

# Pengaruh Macam Senyawa Penjerap Fosfat dan Sumber Pupuk P Terhadap Daya Penyediaan Fosfat Bahan Gambut

## *Effects of Type of Phosphate Adsorbent Compound and Source of P Fertilizer on Phosphate Supplying Capacity of Peat Material*

MASGANTI<sup>1</sup>, T. NOTOHADIKUSUMO<sup>2</sup>, A. MAAS<sup>2</sup>, DAN B. RADJAGUKGUK<sup>2</sup>

### ABSTRAK

Tanah gambut mempunyai muatan negatif yang bersumber dari gugus-gugus fungsional seperti karboksilat. Di lain pihak, fosfat merupakan hara yang tersedia dalam bentuk anion, sehingga P mudah hilang terbawa air lindian. Penggunaan senyawa penjerap P dapat memperkuat ikatan antara anion P dengan koloid gambut, sehingga kehilangan P dapat ditekan. Selain itu, penggunaan pupuk P yang lambat tersedia dan mengandung kation penjerap P juga dapat menekan kehilangan P. Sebuah penelitian berskala laboratorium telah dilaksanakan untuk menentukan macam senyawa penjerap P dan sumber pupuk P yang efektif meningkatkan daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut saprik yang diperoleh dari Berengbengkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Jurusan Tanah, Faperta UGM, Yogyakarta dari bulan September hingga November 2001. Perlakuan yang diuji adalah (1) macam senyawa penjerap P :  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaSO}_4$ ;  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{MgCO}_3$ ;  $\text{MgSO}_4$ ;  $\text{MgCl}_2$ ;  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{KCl}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NaCl}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan (2) sumber pupuk P : SP-36 dan fosfat alam. Perlakuan ditata dalam rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan. Bahan gambut saprik seberat 100 g, yang berkadar air sekitar 100%, dicampur dengan senyawa penjerap P dan  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  P, kemudian diinkubasi selama satu minggu. Setiap minggu (selama lima minggu) dilakukan pelindian menggunakan 200 ml air pelindi. Hasil penelitian menunjukkan bahwa daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut sangat dipengaruhi oleh macam senyawa penjerap P dan sumber pupuk P yang digunakan serta interaksinya. Daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut mencapai maksimum jika  $\text{CaCO}_3$  digunakan sebagai senyawa penjerap P dan fosfat alam sebagai sumber pupuk P.

*Kata Kunci : Saprik, Gambut, Penjerap P, Sumber P, Daya penyediaan P*

### ABSTRACT

Peat soil has a negative charge through its functional groups such as carboxylic. On other side, phosphate is essential nutrient available in the form of anion, that the P becomes easily carried by leaching water. The use of P adsorbent compound could strengthen the bound between P anion and peat colloid, so the loss of P can be reduced. Besides that, the use of slow released P fertilizer containing adsorbent cations can also reduce the total P in the leachate. A laboratory experiment was conducted to determine kinds of adsorbent compound and source of P fertilizer which effectively increase P retention and P supplying capacity of sapric peat material from Berengbengkel, Palangkaraya, Central Kalimantan. The experiment was carried

out in the Soil Laboratory, Gadjah Mada University, Yogyakarta from September until November 2001. The treatment factors imposed were (1) kinds of adsorbent compound :  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaSO}_4$ ;  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{MgCO}_3$ ;  $\text{MgSO}_4$ ;  $\text{MgCl}_2$ ;  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{KCl}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NaCl}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; and  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , and (2) source of P fertilizer: SP-36 and rock phosphate. The experiment was arranged in a randomized complete design with three replications. One hundred grams of moist sapric peat material (containing about 100% water) was mixed with adsorbent compound and  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  P fertilizer, and incubated for one week. For five consecutive weeks, the peat was leached with 200 ml water every week. The parameters observed were P retention and supplying capacity of the peat. The results showed that P retention and P supplying capacity of the peat material were strongly affected by kinds of adsorbent compound, source of P fertilizer, and interaction of both. The P retention and P supplying capacity of the peat became maximum if using  $\text{CaCO}_3$  as an adsorbent compound and rock phosphate as a source of P fertilizer.

