

## RESPON TANAMAN JAGUNG YANG DIPUPUK BIO-FOSFAT DI ANDISOLS

Yudi Sastro<sup>1</sup>, Irfan D. Prijambada<sup>2</sup>, dan Dja'far shiddieq<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jakarta, Penulis untuk korespondensi

E-mail : [yudis\\_bkl2001@yahoo.com](mailto:yudis_bkl2001@yahoo.com)

<sup>2</sup>Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta

### ABSTRACT

This experiment was aimed to find out the effect of the pellet fertilizer combining of rock phosphate, organic material, and *Aspergillus niger* inoculums (bio-phosphate fertilizer) on maize growth and its phosphorus uptake in Andisols. The study was conducted in green house of Faculty of Agriculture of Gadjah Mada University using plastic pots containing 5 kg of Andisols from Salatiga, Central Java. The treatments were bio-phosphate, the pellet of rock phosphate and *A. niger*, the pellet of rock phosphate and organic material, the pellet of rock phosphate, super phosphate, and without phosphorus fertilizer arranged using Completely Randomized Design with five replications. Arjuna maize was plant indicator. The results indicated that the bio-phosphate fertilizer increased the maize growth and its phosphorus uptake in Andisols up to 32.0% and 65.1% compared without phosphate fertilizer, respectively.

**Keywords:** phosphorus, bio-phosphate, Andisols, maize

### THE RESPONSE OF MAIZE FERTILIZING BY BIO-PHOSPHATE IN ANDISOLS

### ABSTRAK

Penelitian ini ditujukan untuk mempelajari pengaruh pupuk pelet gabungan batuan fosfat, bahan organik, dan inokulum *Aspergillus niger* (pupuk bio fosfat) terhadap pertumbuhan dan serapan fosfor tanaman jagung di Andisols. Pengujian dilakukan di rumah kaca Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada menggunakan pot plastik berisi 5 kg contoh Andisols dari Salatiga, Jawa Tengah. Perlakuan penelitian meliputi pupuk bio-fosfat, pupuk pelet gabungan batuan fosfat dan *A. niger*, pupuk pelet gabungan batuan fosfat dan bahan organik, pupuk pelet batuan fosfat, superfosfat, dan tanpa pupuk fosfat yang diatur menggunakan Rancangan Acak Lengkap lima ulangan. Jagung varietas Arjuna digunakan sebagai tanaman indikator. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk bio-fosfat mampu meningkatkan pertumbuhan dan serapan P tanaman jagung di Andisols masing-masing mencapai 32,0% dan 65,1% dibandingkan tanpa pupuk fosfat.

**Kata kunci :** fosfor, bio-fosfat, Andisols, jagung

## PENDAHULUAN

Andisols merupakan salah satu jenis tanah yang penyebaran dan tingkat pemanfaatannya sebagai lahan pertanian cukup luas (Djaenudin dan Sudjadi, 1987; Darmawijaya, 1997). Kendala utama pemanfaatan Andisols sebagai lahan pertanian adalah rendahnya tingkat ketersediaan hara fosfor (P) yang disebabkan oleh tingginya kemampuan mineral penyusun tanah dalam menjerap dan mengikat P (Escudey *et al.*, 2001; Borie dan Rubio, 2003). Tingginya kemampuan menjerap dan mengikat P tersebut menyebabkan efisiensi pemupukan menggunakan pupuk fosfat mudah larut air, diantaranya superfosfat, tergolong rendah (Beck *et al.*, 1999).

Salah satu pupuk fosfat yang potensial untuk digunakan di Andisols adalah pupuk batuan fosfat. Batuan fosfat memiliki sifat sukar larut dalam air sehingga dapat mengurangi penyerapan P dalam tanah (Adiningsih *et al.*, 1998). Namun demikian, sifat dan tingkat pelarutan batuan fosfat bervariasi sangat tinggi yang ditentukan oleh mineral penyusun batuan fosfat (Kpombekou dan Tabatabai, 1994). Diperlukan perlakuan lain guna meningkatkan kemampuan dan keseragaman pelarutan P dari batuan fosfat.

