ha⁻¹ pada Typic Dystropepts Pauh Menang, Merangin nyata meningkatkan hasil jagung 0,5 menjadi 3,5 t ha⁻¹. Hasil jagung pada pemupukan SP-36 sama dengan hasil jagung pada pemupukan DAP.

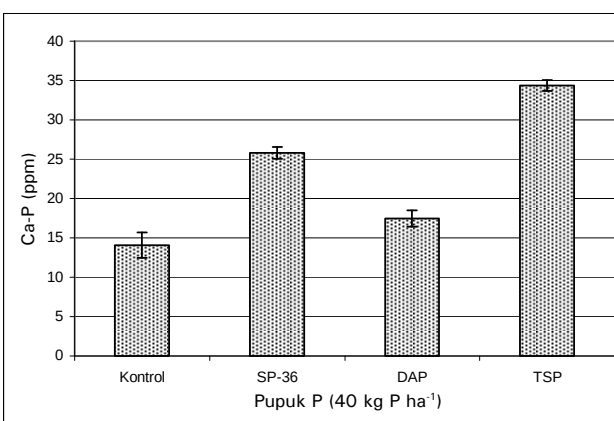
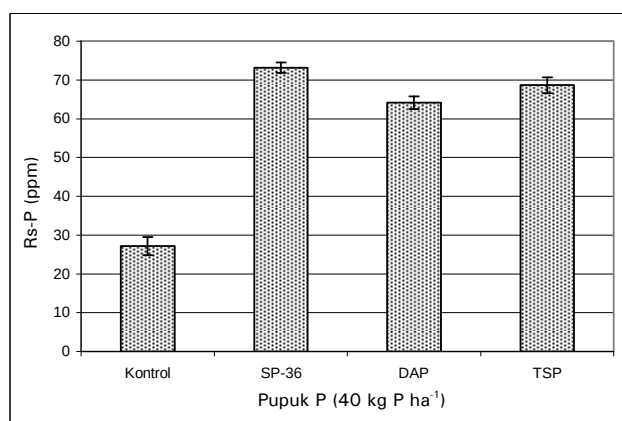
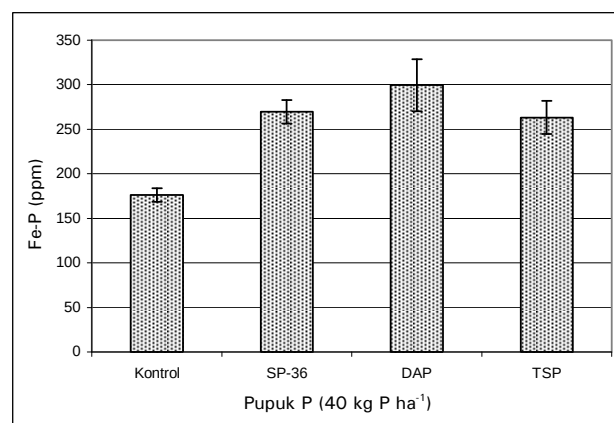
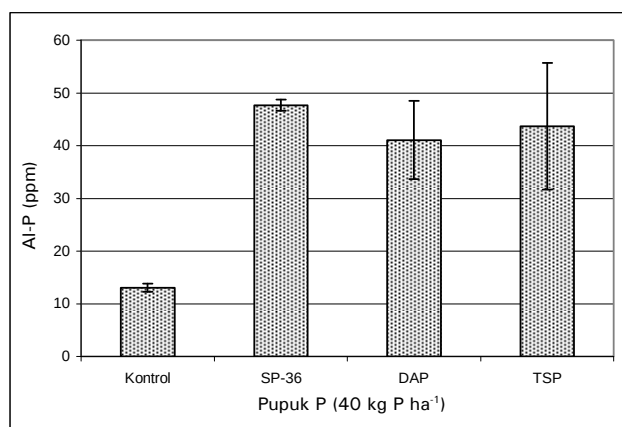
Hasil jagung pada pemupukan TSP nyata lebih tinggi dibandingkan dengan pemupukan SP-36 dan DAP. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh hara Ca sebagai ikutan dari bahan pembuatan pupuk TSP yang dapat berpengaruh terhadap sifat kimia tanah.