*Key Words : Sapric, Peat, P adsorbent, P supplying capacity, P source*

### PENDAHULUAN

Pemanfaatan tanah gambut sebagai media tumbuh tanaman masih terkendala oleh sifat-sifat negatif tanah bagi pertumbuhan tanaman, sehingga potensinya belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Daya simpan P yang rendah merupakan salah satu kendala klasik pemanfaatan tanah gambut berkaitan dengan pemupukan P. Keadaan ini menyebabkan usaha pemupukan P menjadi tidak maksimal (Masganti, 2003).

Pada tanah gambut, fosfat diikat oleh senyawa-senyawa organik dengan kekuatan ikatan yang lemah. Ikatan P pada tapak jerapan mudah terlepas karena gugus reaktif yang terbentuk pada bahan organik tergolong lemah (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994), sehingga P mudah terbawa air lindian.

1. Staf peneliti BPTP Kalteng
2. Staf dosen Faperta UGM

Meningkatkan daya simpan P tanah gambut merupakan langkah strategis dalam meningkatkan efisiensi dan efektivitas pemupukan P, sehingga penyediaan bahan pangan dapat ditingkatkan. Penggunaan senyawa penjerap P akan meningkatkan daya simpan P karena kekuatan ikatan antara anion P dengan koloid gambut lebih kokoh (Mattingly, 1985; Salampak, 1999).

Kekuatan suatu senyawa menjerap P ditentukan oleh macam kation (Schnitzer dan Skinner, 1967; Ray *et al.*, 1986; Baes dan Bloom, 1988; Zhu dan Alva, 1993) dan macam anion yang menyusun senyawa tersebut (Bolt, 1967; Ray *et al.*, 1986; Maas *et al.*, 1991; Tan, 1998). Kekuatan menjerap suatu unsur penjerap ditentukan oleh valensi dan nomor atom unsur tersebut (Nir, 1986; Nir *et al.*, 1986) dan tingkat kompetisi dalam kompleks pertukaran (Zhu dan Alva, 1993). Selain itu, daya simpan P tanah gambut juga ditentukan oleh sumber pupuk P yang digunakan (Suryanto, 1994; Novpriansyah, 1999).

Penelitian pelindian bahan gambut diperlukan untuk mensimulasi banyaknya kehilangan P akibat curah hujan yang tinggi pada musim hujan (Masganti *et al.*, 2003). Pelindian bahan gambut bertujuan untuk mengetahui daya simpan P bahan gambut setelah dipupuk P. Penelitian ini bertujuan untuk menentukan macam senyawa penjerap P dan sumber pupuk P yang efektif menekan jumlah kehilangan P atau meningkatkan daya penyimpanan P dan daya penyediaan P bahan gambut.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dari bulan September hingga November 2001. Sampel bahan gambut dengan tingkat kematangan saprik berasal dari Berengbengkkel, Palangkaraya, Kalimantan Tengah.

Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini meliputi (1) macam senyawa penjerap P :  $\text{CaCO}_3$ ;  $\text{CaSO}_4$ ;  $\text{CaCl}_2$ ;  $\text{MgCO}_3$ ;  $\text{MgSO}_4$ ;  $\text{MgCl}_2$ ;  $\text{K}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{K}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{KCl}$ ;  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ;  $\text{Na}_2\text{SO}_4$ ;  $\text{NaCl}$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{CO}_3$ ;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ ; dan  $\text{NH}_4\text{Cl}$ , dan (2) sumber pupuk P : SP-36 dan fosfat alam.

Bahan gambut saprik setara 100 g berat lembab berkadar air sekitar 100 % (Masganti *et al.*, 2003) dicampur dengan senyawa penjerap P yang berbeda dengan takaran setara dengan 0,75 kemasaman tertukar yang disetarakan dengan Ca, kemudian diberi pupuk P dengan takaran  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  P yang bersumber dari SP-36 dan fosfat alam. Bahan gambut selanjutnya dipindahkan ke dalam tabung plastik (paralon) berjari-jari 3,5 cm yang diberi alas kertas saring.

Bahan gambut diberi aquades hingga kadar airnya mencapai kapasitas lapang dan diletakkan di atas gelas plastik yang berfungsi sebagai penampung air lindian. Bahan gambut selanjutnya diinkubasi selama satu minggu. Selama inkubasi, kadar air kapasitas lapang dipertahankan. Satu minggu setelah pemberian senyawa penjerap P dan pupuk P, bahan gambut dilindi menggunakan aquades dengan volume total 1.000 ml untuk setiap perlakuan selama lima kali pelindian.