Pelarutan batuan fosfat dilaporkan dapat ditingkatkan menggunakan mikroba pelarut fosfat (MPF). Pelarutan batuan fosfat oleh MPF terjadi melalui mekanisme sekresi asam-asam organik berberat molekul rendah, diantaranya asam sitrat, oksalat, dan malat (Anas dan Premono, 1989; Goenadi *et al.*, 2000). Ion H hasil protonasi asam organik berperan sebagai agen pelarut batuan fosfat, sedangkan gugus karboksil berperan mengkelat kation-kation hasil pelarutan (Khasawneh dan Doll, 1978).

Penjaminan aktivitas sekresi asam-asam organik dan pelarutan batuan fosfat oleh MPF dapat dilakukan dengan cara memenuhi kebutuhan karbon dan energinya dan didekatkan dengan batuan fosfat yang akan dilarutkannya. Cara yang dapat ditempuh untuk mencapai hal di atas adalah dengan menggabungkan batuan fosfat, MPF, dan bahan organik yang berperan sebagai sumber karbon dan energi MPF dalam bentuk pupuk pelet atau yang disebut pupuk bio-fosfat. Hasil penelitian pendahuluan membuktikan bahwa pupuk bio-fosfat mampu meningkatkan jumlah P terekstrak Olsen di Andisols. Penelitian ini bertujuan untuk menguji kemampuan pupuk bio-fosfat dalam menyediakan P untuk tanaman di Andisols.

## BAHAN DAN METODE

**Bahan Penelitian.** Bahan penelitian yang digunakan meliputi : 1) contoh Andisols (pH H<sub>2</sub>O : 5,7, C-organik : 2,2%, P-Bray I : 7,0 µg.g<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, P-HCl 25% : 68,9 mg.100g<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) berasal dari Kopeng, Salatiga, Jawa Tengah yang diambil pada jeluk 0-25 cm, dikering-anginkan, dan diayak lolos saringan 2 mm; 2) batuan fosfat Kepulauan Christmas lolos saringan 100 mesh yang diperoleh dari PT. Pupuk Kimia Gresik, Jawa Timur; 3) superfosfat (SP-36); 4) bahan organik

campuran tepung onggok, sekam, dan pati lolos saringan 100 mesh dengan perbandingan berat 60:30:10, dan 5) inokulum *Aspergillus niger* berasal dari Laboratorium Mikrobiologi Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada. Spora *A. niger* diperbanyak dengan menumbuhkannya pada media campuran onggok, sekam dan pati dengan perbandingan 69,5:30:0,5 (Sastro, 2001).

**Pembuatan Pupuk Pelet.** Pupuk pelet bio-fosfat dibuat dengan mencampur batuan fosfat, bahan organik, dan inokulum spora *A. niger*. Campuran batuan fosfat dan bahan organik, dengan perbandingan berat 60:40, disterilisasi menggunakan otoklaf pada suhu 121 °C selama 30 menit. Campuran batuan fosfat dan bahan organik selanjutnya diinokulasi spora *A. niger* dengan kerapatan  $10^7$  colony forming units (cfu) per g bahan pupuk, dipeletkan menggunakan mesin pemelet dan dikeringkan menggunakan kipas angin hingga kadar air mencapai 10%.

Pupuk pelet yang berperan sebagai kontrol, yaitu pupuk pelet batuan fosfat (BF) (100% batuan fosfat), pupuk pelet campuran batuan fosfat (100%) dan spora *A. niger* berkerapatan  $10^7$  cfu.g<sup>-1</sup> bahan pupuk (BF+N) dan pupuk pelet campuran batuan fosfat (60%, b/b) dan bahan organik dengan perbandingan 60:40 b/b (BF+BO) dipeletkan dan dikeringkan dengan cara yang sama dengan pupuk pelet bio-fosfat.