Pemupukan P nyata meningkatkan kadar Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P pada tanah Typic Plintudults Jagang, Lampung Utara (Gambar 2). Pemupukan P dapat meningkatkan kadar Al-P dari 13 ppm menjadi 41 hingga 47 ppm. Pemberian pupuk P dengan sumber berbeda (SP-36, DAP dan TSP) dan dosis

yang sama tidak berpengaruh terhadap kadar Al-P dalam tanah. Hal ini mungkin kadar Al dalam pupuk P dengan dosis 40 kg ha⁻¹ tidak berpengaruh terhadap Al dalam tanah, sehingga dengan dosis P yang sama tidak berpengaruh terhadap kadar Al-P.

Penambahan pupuk P pada Typic Plintudults nyata meningkatkan kadar Fe-P dari 176 ppm menjadi 263 hingga 270 ppm. Kadar Fe-P tertinggi dicapai pada tanah yang ditambah pupuk DAP, sedangkan kadar Fe-P pada tanah yang ditambah SP-36 dan TSP lebih rendah. Hal ini mungkin dipengaruhi oleh kadar Fe dalam pupuk DAP yang lebih tinggi daripada pupuk SP-36 dan TSP.

Residu P (Rs-P) pada tanah yang dipupuk P meningkat dari 27 ppm menjadi 64 hingga 73 ppm. Kadar Rs-P tertinggi dicapai pada tanah yang



Gambar 2. Pengaruh pemupukan P terhadap kadar Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P pada Typic Plintudults, Jagang, Lampung Utara

Figure 2. The effect of P fertilizer on Al-P, Fe-P, Rs-P, and Ca-P content on Typic Plintudults, Jagang, North Lampung

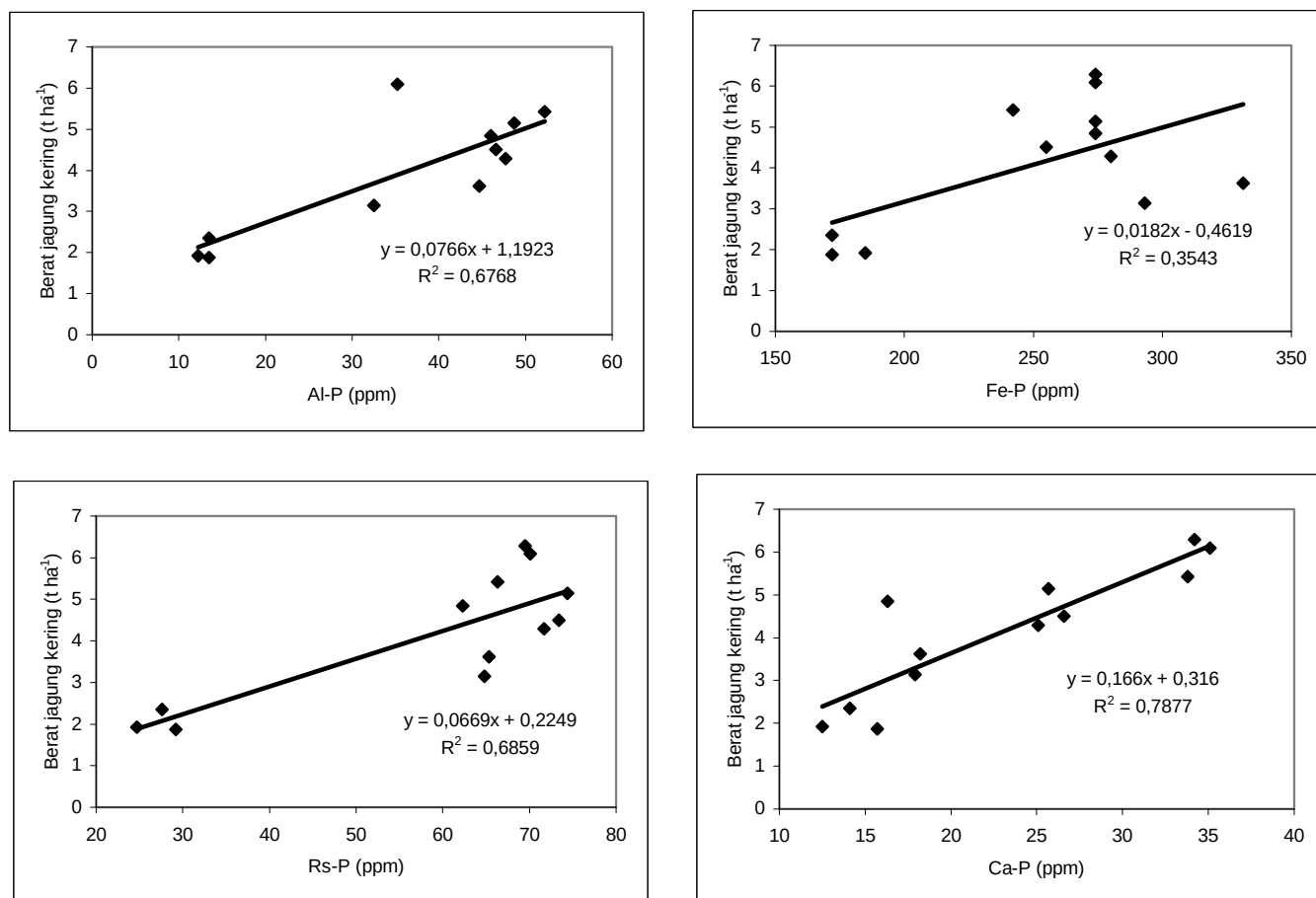
dipupuk SP-36 dan berbeda nyata dibanding dengan kadar Rs-P pada tanah yang dipupuk DAP dan TSP. Kadar RS-P pada tanah yang dipupuk TSP nyata lebih tinggi daripada kadar Rs-P pada tanah yang dipupuk DAP. Hal ini dipengaruhi oleh kelarutan hara P dalam pupuk. Hara P pada pupuk SP-36 yang larut dalam air (33,7%) lebih rendah dibanding hara P pada TSP (40,08%).