Dua hari setelah pelindian, volume air lindian diukur dan selanjutnya ditentukan konsentrasi P dalam air lindian. Konsentrasi P dalam air lindian ditetapkan menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda$  660 nm menurut Houba *et al.* (1995). Jumlah P yang terlindi diketahui dengan cara memperkalikan volume air lindian dengan konsentrasi P dalam air lindian dan selanjutnya dinyatakan dalam satuan  $\mu\text{g g}^{-1}$ . Setelah lima kali pelindian, bahan gambut dikeluarkan dari paralon dan dianalisis kadar P-tersedia menggunakan pengekstrak larutan Bray-II (Masganti *et al.*, 2002) dan ekstraknya diukur menggunakan spektrofotometer pada  $\lambda$  660 nm.

Pengaruh perlakuan terhadap daya penyimpanan P dan daya penyediaan P diketahui melalui analisis ragam, sedang perbedaan rata-rata perlakuan diketahui melalui uji wilayah berganda Duncan menurut Gomez dan Gomez (1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat kimia bahan gambut

Daya simpan P merupakan kemampuan bahan gambut menyimpan P setelah dipupuk P dan dilindi. Rendahnya daya simpan P bahan gambut diyakini

sebagai penyebab rendahnya efisiensi dan efektivitas pemupukan P (Suryanto, 1994; Salampak, 1999; Masganti, 2003). Hasil analisis menunjukkan bahwa bahan gambut saprik mempunyai daya simpan P yang rendah yakni 11,26%. Ini berarti jika bahan gambut dipupuk dengan  $30 \mu\text{g g}^{-1}$  P hanya sekitar  $3,4 \mu\text{g g}^{-1}$  P yang tertinggal dalam bahan gambut, selebihnya terbawa oleh air lindian. Hasil ini tidak berbeda dengan hasil yang dilaporkan Maas *et al.* (1991), Suryanto (1994), dan Salampak (1999). Bahan gambut tersusun dari senyawa-senyawa organik yang bermuatan negatif (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994) seperti halnya bentuk P yang tersedia dalam larutan tanah (Soepardi, 1983; Marschner, 1986), sehingga P mudah tercuci oleh air lindian.

Menurut Stevenson (1994), dan Tan (1994) penyebab rendahnya daya simpan P bahan gambut adalah terbatasnya jumlah koloid anorganik bahan gambut, sehingga P diikat dengan kekuatan ikatan yang lemah. Hasil analisis menunjukkan bahwa kadar abu bahan gambut saprik tergolong rendah (Tabel 1), sehingga kemampuan menyerap P menjadi rendah. Menurut Suryanto (1994), abu gambut merupakan sumber kation-kation basa dalam tanah gambut.

**Tabel 1. Sifat-sifat kimia bahan gambut saprik Berengbengkel, Kalimantan Tengah**

*Table 1. Chemical properties of sapric materials from Berengbengkel, Central Kalimantan*

No.	Sifat-sifat kimia dan satuan	Hasil analisis
1.	pH H <sub>2</sub> O (1 : 5)	3,72
2.	Daya jerap (%)	11,26
3.	Kadar abu (%)	1,74
4.	Kemasaman total (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	720
5.	Karboksilat (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	260
6.	OH-fenolat (cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> )	460

Sumber : Masganti (2003)

### Daya penyimpanan P bahan gambut

Hasil analisis ragam memperlihatkan bahwa macam senyawa penyerap P, sumber pupuk P dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap daya penyimpanan P bahan gambut saprik. Kemampuan senyawa penyerap P meningkatkan daya penyimpanan P bahan gambut ditentukan oleh macam kation dan anion yang menyusun senyawa tersebut. Kation Ca yang bersenyawa dengan anion karbonat merupakan penyerap P paling efektif, sedang pupuk P yang bersumber dari fosfat alam menekan jumlah kehilangan P akibat pelindian lebih besar dibanding SP-36.

Kemampuan kation-kation yang diuji memperlihatkan bahwa Ca merupakan kation divalen dengan daya jerap P paling tinggi, disusul dengan Mg, sedang K mempunyai daya jerap P paling tinggi diantara kation-kation monovalen, disusul Na dan terendah NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (Gambar 1). Hasil ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Schnitzer dan Skinner (1967), Baes dan Bloom (1988), dan Zhu dan Alva (1993).