**Pelaksanaan Percobaan.** Percobaan dilakukan di rumah kaca menggunakan pot plastik yang berisi 5 kilogram contoh Andisols. Percobaan diatur menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) monofaktor dengan lima ulangan. Perlakuan yang diujikan meliputi:

- 1) Pupuk pelet bio-fosfat (**Bio-P**), 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.
- 2) Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai inokulum *A. niger* (**BF+N**), 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.
- 3) Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai bahan organik (**BF+BO**), 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.
- 4) Pupuk pelet batuan fosfat (**BF**), 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.
- 5) Pupuk superfosfat (**SP-36**), 160 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.ha<sup>-1</sup>.
- 6) Tanpa pupuk fosfat (**P0**).

Pupuk fosfat ditempatkan dalam pot pada kedalaman 3 cm dari permukaan tanah dan masing-masing pot diberi pupuk dasar dalam bentuk larutan yang terdiri atas NH<sub>4</sub>NO<sub>3</sub> (p.a), K<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> (p.a), CaSO<sub>4</sub>.2H<sub>2</sub>O (p.a), ZnSO<sub>4</sub>.7H<sub>2</sub>O (p.a), CuSO<sub>4</sub> (p.a). 5H<sub>2</sub>O (p.a), MoO<sub>3</sub>.H<sub>2</sub>O (p.a), dan Na<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>. 5H<sub>2</sub>O (p.a) berturut-turut dengan takaran 150, 225, 260, 14, 14, 0.125, dan 10 kg.ha<sup>-1</sup>.

Setiap pot ditanami jagung varietas Arjuna sebanyak tiga benih per pot. Penjarangan tanaman dilakukan pada tujuh hari setelah tanam (HST) dengan menyisahkan satu tanaman per pot. Pengamatan tinggi tanaman dilakukan sejak 7 HST hingga tercapai pertumbuhan vegetatif maksimum. Pada akhir pengamatan tinggi tanaman, akar dan bagian atas tanaman dipanen, ditimbang, dan dikeringkan dalam oven bersuhu 60°C hingga tercapai bobot tetap. Konsentrasi P

dalam jaringan tanaman ditentukan menggunakan spektrofotometer (*Spectronic 21 D*) pada panjang gelombang 480  $\mu\text{m}$  (Puslitanak, 1998).

**Analisis Data.** Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis varian (ANOVA). Perbedaan antar perlakuan diuji menggunakan *Duncan Multiple Range Test* (DMRT) pada taraf uji 5%. Kemempnaan pupuk ditentukan berdasarkan nilai kemempnaan agronomis nisbi yang dihitung menurut rumus (Sediyarso *et al.*, 1983) :

$$\text{RAE} = \frac{Y_{P_i} - Y_{P_0}}{Y_{SP-36} - Y_{P_0}} \times 100$$

$Y_{P_i}$  = hasil yang diperoleh pada perlakuan pupuk pelet batuan fosfat

$Y_{SP-36}$  = hasil yang diperoleh pada perlakuan pupuk SP-36

$Y_{P_0}$  = hasil yang diperoleh pada perlakuan tanpa pupuk P

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman pada perlakuan pupuk bio-fosfat hingga 28 hari setelah tanam (HST) lebih tinggi dibandingkan superfosfat, sedangkan sejak 35 hingga 56 HST tinggi tanaman pada perlakuan tersebut lebih rendah. Namun demikian perbedaan tinggi tanaman pada kedua perlakuan tersebut secara statistik tidak nyata (Tabel 1). Apabila dibandingkan dengan perlakuan pupuk pelet batuan fosfat yang disertai inokulum *A. niger* (BF+N), yang disertai bahan organik (BF+BO), dan tanpa disertai inokulum *A. niger* maupun bahan organik (BF), tinggi tanaman pada perlakuan pupuk bio-fosfat nyata lebih tinggi berturut-turut sejak 49, 21, dan 28 HST. Urutan respon tanaman terhadap pupuk pelet batuan fosfat, dari tinggi ke rendah, adalah pupuk bio-fosfat, pupuk pelet batuan fosfat yang disertai inokulum *A. niger*, pupuk pelet batuan fosfat yang disertai bahan organik, dan pupuk pelet batuan fosfat tanpa disertai inokulum *A. niger* maupun bahan organik (Tabel 1).

