

Pengaruh Purun Tikus (*Eleocharis dulcis* L.) dan Fosfat Alam Terhadap Reaksi Tanah Serta Erapan Fosfat Gambut

The Effect of *Eleocharis* Grass and Rock Phosphate on Soil Acidity and Sorption of Phosphate onto Peat Soils

Z. Damanik dan M. Anwar

*Fakultas Pertanian Universitas Palangka Raya
Kampus UPR Tunjung Nyahu Jl. Yos Sudarso Palangka Raya 73111
Kalimantan Tengah
Email: zdamanik@gmail.com*

Diterima 18 Juli 2016; Dipublikasi 1 September 2016

Abstrak

Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari pengaruh penambahan kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap reaksi tanah dan erapan fosfat tanah gambut. Rancangan yang digunakan adalah rancangan acak lengkap dengan dua factor dan tiga ulangan. Faktor pertama adalah kompos purun tikus (0, 10 dan 20 ton/ha) dan factor kedua adalah fosfat alam (0, 45, 90 dan 135 kg/ha). Hasil penelitian menunjukkan penambahan kompos purun tikus meningkatkan konstanta Langmuir dan jumlah tapak erapan fosfat tanah gambut, sebaliknya fosfat alam menurunkan jumlah tapak erapan fosfat. Interaksi kompos purun tikus dan fosfat alam nyata menurunkan kemasaman tanah.

Kata Kunci : Erapan P, Fosfat Alam, Gambut, Purun

Abstract

The objective of this research are to study the effect of *Eleocharis* compost and rock phosphate on soil reaction and sorption of phosphate onto peat soils. The research was conducted in completely randomized design with two factor and three replicates. First factor are level of *Eleocharis* compost (0, 10 and 20 ton/ha) and second factor are level of rock phosphate (0, 45, 90 and 135 ton/ha). The result showed that application of *Eleocharis* compost increased Langmuir constant and amount of phosphate absorbents on peat soils, while application of rock phosphate decreased amount of phosphate absorbents. Interaction between *Eleocharis* compost and rock phosphate have significantly effect to decreased soil acidity.

Keywords : P-sorption, Rock Phosphate, Peat, *Eleocharis* Grass

Pendahuluan

Produktivitas tanah gambut akan terus mengalami penurunan jika tidak dilakukan pemupukan. Namun hasil penelitian menunjukkan bahwa pupuk yang diberikan pada tanah gambut umumnya mempunyai tingkat efisiensi yang rendah (Fox dan Kamprath, 1971). Beberapa peneliti melaporkan rendahnya daya simpan P pada tanah gambut (Maas et al., 1991 dalam Masganti, 2005; Suryanto, 1994 dalam

Masganti, 2005). Hal ini disebabkan tanah gambut mempunyai kandungan asam-asam organik yang tinggi, yang mengakibatkan afinitas unsur hara, terutama anion, yang berada pada tapak jerapan gambut menjadi rendah (Sample et al., 1986 dalam Sabiham et al., 1995).

Penambahan bahan kation polivalen ke dalam tanah gambut diketahui dapat meningkatkan retensi fosfat (Suriadikarta, 1999; Rachim, 1999) dan mengendalikan asam-asam fenolat. Peningkatan retensi P pada tanah gambut

juga dilakukan dengan mengkombinasikan tanah mineral berkadar besi tinggi dan fosfat alam (Hartatik et al., 2004).

Peningkatan retensi P oleh gambut dapat dilakukan dengan memberikan bahan yang memiliki kadar Fe tinggi. Kation besi berfungsi sebagai jembatan kation antara P dan asam organik dari bahan gambut. Dengan meningkatnya retensi P oleh gambut, diharapkan terjadi peningkatan serapan P oleh tanaman. Salah satu bahan yang dapat digunakan sebagai sumber Fe adalah residu tumbuhan purun tikus. Tumbuhan ini banyak dijumpai pada lahan rawa di sekitar lahan gambut, sehingga merupakan bahan amelioran insitu.