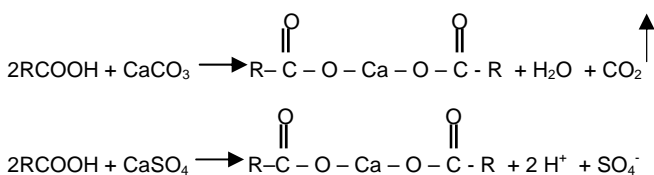
Menurut Schnitzer dan Skinner (1967), Baes dan Bloom (1988), dan Zhu dan Alva (1993), daya jerap P suatu kation ditentukan oleh dua hal yakni (1) valensi unsur penyerap, dan (2) nomor atom unsur penyerap. Diantara kation-kation yang diuji dalam penelitian ini, Ca dan Mg merupakan kation divalen, sedang tiga kation lainnya merupakan kation monovalen, sehingga daya jerap P kedua kation divalen tersebut lebih tinggi dari kation-kation monovalen. Menurut Nir (1986) perubahan kation penyerap dari monovalen menjadi divalen menyebabkan daya jerap kation meningkat. Semakin tinggi valensi kation yang digunakan, maka semakin banyak ion H<sup>+</sup> yang dilepaskan dari gugus radikal bahan gambut, sehingga semakin banyak ion fosfat yang dapat dijerap oleh bahan gambut.

Lebih tingginya nomor atom kation Ca dibandingkan dengan kation Mg yang sama-sama bervalensi dua menyebabkan perbedaan terhadap

kemampuan bahan gambut menyerap P. Unsur Ca mempunyai nomor atom 20, sedang unsur Mg nomor atomnya hanya 12. Perbedaan tersebut menyebabkan energi ionisasi atau potensial ionisasi Ca lebih rendah, sehingga kemampuan melepas elektron lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan bahan gambut yang diberi Ca cenderung bermuatan lebih positif dibanding bahan gambut yang diberi Mg (Tan, 1998), sehingga menyerap P lebih banyak. Nir *et al.* (1986) menjelaskan bahwa lebih rendahnya daya jerap kation Na dibanding K disebabkan kekuatan mengikat kation Na lebih rendah.

Daya jerap P juga ditentukan oleh macam anion yang menjadi pasangan kation sebagai senyawa penyerap P (Gambar 2). Pada penelitian ini diperoleh urutan daya jerap P bahan gambut berdasarkan anion yang menjadi pasangan kation adalah sebagai berikut : anion karbonat menyebabkan bahan gambut menyerap P lebih banyak dibanding anion sulfat, sedang senyawa yang anionnya bersumber dari klorida menyebabkan bahan gambut menyerap P paling sedikit. Hasil penelitian ini tidak berbeda dengan hasil yang dilaporkan Bolt (1967), Ray *et al.* (1986), Maas *et al.* (1991), dan Tan (1998).

Diantara senyawa karbonat dan sulfat yang sama-sama bervalensi dua, ternyata daya jerap P senyawa karbonat lebih tinggi. Reaksi antara CaCO<sub>3</sub> dengan bahan gambut menyebabkan hilangnya anion karbonat dalam bentuk CO<sub>2</sub>, sehingga mengurangi kompetisi antar anion, sedang reaksi antara CaSO<sub>4</sub> dengan bahan gambut anion sulfat masih tetap ada dalam tapak jerapan, sehingga menambah tingkat kompetisi antar anion dan tentunya mengurangi jerapan P bahan gambut. Berikut reaksi CaCO<sub>3</sub> dan CaSO<sub>4</sub> dengan bahan gambut dalam hal ini diwakili gugus karboksilat sebagai berikut:



Perbedaan sumber pupuk P yang digunakan menyebabkan perbedaan terhadap daya penyimpanan P bahan gambut. Bahan gambut yang dipupuk dengan fosfat alam menyimpan P lebih banyak dibanding bahan gambut yang dipupuk dengan SP-36. Keadaan ini dapat dimaklumi karena fosfat alam mengandung unsur-unsur Ca dan Mg (Tisdale dan Nelson, 1985; Wahidah, 2001). Unsur-unsur tersebut dapat berfungsi sebagai jembatan kation dalam reaksi pengikatan P oleh bahan organik (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994). Selain itu diketahui bahwa fosfat alam melepaskan P-nya dengan kecepatan yang relatif lambat (Chien, 1978; Tisdale dan Nelson, 1985; Suryanto, 1994; Chien *et al.*, 1996), sehingga jumlah P yang terlindi menjadi berkurang. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa kombinasi penggunaan CaCO<sub>3</sub> dan fosfat alam menyebabkan daya penyimpanan P bahan gambut paling tinggi.