**Tabel 1.** Tinggi tanaman jagung yang dipupuk bio-fosfat di Andisols

Perlakuan	Tinggi tanaman (cm, HST)						
	14	21	28	35	42	49	56
Pupuk bio-fosfat ( <b>Bio-P</b> )	10,3 ab	49,5 a	71,0 a	95,8 a	116,8 ab	146,5 a	171,5 a
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai <i>Aspergillus niger</i> ( <b>BF+N</b> )	13,8 a	45,5 b	66,5 b	93,7 a	114,3 ab	138,3 b	168,2 b
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai bahan organik ( <b>BF+BO</b> )	9,2 b	43,3 b	64,8 b	81,2 b	106,8 b	136,8 b	167,0 b
Pupuk pelet batuan fosfat ( <b>BF</b> )	10,7 ab	38,7 ab	50,5 c	83,5 b	107,7 b	136,3 b	157,0 c
Superfosfat ( <b>SP-36</b> )	13,1 a	47,3 ab	70,0 a	99,0 a	120,8 a	146,0 a	173,8 a
Tanpa pupuk fosfat ( <b>P0</b> )	12,2 ab	34,5 c	54,8 c	80,2 b	102,7 b	131,7 c	159,0 c

Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.

Berdasarkan hasil pengamatan tinggi tanaman tersebut di atas, dapat disimpulkan sementara bahwa penyertaan inokulum pelarut fosfat dan bahan organik diperlukan dalam aplikasi pupuk batuan secara langsung sebagai pupuk P. Hal tersebut disebabkan karena inokulasi *A. niger* memberikan jaminan keberadaan mikroba pelarut fosfat yang dapat melarutkan batuan fosfat dalam tanah. Pentingnya peran inokulum pelarut fosfat dalam peningkatan penyediaan P dari batuan fosfat di tanah disebabkan oleh kuatnya ikatan kimia batuan fosfat. Kpombekou dan Tabatabai (1994) melaporkan bahwa pelarutan batuan fosfat membutuhkan pasokan proton atau ( $H^+$ ). Salah satu sumber proton berasal dari asam-asam organik yang disekresikan oleh mikroba (Jones *et al*, 2003).

Sementara itu, keberadaan bahan organik di dalam formula pupuk gabungan batuan fosfat dan mikroba pelarut fosfat (bio-fosfat) akan memberikan jaminan penyediaan karbon dan energi untuk *A. niger*. Peningkatan ketersediaan sumber karbon meningkatkan kemampuan *A. niger* dalam mensekresikan asam organik dan pelarutan batuan fosfat (Ul-haq *et al*, 2002; Sastro *et al*, 2006).

### **Berat dan Serapan P Tanaman**

Berat kering dan serapan P tanaman pada perlakuan pupuk pelet batuan fosfat (Bio-P, BF+N, BF+BO) nyata lebih tinggi dibandingkan superfosfat (Tabel 2). Berat kering dan serapan P tanaman pada perlakuan pupuk bio-fosfat tersebut secara statistik tidak berbeda nyata dengan pupuk pelet batuan fosfat yang hanya disertai inokulum *A. niger* (BF+N) maupun bahan organik (BF+BO). Sementara itu, berat kering dan serapan P pada perlakuan pupuk pelet batuan fosfat tanpa disertai *A. niger* dan bahan organik (BF) nyata lebih rendah dibandingkan pupuk pelet yang lain, namun sedikit lebih tinggi dibandingkan superfosfat (Tabel 2).