Pemupukan P pada tanah Typic Plintudults nyata meningkatkan kadar Ca-P dari 14 ppm menjadi 18 hingga 34 ppm. Kadar Ca-P tertinggi dicapai pada tanah yang dipupuk dengan TSP dan berbeda nyata dibandingkan kadar Ca-P pada tanah yang dipupuk SP-36 dan DAP. Kadar Ca-P tanah yang dipupuk SP-36 nyata lebih tinggi dibandingkan pada tanah yang dipupuk DAP. Perbedaan kadar Ca-

P pada tanah mungkin disebabkan oleh perbedaan kadar Ca dalam pupuk sebagai sumber P.

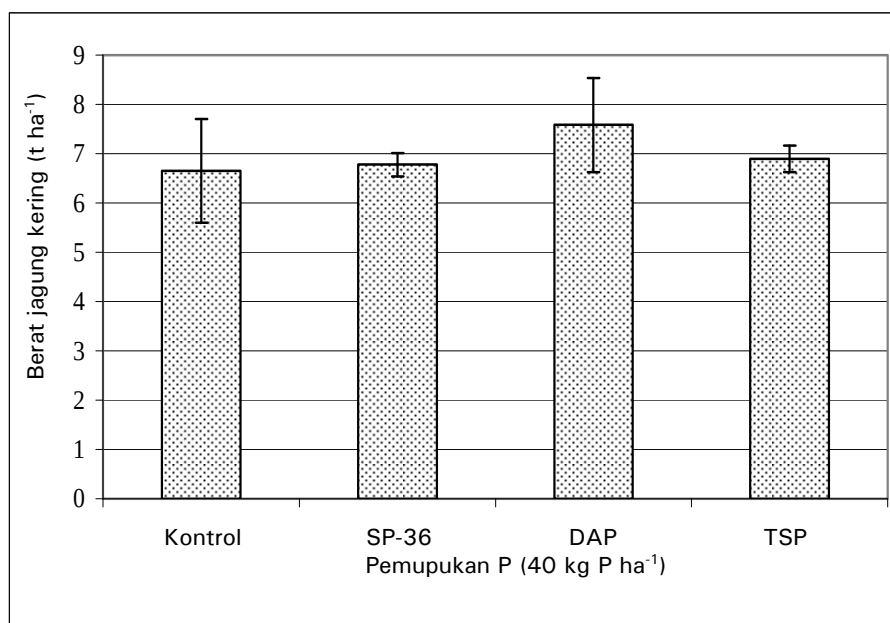
Penambahan pupuk P pada tanah Typic Plintudults, dari ketiga sumber pupuk (SP-36, DAP, dan TSP) sama berpengaruh terhadap kadar Al-P. Penambahan pupuk SP-36 lebih berpengaruh terhadap kadar Rs-P, pupuk DAP lebih berpengaruh terhadap kadar Fe-P, dan pupuk TSP lebih berpengaruh terhadap kadar Ca-P. Pengaruh ini lebih dipengaruhi oleh sifat kimia pupuk yang diberikan dalam tanah.