#### Daya penyediaan P bahan gambut

Selain daya menyimpan P yang tinggi, pemilihan senyawa penyerap P juga dikaitkan dengan peningkatan daya penyediaan P bahan gambut setelah dipupuk P dan dilindi. Daya penyediaan P adalah kemampuan bahan gambut secara kuantitatif menyediakan P setelah dipupuk dan dilindi (Salampak, 1999; Maas *et al.*, 2000). Semakin tinggi kadar P-tersedia dalam bahan gambut, semakin tinggi daya penyediaan P bahan gambut, sehingga dalam penelitian ini kadar P-tersedia dalam bahan gambut merupakan gambaran langsung dari daya penyediaan P bahan gambut. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa macam senyawa penyerap P, jenis pupuk P dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap daya penyediaan P bahan gambut.

Daya penyediaan P bahan gambut yang dipupuk dengan fosfat alam lebih tinggi dari bahan gambut yang dipupuk dengan SP-36. Bahan gambut yang dipupuk dengan kation Ca mempunyai daya penyediaan P paling tinggi, diikuti Mg, K, Na, dan terendah NH<sub>4</sub>, sedang bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa karbonat mempunyai daya penyediaan P paling tinggi, diikuti bahan gambut

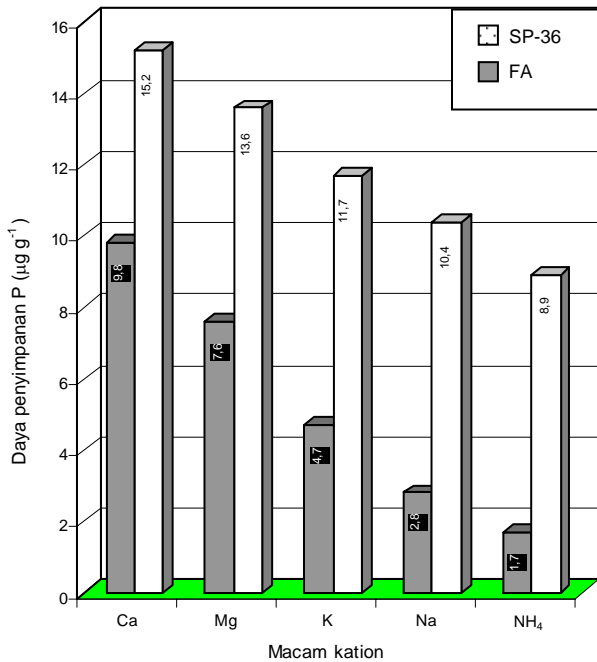
yang dipupuk dengan senyawa sulfat, dan daya penyediaan P bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa klorida paling rendah. Hal ini disebabkan adanya perbedaan kemampuan bahan gambut menyimpan P.

Senyawa penjerap P yang tersusun dari kation Ca dan anion karbonat merupakan penjerap P paling efektif, sehingga penggunaan kation dan anion tersebut menyebabkan daya penyediaan P bahan gambut lebih tinggi (Gambar 4 dan 5). Hasil penelitian ini memperlihatkan bahwa bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa CaCO<sub>3</sub> mempunyai daya menyediakan P lebih tinggi dari bahan gambut yang dipupuk dengan CaSO<sub>4</sub> dan CaCl<sub>2</sub> (Gambar 6).

Seperti halnya dalam penentuan daya penyimpanan P bahan gambut, ternyata jika bahan gambut dipupuk dengan fosfat alam daya penyediaan P lebih tinggi dibanding menggunakan SP-36. Dalam penelitian ini diperoleh hubungan yang erat antara daya penyimpanan P dengan daya