Permasalahan hara fosfor pada tanah gambut tidak cukup diatasi hanya dengan peningkatan retensi oleh bahan gambut. Selain itu tanah gambut perlu mendapat masukan unsur hara P, karena P-tersedianya yang rendah sampai sangat rendah. Sumber hara P yang dapat digunakan pada tanah gambut adalah fosfat alam. Keuntungan dari penggunaan fosfat alam adalah harganya yang relatif lebih rendah dibanding pupuk super fosfat buatan pabrik. Selain itu sifat fosfat alam yang slow release mengakibatkan P yang dilepas tidak mudah tercuci, sehingga dapat diserap tanaman secara optimal.

Berdasarkan pertimbangan tersebut di atas maka dilakukan penelitian dengan tujuan mempelajari pengaruh purun tikus dan fosfat alam terhadap kemasaman tanah dan erapan fosfat pada tanah gambut.

Bahan dan Metode

Penelitian dilakukan di rumah kaca dan dilanjutkan analisis tanah di Laboratorium Tanah Balai Penelitian Tanah Bogor. Bahan tanah yang digunakan adalah contoh tanah gambut yang diambil dari Kelurahan Kalamangan, Kecamatan Sebangau, Kota Palangka Raya, Kalimantan Tengah, dengan karakteristik kimia disajikan dalam Tabel 1.

Fosfat alam yang digunakan pada penelitian berasal dari North Carolina (Amerika Serikat) yang merupakan deposit sedimen. Hasil analisis sampel FA deposit North Carolina disajikan pada Tabel 2.

Pada percobaan ini tiga taraf kompos purun tikus dikombinasikan dengan empat taraf fosfat alam dan diberikan pada 2,5 kg bahan

tanah gambut. Selanjutnya, tanah yang telah diberi perlakuan diinkubasi selama satu bulan. Taraf kompos purun tikus yang digunakan adalah : K0 (tanpa kompos), K1= 5 ton kompos/ha dan K3 = 10 ton kompos/ha. Sedangkan fosfat alam yang digunakan adalah empat taraf, yaitu P0 (tanpa fosfat alam), P1 = 45 kg P₂O₅/ha, P2 = 90 kg P₂O₅/ha dan P3 = 135 kg P₂O₅/ha. Inkubasi dilakukan dalam keadaan kadar air tanah kapasitas lapang. Setelah tanah diinkubasi selama satu bulan, dilakukan penetapan kemasaman tanah dan erapan P tanah dengan metode Fox dan Kamprath (1971) yang dimodifikasi oleh Widjaja-Adhi (1990).

Penelitian tentang erapan ion selalu dihadapkan pada keperluan untuk mendapatkan parameter-parameter yang dapat digunakan untuk membuat perbandingan kuantitatif. Untuk keperluan tersebut maka reaksi antara fosfat dengan tanah atau komponen penyusun tanah telah digambarkan secara matematik dengan beberapa persamaan isoterm antara lain persamaan Langmuir, persamaan Freundlich, persamaan Temkin, persamaan Gouy and Chapman, persamaan Sposito dan persamaan Elovich.

Diantara persamaan-persamaan isoterm di atas, persamaan Langmuir dan Freundlich adalah yang paling banyak digunakan untuk menggambarkan hubungan antara P yang ditambahkan dan P yang dijerap oleh tanah atau konstituen tanah. Parameter erapan yang diperoleh dari persamaan ini dapat digunakan untuk menduga kapasitas erapan maksimum dan jumlah tapak erapan pada sampel yang dianalisis.

Persamaan Langmuir :

$$x = \frac{(a x_m c)}{(1 + ac)} \quad (1)$$

Dimana c konsentrasi P di dalam larutan equilibrium (µgP/mL)
 x jumlah P yang dijerap (µgP/g sampel)
 x_m erapan maksimum (µgP/g sampel)
 a koefisien terkait dengan "bonding energy"

Transformasi ke bentuk linear menjadi :

$$\frac{c}{x} = \frac{1}{ax_m} + \frac{c}{x_m} \quad (2)$$

intersept $1/ax_m$. Kelebihan utama dari persamaan ini adalah kapasitas retensi maksimum (x_m) dapat dihitung (Olsen and Watanabe, 1957).