Keempat bentuk P dalam tanah (Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P) secara linier berpengaruh terhadap peningkatan berat jagung kering pada Typic Plintudults (Gambar 3). Pengaruh kadar Fe-P



Gambar 3. Hubungan kadar Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P dengan berat jagung kering pada tanah Typic Plintudults, Jagang, Lampung Utara

Figure 3. The relationship between Al-P, Fe-P, Rs-P, and Ca-P content and dry weight of corn on Typic Plintudults, Jagang, North Lampung



Gambar 4. Pengaruh pemupukan P terhadap hasil jagung pada tanah Placic Petraquepts, Cicadas, Bogor

Figure 4. The effect of P fertilizer application on corn yield on Placic Petraquepts, Cicadas, Bogor

terhadap peningkatan berat jagung kering paling rendah, hal ini dapat dilihat dari nilai b (0,0182) dan koefisien diskriminan (R^2) (0,3543). Dari ketiga pupuk sebagai sumber hara P, pupuk DAP merupakan pupuk yang meningkatkan kadar Fe-P dalam tanah. Hal ini sejalan dengan pengaruh pemupukan jenis pupuk P terhadap berat jagung kering, dimana berat jagung kering terendah diperoleh pada pemupukan DAP.

Berdasarkan kemiringan garis linier yang ditunjukkan oleh nilai b tertinggi, berat jagung kering dipengaruhi oleh kadar Ca-P dalam tanah. Selain itu, nilai R^2 tertinggi hubungan bentuk-bentuk P tanah terhadap berat jagung kering diperoleh pada Ca-P. Hal ini menunjukkan bahwa peningkatan kadar Ca-P pada Typic Plintudults sangat berpengaruh terhadap berat jagung kering. Kadar Ca-P tertinggi diperoleh pada pemupukan TSP, hal ini sesuai dengan berat jagung tertinggi diperoleh pada pemupukan TSP.

Pemupukan P pada Placic Petraquepts Cicadas, Bogor

Pemupukan P pada Placic Petraquepts Cicadas, Bogor tidak berpengaruh terhadap berat jagung kering (Gambar 4). Hal ini disebabkan oleh kadar P tanah terekstrak HCl 25% yang tergolong tinggi (Tabel 1). Batas kecukupan hara P terekstrak Modified Truog pada tanah Typic Paleudults di Nakau adalah <6 ; 6-12; dan $>12 \mu\text{g P } 100 \text{ g}^{-1}$, terekstrak Bray 1 adalah <8 , 8-16, dan $>16 \mu\text{g P } 100 \text{ g}^{-1}$ tanah (Wijaja-Adhi and Silva, 1986).

Pemupukan SP-36 dan DAP nyata meningkatkan kadar Al-P dan Rs-P, tetapi tidak meningkatkan Fe-P dan Ca-P (Tabel 2). Di lain pihak, pemupukan TSP justru menurunkan Al-P, Rs-P, dan Ca-P. Dari hasil penelitian pada tanah Typic Plintudults di atas diketahui bahwa pemupukan P yang dapat meningkatkan kadar Ca-P dapat meningkatkan berat jagung kering. Dengan demikian

pemupukan P pada Placic Petraquepts yang tidak dapat meningkatkan kadar Ca-P juga tidak berpengaruh terhadap berat jagung kering.

Tabel 2. Pengaruh pemupukan tiga sumber pupuk P terhadap Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca tanah Placic Petraquepts, Cicadas, Bogor

Table 2. The effect of three different source of P fertilizer on Al-P, Fe-P, Rs-P, and Ca-P at Placic Petraquepts, Cicadas, Bogor

Pupuk	Al-P	Fe-P	Rs-P	Ca-P
	 ppm			
Kontrol	17 b	376 a	65 b	48 a
SP-36	27 a	391 a	80 a	55 a
DAP	27 a	395 a	82 a	55 a
TSP	16 b	389 a	49 c	33 b
CV (%)	10,5	8,0	10,1	10,4