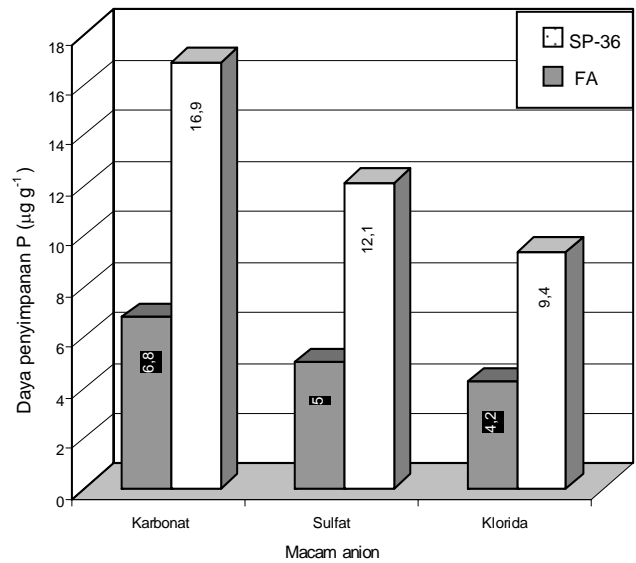
penyediaan P bahan gambut. Semakin tinggi daya penyimpanan P, semakin tinggi daya penyediaan P bahan gambut.

Secara matematis, penjumlahan antara jumlah P dalam air lindian dengan kadar P-tersedia dalam bahan gambut harus sama dengan penjumlahan antara kadar P-tersedia dalam bahan gambut sebelum diperlakukan dengan tambahan P yang diberikan ke dalam bahan gambut. Hasil perhitungan menunjukkan bahwa terjadi perubahan kadar P-tersedia dalam bahan gambut akibat pemberian senyawa penjerap P. Senyawa karbonat mampu merubah kadar P-tersedia lebih besar dari senyawa sulfat dan klorida. Hal ini menunjukkan adanya perbedaan kemampuan bahan gambut dalam menyediakan P. Dengan demikian untuk memilih suatu senyawa penjerap P yang paling efektif diperlukan dua kriteria, yakni (1) daya menyimpan P lebih tinggi, dan (2) daya menyediakan P bahan gambut lebih tinggi.



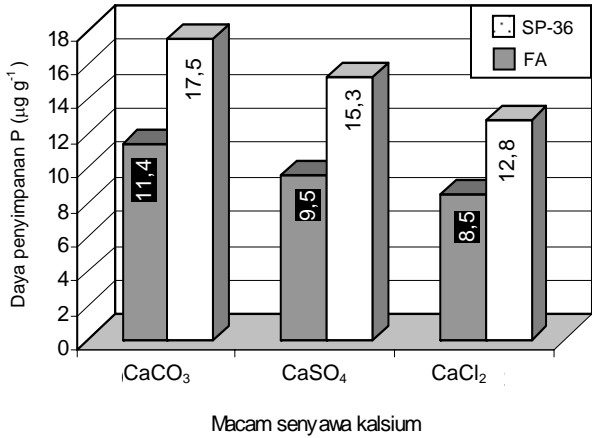
**Gambar 1.** Pengaruh macam kation dan sumber pupuk P terhadap daya penyimpanan P bahan gambut saprik

*Figure 1.* Effects of cation types and source of P on P retention by sapric



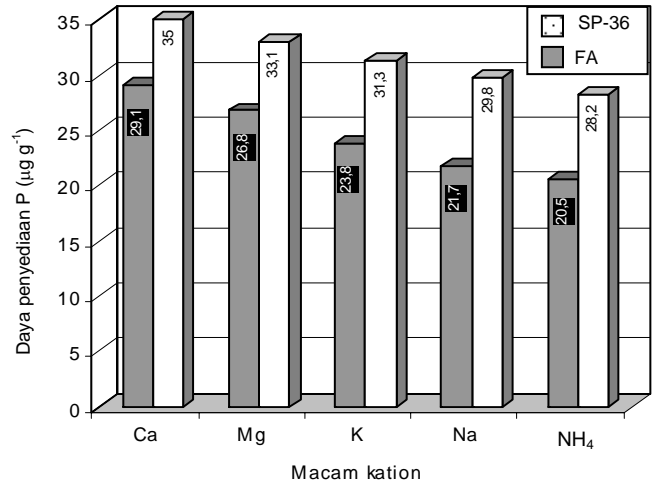
**Gambar 2.** Pengaruh macam anion dan sumber pupuk P terhadap daya penyimpanan P bahan gambut saprik