Plot c/x dengan c akan menghasilkan garis lurus dengan kemiringan (slope) $1/x_m$ dan

Tabel 1. Karakteristik tanah lapisan atas contoh tanah Gambut Kalampangan.

Karakteristik Tanah	Metode	Satuan	Nilai
pH	Air (1:2,5)	-	3,18
Bahan Organik			
C-organik	Walkley-Black	%	56,80
N-total	Kjedahl	%	0,9
P-tersedia	Bray 1	ppm P ₂ O ₅	92,57
KTK	NH ₄ OAc pH 7,0	me/100 g	12,92
Al _{dd}	KCl 1 N	me/100 g	2,00
Tingkat Dekomposisi			

Tabel 2. Karakteristik FA deposit North Carolina (%)

Sampel	Bahan Apatit CO ₃ ^b	P ₂ O ₅ Larut Air ^a	P ₂ O ₅ Total ^{b,a}	Kadar Ca ^a	Kelarutan (% P ₂ O ₅) ^b				
					Amonium Sitrat		Asam Sitrat 2%	Asam Formiat 2%	
					Netral				
					Ekstraksi 1	Ekstraksi 2	% Berat		
FA North Carolina	6,4	4,2	29,8	23,1	5x10 ⁻³	7,1	6,6	15,8	25,7

a. Sulistiyanto (1996)

b. Van Kauwenbergh dan McClellan (2004)

pengamatan dianalisis dengan menggunakan uji Fisher (F) dan apabila berbeda nyata dilanjutkan dengan Uji Wilayah Berganda Duncan (DMRT) pada taraf $\alpha = 5 \%$. Analisis statistik dilakukan menggunakan CoStat versi 6.311.

Persamaan Freundlich :

$$x = k c^b \quad (3)$$

dimana x jumlah P yang di erap ((μ gP/g sampel)
 c konsentrasi P di dalam larutan equilibrium (μ gP/mL)
 k tapak erapan
 b konstanta berhubungan dengan "bonding energy"

Transformasi ke bentuk linear :

$$\log x = \log k + b \log c \quad (4)$$

Plotting x dengan c akan memberikan garis lurus dengan kemiringan (slope) b dan intercept log k.

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah rancangan acak lengkap dua faktor. Variabel yang terkumpul dari setiap

Hasil dan Pembahasan

Kemasaman Tanah

Kemasaman tanah yang digambarkan sebagai pH H₂O secara nyata dipengaruhi oleh kompos purun tikus dan fosfat alam. Terdapat interaksi yang nyata antara kompos purun tikus dan fosfat alam dalam mempengaruhi pH H₂O. Pengamatan rata-rata pengaruh pemberian kompos purun tikus dan fosfat alam disajikan pada Tabel 3.

Tabel 3 . Pengaruh interaksi takaran kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap pH H₂O tanah gambut

Purun Tikus (ton/ha)	Fosfat Alam (kg/ha)				Rata-rata
	0	45	90	135	
0	2,65b	2,46f	2,58cd	2,58c	2,57
5	2,57cd	2,56de	2,55e	2,65b	2,58
10	2,58cd	2,64b	2,57cde	2,78a	2,64
Rata-rata	2,60	2,55	2,57	2,67	2,60

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5%

Tabel 1 menunjukkan bahwa rata-rata tinggi tanaman antar setiap pola tanam tidak berbeda nyata. Genotip 5-196-4-3 menunjukkan rata-rata tinggi tanaman tertinggi yang berbeda nyata dengan genotip lainnya.

Jumlah Polong per Tanaman.

Hasil analisis sidik ragam terhadap jumlah polong kedelai menunjukkan adanya interaksi antara genotip dengan pola tanam tumpangsari. Faktor genotip dan pola tanam berpengaruh nyata terhadap jumlah polong per tanaman. Jumlah polong pertanaman menurut perlakuan genotip dan pola tanam dapat dilihat pada tabel 2.