KESIMPULAN

1. Pada tanah Typic Plintudults, pemupukan P nyata meningkatkan berat jagung kering. Berat jagung kering tertinggi 5,9 t ha⁻¹ diperoleh pada pemupukan TSP, berbeda nyata dengan berat jagung kering pada pemupukan SP-36 dan DAP.
2. Pemupukan P dengan pupuk SP-36, DAP, dan TSP nyata meningkatkan Al-P, Fe-P, Rs-P, dan Ca-P. Kadar Fe-P tertinggi dicapai pada pemupukan DAP, Rs-P tertinggi dicapai pada pemupukan SP-36, dan Ca-P tertinggi dicapai pada pemupukan TSP.
3. Berat jagung kering pada Typic Plintudults dipengaruhi oleh peningkatan kadar Al-P, Rs-P, dan Ca-P, kadar Ca-P tanah paling berpengaruh terhadap peningkatan berat jagung kering.
4. Pada tanah Placic Petraquepts, pemupukan ketiga sumber pupuk P (SP-36, DAP, dan TSP) tidak berpengaruh terhadap peningkatan berat jagung kering.
5. Pemupukan SP-36 dan DAP dapat meningkatkan kadar Al-P dan Rs-P, tidak meningkatkan kadar Fe-P dan Ca-P. Pemupukan TSP nyata menurunkan kadar Rs-P dan Ca-P.

UCAPAN TERIMAKASIH

Ucapan terimakasih disampaikan kepada PT. Rolimex Kimia Nusamas yang telah membantu secara finansial sehingga tulisan ini dapat tersusun. Juga terima kasih kepada saudara Tatang Juanda, Edi Soemantri, dan Achmad Hasanudin yang telah melakukan percobaan dengan penuh tanggungjawab sehingga penelitian dapat dilaksanakan dengan baik.

DAFTAR PUSTAKA

- Hartono, A., P.L.G. Vlek, A. Moaward, and A. Rachim. 2000. Changes in phosphorus fractions on an acidic soil induced by phosphorus fertilizers, organic matter and lime. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2):1-7. Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.
- Hartono, A. 2004. Relationship between exchangeable aluminum and phosphorus sorption parameters of Indonesian acid soils. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 6(2):70-74. Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton, S.L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. *Soil Fertility and Fertilizers An Introduction to Nutrient Management*. 6th ed. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey.
- Mulyadi, D. 1997. Sifat khusus P-alam berkualitas tinggi untuk penggunaan langsung pada tanah masam di daerah tropika basah. Makalah disampaikan dalam Lokakarya Penggunaan Pupuk Fosfat Alam Berkualitas Tinggi untuk Mendorong Pembangunan Pertanian yang Kompetitif, Bandar Lampung, Desember 1997.
- Murphy, J. and J.P. Riley. 1962. A modified single solution method for determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta* 27:31-36.
- Mutert, E.W. and J.S. Adiningsih. 1996. Tropical upland improvement: Comparative performance of different phosphorus source. *Nutrient Management for Sustainable Crop Production in Asia*. Pp. 97-108. In *Proceeding of an International Conference held in Bali, Indonesia, 9-12 December 1996*. CAB International. New York, USA.

- Santoso, D., J. Purnomo, I G.P. Wigena, Sukristiyonubowo, and R.D.B. Lefroy. 2000.** Management of Phosphorus and Organic Matter on an Acid Soil in Jambi, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim* (18):74-82. Desember 2000.
- Sims, J.T. 2000.** Soil test phosphorus: Bray and Kurtz P-1. Pp 13-14. *In* Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters. Bulletin No. 396. North Carolina State University.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2005.** Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Balai Penelitian Tanah.
- Sukristiyonubowo, Mulyadi, I G.P. Wigena, dan A. Kasno. 1993.** Pengaruh penambahan bahan organik, kapur, pupuk NPK terhadap sifat kimia tanah dan hasil kacang tanah. *Pemb. Penelitian Tanah dan Pupuk* (11):1-7. Puslittanak, Bogor.
- Wandruszka, R.V. 2006.** Phosphorus retention in calcareous soils and the effect of organic matter on its mobility. *Geochem Trans.* 7:6.
- Widjaja-Adhi, I P.G. and J.A. Silva. 1986.** Calibration of soil phosphorus test for maize on Typic Paleudults and Tropeptic Eutruxox. *Pemb. Penelitian Tanah dan Pupuk.* (6):32-39.
- Zhang, H. and Kovar, J.L. 2000.** Phosphorus fractionation. Pp. 50-59. *In* Methods of Phosphorus Analysis for Soils, Sediments, Residuals, and Waters. Southern Cooperation Series, Bulletin No. 396. North Carolina State University.