*Figure 2.* Effects of anion types and source of P on P retention by sapric



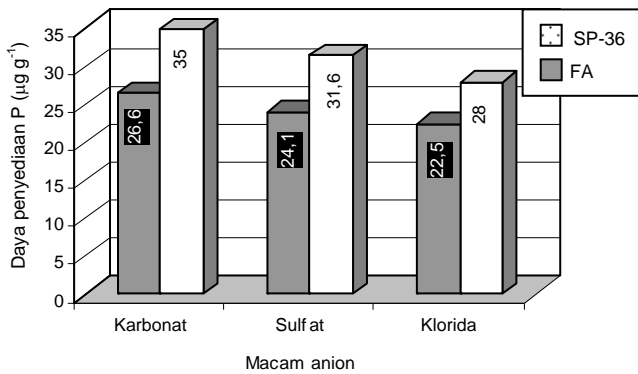
**Gambar 3.** Pengaruh macam senyawa kalsium dan sumber pupuk P terhadap daya penyimpanan P bahan gambut saprik

*Figure 3. Effects of Ca compounds and source of P on P retention by sapric*



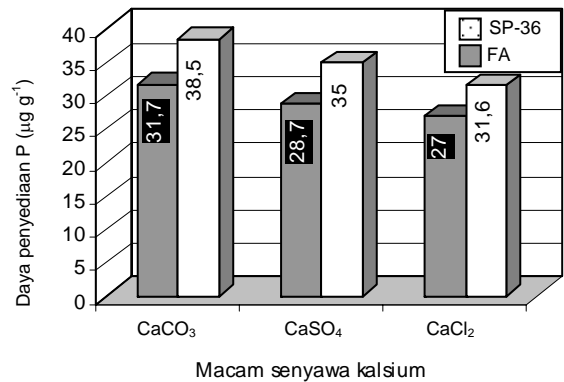
**Gambar 4.** Pengaruh macam kation dan sumber pupuk P terhadap daya penyediaan P bahan gambut saprik

*Figure 4. Effects of cation types and source of P on P supply by sapric*



**Gambar 5.** Pengaruh macam anion dan sumber pupuk P terhadap daya penyediaan P bahan gambut saprik

*Figure 5. Effects of anion types and source of P on P retention by sapric*



**Gambar 6.** Pengaruh macam senyawa kalsium dan sumber pupuk P terhadap daya penyimpanan P bahan gambut saprik

*Figure 6. Effects of Ca compounds and source of P on P retention by sapric*

## KESIMPULAN

Macam senyawa penjerap P, sumber pupuk P dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut.  $\text{CaCO}_3$  merupakan senyawa penjerap P paling efektif dalam meningkatkan daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut, sedang fosfat alam merupakan sumber pupuk P yang dapat meningkatkan daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut lebih tinggi dari SP-36. Daya penyimpanan dan daya penyediaan P bahan gambut mencapai maksimum jika digunakan  $\text{CaCO}_3$  sebagai senyawa penjerap P dan fosfat alam sebagai sumber pupuk P.