Dari tabel 2 dapat dilihat bahwa rata-rata jumlah polong per tanaman pada genotip 5-196-4-3 berbeda dengan adanya perbedaan pola tanam. Rata-rata jumlah polong per tanaman terendah pada pola tanam 1 kedelai : 1 jagung dengan 52,75 polong nyata dengan pola tanam 2 kedelai : 1 jagung dan pola tanam 3 kedelai : 1 jagung. Genotip 5-196-9-3 dan 5-196-9-12 menunjukkan rata-rata jumlah polong per tanaman yang sama pada semua pola tanam. Genotip 5-196-9-11 menunjukkan rata-rata jumlah polong tertinggi pada pola tanam 3 kedelai : 1 jagung dengan 90,36 polong, nyata dengan pola tanam 1 kedelai : 1 jagung.

Tabel 2. Jumlah Polong per Tanaman

Pengaruh g (genotip)	Pengaruh p (pola tanam)		
	P ₁	P ₂	P ₃
	-----polong-----		
g ₁ (5 - 196 - 4 - 3)	52,75 (A) (c)	111 (A) (a)	81,91 (A) (b)
g ₂ (5 - 196 - 9 - 3)	64,93 (A) (c)	85,95 (B) (a)	86,22 (A) (a)
g ₃ (5 - 196 - 9 - 11)	50,19 (A) (b)	67,37 (BC) (ab)	90,36 (A) (a)
g ₄ (5 - 196 - 9 - 12)	48,1 (A) (a)	51,37 (C) (a)	59,08 (B) (a)

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan diikuti oleh huruf besar yang sama pada baris yang sama berarti berbeda tidak nyata menurut uji Duncan $\alpha = 5\%$

Jumlah Polong Berisi per Tanaman.

Hasil analisis sidik ragam terhadap jumlah polong berisi menunjukkan adanya interaksi antara genotip dengan pola tanam tumpangsari.

Faktor genotip dan pola tanam berpengaruh nyata terhadap jumlah polong berisi per tanaman. Jumlah polong berisi pertanaman menurut perlakuan genotip dan pola tanam dapat dilihat pada Tabel 3.

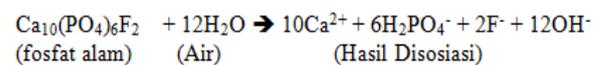
Tabel 3. Rata-rata Jumlah Polong Berisi per Tanaman

Pengaruh g (genotip)	Pengaruh p (pola tanam)		
	P ₁	P ₂	P ₃
	----- polong -----		
g ₁ (5 – 196 – 4 – 3)	39,15 (A) (c)	87,6 (A) (a)	66,08 (A) (b)
g ₂ (5 – 196 – 9 – 3)	56,5 (A) (a)	75 (A) (a)	72,2 (A) (a)
g ₃ (5 – 196 – 9 – 11)	42,43 (A) (b)	53,37 (B) (ab)	71,4 (A) (a)
g ₄ (5 – 196 – 9 – 12)	40,4 (A) (a)	49,52 (B) (a)	43,16 (B) (a)

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf kecil yang sama pada kolom yang sama dan huruf besar yang sama pada baris yang sama berbeda tidak nyata menurut uji Duncan $\alpha = 5\%$.

Tabel 3 menunjukkan bahwa pemberian 5 ton/ha kompos purun tikus tidak berpengaruh nyata terhadap kemasaman tanah gambut. Pengaruh kompos purun tikus nyata meningkatkan pH tanah gambut pada taraf pemberian kompos purun tikus 10 ton/ha. Pada perlakuan 10 ton/ha kompos purun tikus pH tanah gambut meningkat dari 2,57 (kontrol) menjadi 2,64.

Pemberian fosfat alam pada taraf 45 dan 90kg/ha berpengaruh nyata terhadap kemasaman tanah gambut. Perlakuan 135 kg/ha fosfat alam nyata meningkatkan pH tanah gambut dari 2,60 menjadi 2,67. Peningkatan pH tanah gambut akibat pemberian fosfat alam juga dilaporkan oleh Masganti (2005). Peningkatan pH tanah gambut pada perlakuan fosfat alam dikarenakan adanya pengaruh pengapuran dari bahan fosfat alam. Truong (2004) menyebutkan pemberian fosfat alam dalam dosis tinggi (100-200 kg/ha) dengan daya netralisasi sekitar 50 persen setara dengan pengaruh 50-100 kg/ha kapur. Pengaruh fosfat alam terhadap kemasaman tanah dapat dijelaskan oleh reaksi pelarutan sebagai berikut :