Apabila dihubungkan dengan parameter tinggi tanaman, terdapat perbedaan pengaruh perlakuan dengan parameter berat dan serapan P tanaman. Pada parameter berat dan serapan P tanaman, respon pupuk superfosfat lebih rendah dibandingkan pupuk pelet batuan fosfat. Hasil pengukuran kedua parameter tersebut sejalan dengan hasil pengamatan secara visual bahwa tanaman pada perlakuan pupuk bio-fosfat dan pupuk pelet batuan fosfat lebih subur dibandingkan tanaman pada perlakuan superfosfat. Diduga terdapat faktor lain yang menyebabkan perbedaan respon antar parameter pengamatan tersebut, diantaranya adalah keberadaan hasil pelarutan batuan fosfat berupa unsur-unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman atau berperan dalam menurunkan laju penyerapan P dalam tanah sehingga meningkatkan berat kering dan serapan P tanaman (Sedyarso, 1999).

**Tabel 2.** Berat brangkasan kering dan serapan P tanaman jagung di Andisols

Perlakuan	Berat tanaman (g)	Serapan P (mg)
Pupuk bio-fosfat ( <b>Bio-P</b> )	54,4 a	227,5 a
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai <i>Aspergillus niger</i> ( <b>BF+N</b> )	51,0 a	213,4 a
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai bahan organik ( <b>BF+BO</b> )	52,2 a	218,5 a
Pupuk pelet batuan fosfat ( <b>BF</b> )	46,4 b	194,2 b
Superfosfat ( <b>SP-36</b> )	44,7 bc	187,0 b
Tanpa pupuk fosfat ( <b>P0</b> )	41,2 c	137,8 c

Angka-angka yang diikuti huruf yang sama pada kolom yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT 5%.

### Kemampuan Agronomis

Kemampuan agronomis pupuk bio-fosfat dan pupuk pelet batuan fosfat (BF+N, BF+BO, dan BF) di Andisols lebih tinggi dibandingkan pupuk superfosfat (Tabel 3). Hasil penghitungan tersebut membuktikan bahwa tanggap tanaman terhadap pupuk pelet batuan fosfat yang bersifat sukar terlarut air di Andisols lebih tinggi dibandingkan pupuk mudah terlarut air (superfosfat). Escudey *et al.* (2001) serta Borie dan Rubio (2003) telah melaporkan bahwa Andisols memiliki kemampuan penyerapan P sangat tinggi. Oleh sebab itu sebagian P yang diaplikasikan dalam bentuk pupuk superfosfat, sebagaimana dalam penelitian ini, kemungkinan terjerap dan menjadi sukar atau tidak tersedia untuk tanaman.

**Tabel 3.** Nilai kemampuan agronomis nisbi (RAE) pupuk pelet batuan fosfat berdasarkan berat kering tanaman

Perlakuan	RAE (%)
Superfosfat ( <b>SP-36</b> ) (pupuk pembanding)	100
Pupuk bio-fosfat ( <b>Bio-P</b> )	377
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai <i>Aspergillus niger</i> ( <b>BF+N</b> )	280
Pupuk pelet batuan fosfat yang disertai bahan organik ( <b>BF+BO</b> )	314
Pupuk pelet batuan fosfat ( <b>BF</b> )	149

### KESIMPULAN DAN SARAN

Pupuk bio-fosfat mampu meningkatkan pertumbuhan dan serapan fosfor tanaman jagung di Andisols. Penyertaan inokulum mikroorganisme pelarut fosfat dan bahan organik yang berperan sebagai bahan pembawa, pelindung dan sumber

nutrisi untuk mikroorganisme pelarut fosfat membentuk pupuk pelet bio-fosfat diperlukan guna meningkatkan efektivitas pupuk batuan fosfat di Andisols. Perlu dilakukan pengujian lanjutan guna membuktikan kemampuan pupuk bio-fosfat dalam menyediakan fosfor untuk tanaman di Andisols pada skala lapangan.