## DAFTAR PUSTAKA

- Baes, A.V. and P.R. Bloom. 1988.** Exchange of alkaline earth cations in soil organic matter. *Soil Sci.* 146(1):6-14.
- Bloom, P.R. 1981.** Phosphorus adsorption by an aluminium-peat complex. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45(2):267-272.
- Bolt, G.H. 1967.** Adsorption of anion by soil. pp. 91-95. *In.* Bolt, G.H. and M.G.M. Bruggenwert (*Eds.*). *Soil Chemistry, A Basic Element.* Elsevier, Amsterdam.
- Chien, S.H. 1978.** Reactions of phosphate rocks, Rhenania phosphate, and super phosphate with an acid soil. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 42(5):705-708.
- Chien, S.H., R.G. Menon, and K.S. Billingham. 1996.** Phosphorus availability from phosphate rock as enhanced by water-soluble phosphorus. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 60(4):1173-1177.
- Gomez, K.A. and A.A. Gomez. 1993.** *Statistical Procedures for Agricultural Research.* 2<sup>nd</sup> Ed. John Willey & Sons, New York. 680 p.
- Haris, A., D. Herudjito, S. Sabiham, dan S.H. Adimidjaja. 1998.** Sifat fisiko-kimia bahan gambut dalam hubungannya dengan proses kering tidak balik (*irreversible drying*). *Kalimantan Agrikultura* 5(2):91-99.
- Houba, V.J.G., Van Der Lee, and I. Novozamky. 1995.** *Soil and Plant Analysis : A Series of Sillaby Part 5B, Soil Analysis Procedure, Other Procedures.* Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen. 262 p.
- Maas, A., M. Dradjad, R. Sutanto, M.S. Hidayat, S.A. Siradz, dan S. Soekodarmodjo. 1991.** Sematan P oleh tanah gambut dari Kalimantan Barat dan Jawa Tengah. Laporan Hasil Penelitian. Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta. 19 p.
- Maas, A., S. Kabirun, dan H.U. Sri Nuryani. 2000.** Laju dekomposisi gambut dan dampaknya pada status hara pada berbagai tingkat pelindian. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 2(1):23-32.
- Marschner, H. 1986.** *Mineral Nutrition of Higher Plants.* Academic press, Horcouth Brace Javanovich Publ. 674 p.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjagukguk. 2002.** Metode pengukuran kadar P-tersedia dalam tanah gambut. *AI'Ulum* 11(2):17-23.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjagukguk. 2003.** Ukuran minimum cuplikan dalam pelindian fosfat bahan gambut. *J. AgriPeat* 4(2):12-18.
- Masganti. 2003.** Kajian Upaya Meningkatkan Daya Penyediaan Fosfat dalam Gambut Oligotrofik. Disertasi. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 355 hlm.
- Mattingly, G.E.G. 1985.** Labile phosphate in soil. pp. 156-170. *In.* Y.K. Soon (*Ed.*). *Soil Nutrients Availability.* Van Nostrand Reinhold Co. New York.
- Nir, S. 1986.** Specific and nonspecific cation adsorption to clay: solution concentrations and surface potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(1):52-57.
- Nir, S., D. Hirsch, J. Navrot, and A. Banin. 1986.** Specific adsorption of Lithium, Sodium, Potassium, and Strontium to montmorillonite: observations and predictions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(1):40-44.

- Novpriansyah, H. 1999.** Ketersediaan P dari berbagai pupuk P akibat pemberian kapur pada tanah podsolik Jasinga dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *J. Tanah Tropika* 5(9):15-22.
- Ray, W. R., J.J. Hasset, and R.A. Griffin. 1986.** Competitive interactions of phosphate and molybdate on arsenat adsorption. *Soil Sci.* 142(4):203-210.
- Salampak. 1999.** Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut yang Disawahkan dengan Pemberian Bahan Amelioran Tanah Mineral Berkadar Besi Tinggi. Disertasi. Program Pascasarjana IPB. Bogor. 171 p.
- Schnitzer, M. and S.I.M. Skinner. 1967.** Organic-Metallic Interaction in Soils: Stability Constants of  $Pb^{2+}$ ,  $Cu^{2+}$ ,  $Co^{2+}$ ,  $Ca^{2+}$ , and  $Mg^{2+}$ -fulvic acid complexes. *Soil Sci.* 103(4):247-252.
- Soepardi, G. 1983.** Sifat dan Ciri Tanah. Dept. Ilmu-ilmu Tanah, Faperta, IPB. Bogor.
- Stevenson, F.J. 1994.** Humus Chemistry : Genesis, composition and reaction. Second Edition. John Willey & Sons Inc., New York. 496 p.
- Suryanto. 1994.** Improvement of the P nutrient status of tropical ombrogenous peat soils from Pontianak, West Kalimantan, Indonesia. Phd Thesis. Universiteit Gent. 216 p.
- Tan, K.H. 1994.** Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc., New York. 304 p.
- Tan, K.H. 1998.** Dasar-dasar Kimia Tanah. Diterjemahkan oleh D.H. Goenadi. Cetakan kelima. Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 295 hlm.
- Tisdale, S.L. and W.L. Nelson. 1985.** Soil Fertility and Fertilizers. 4 th Ed. Mac-Millan Publishing Co., 754 p.
- Wahidah, S.P. 2001.** Pengaruh Pemberian Bahan Organik dan Batuan Fosfat terhadap Ketersediaan dan Efisiensi Serapan P oleh Tanaman Jagung di Ultisol. Thesis. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 76 hlm.
- Zhu, B. and A.K. Alva. 1993.** Differential Adsorption of Trace Metals by Soil As Influenced by Exchangeable Cation and Ionic Strength. *Soil Sci.* 155(1):61-66.