### **UCAPAN TERIMA KASIH**

Penghargaan dan ucapan rasa terima kasih kepada N. F. Ari Andini, SP., Erna Widayati, SP., dan Prof. Dr. Bostang Radjagukguk atas bantuan dan sarannya sehingga penelitian ini dapat dilaksanakan dengan baik.

### **DAFTAR PUSTAKA**

- Adiningsih, S., U. Kurnia, dan S. Rochayati. 1998. Prospek dan kendala penggunaan P-alam untuk meningkatkan produksi tanaman pangan pada lahan masam marginal. *Kumpulan Makalah Pertemuan Pembahasan dan Komunikasi Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat*. Puslitanak, Bogor, 10 Februari 1998.
- Anas, I dan M.E. Premono. 1989. Mikroorganisme tanah pelarut fosfat dan peranannya dalam pertanian. *Prosiding Kongres ke-V Himpunan Ilmu Tanah Indonesia*. Medan 7– 10 Desember.
- Beck, M. A., W. P. Robarge, and S. W. Buol. 1999. Phosphorus retention and release of anions and organic carbon by Andisols. *Eur. J. Soil Science* 50 (1): 157-164.
- Borie, F. and R. Rubio. 2003. Total and organic phosphorus in Chilean volcanic soils. *Gayana Bot.* 60 (1): 69-78.
- Djaenudin, D. dan M. Sudjadi. 1987. Sumber daya lahan pertanian tercadang di empat pulau besar dalam menghadapi tahun 2000. *J. Penelitian dan Pengembangan Pertanian* 6: 55-65.
- Darmawijaya, M. I. 1997. *Klasifikasi Tanah "Dasar Teori Bagi Peneliti Tanah dan Pelaksana Pertanian di Indonesia"*. Gadjah Mada University Press. Yogyakarta.
- Escudey, M., G. Galindo, J. E. Foerster, M. A. Briceno, P. Diaz, and A. C. Chang. 2001. Chemical forms of phosphorus of volcanic ash derived soils in Chile. *Communications in Soils Science and Plant Analysis* 32: 601-616.
- Goenadi, D. H., Siswanto, and Y. Sugiarto. 2000. Bioactivation of poorly soluble phosphate rocks with a phosphorus-solubilizing fungus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 64:927-932.
- Jones, D. L., P. G. Dennis, A. G. Owen, and P. A. W. van Hees. 2003. Organic acid behavior in soils- misconception and knowledge gaps. *Plant and Soil.* 248:31-41.

- Khasawneh, F. E. and E. C. Doll. 1978. The use of phosphate rock for direct application to soils. *Adv. Agron.* 30:159-206.
- Kpombekou, A. and M.A.Tabatabai. 1994. Effect of organic acids on release of phosphorus from phosphate rocks. *Soil Sci.* 158 : 443-453.
- Puslitanak. 1998. *Penuntun Analisa Kimia Tanah dan Tanaman*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sastro, Y. 2001. Ketahanan hidup *Aspergillus niger* pada batuan fosfat yang dipeletkan serta kemampuan pelarutannya. *Tesis*. Program Pascasarjana Ilmu Tanah UGM, Yogyakarta.
- Sastro, Y., D. Widiyanto, dan J. Shiddieq. 2006. Sekresi asam-asam organik oleh *Aspergillus niger* YD 17 yang ditumbuhkan dengan batuan fosfat. *Biota XI* (3): 167-175.
- Sedyarso, M. 1999. Fosfat Alam Sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Sedyarso, M., J. Prawirasumantri, I. P. G. Widjaya-Adhi, dan M. Sudjadi. 1983. Pengaruh pupuk fosfat alam dan TSP terhadap hasil padi sawah di Jawa. *Pembr. Pen. Tanah dan Pupuk* 2: 30-34.
- Ul-Haq, I., S. Ali, M. A. Qadeer, and J. Iqbal. 2002. Citric acid fermentation by mutant strain of *Aspergillus niger* GCMC-7 using molasses based medium. [www.ejbbiotechnology.info/content/vol5/pdf](http://www.ejbbiotechnology.info/content/vol5/pdf).