Seperti terlihat pada reaksi tersebut, pelarutan fosfat alam melepaskan ion hidroksil kedalam larutan tanah yang mengakibatkan pH tanah meningkat. Reaksi diatas merupakan reaksi pelarutan dari fluoroapatit. Sedangkan pada fosfat alam yang terdiri dari karbonat apatit, pelarutan akan menghasilkan ion karbonat yang bereaksi dengan 2 ion H⁺ membentuk molekul air. Kedua mekanisme tersebut mengakibatkan penurunan kemasaman tanah gambut.

Penelitian juga menunjukkan adanya interaksi yang nyata antara kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap kemasaman tanah. Pada dosis kompos purun tikus yang tetap penambahan dosis fosfat alam meningkatkan pH tanah gambut. Kemasaman tanah paling rendah terdapat pada perlakuan 10 ton/ha kompos purun tikus dan 135 kg/ha fosfat alam. Pada perlakuan ini terjadi peningkatan pH tanah dari 2,65 (kontrol) menjadi 2,78. Interaksi yang nyata

antara kompos purun tikus dan fosfat alam menunjukkan bahwa bahan organik mendorong peningkatan kelarutan fosfat alam pada tanah gambut. Pelarutan fosfat alam akan meningkatkan pH tanah gambut. Mekanisme peningkatan kelarutan fosfat alam oleh bahan organik dijelaskan oleh Helling et al. (1964); Schnitzer dan Skinner (1969) dalam Rajan et al. (2004). Peningkatan kelarutan tersebut dikarenakan retensi dan pembentukan kompleks Ca dan fraksi organik.

Parameter Isoterm Erapan Fosfat

Plotting data-data erapan P mengikuti persamaan Langmuir dan Freundlich memperlihatkan hubungan yang signifikan (Langmuir $r \sim 0,67$ dan Freundlich $r \sim 0,93$)

antara P di dalam larutan equilibrium dan P yang diserap. Terlihat pola sebaran data point antara sampel perlakuan dan kontrol sangat berbeda. Ini menunjukkan bahwa tanah gambut mempunyai perilaku dan tanggapan yang sangat berlainan terhadap perlakuan kompos purun tikus dan fosfat alam.

Hasil analisis statistik menunjukkan terdapat pengaruh kompos purun tikus dan fosfat alam yang nyata terhadap parameter persamaan isoterm Langmuir dan Freundlich pada tanah gambut. Analisis statistik juga memperlihatkan adanya interaksi yang nyata antara kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap parameter tersebut sebagaimana disajikan pada Tabel 4 dan 5.

Tabel 4. Pengaruh interaksi takaran kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap parameter persamaan Isoterm Langmuir tanah gambut

Purun Tikus (ton/ha)	Fosfat Alam (kg/ha)				
	0	45	90	135	Rata-rata
	a (mL/ μ gP)				
0	0,001d	0,0015cd	0,001d	0,001d	0,001
5	0,002bcd	0,002bcd	0,002bcd	0,0035ab	0,002
10	0,001d	0,003bc	0,0035ab	0,005a	0,003
Rata-rata	0,001	0,0022	0,0022	0,0032	0,002
	x_m (μ gP/g)				
0	393,5c	319cd	741,5a	501b	488,8
5	308cd	270,5de	238,5de	162ef	244,7
10	714a	158ef	165ef	108f	286,2
Rata-rata	471,8	249,2	381,7	257	339,9

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5%

Tabel 5. Pengaruh interaksi takaran kompos purun tikus dan fosfat alam terhadap parameter persamaan Isoterm Freundlich tanah gambut.

Purun Tikus (ton/ha)	Fosfat Alam (kg/ha)				
	0	45	90	135	Rata-rata
	B				
0	0,86bc	1,18a	1,05ab	1,05ab	1,03
5	0,92b	0,81bc	0,66cd	0,53d	0,73
10	0,93b	0,79bc	0,84bc	0,67cd	0,80
Rata-rata	0,90	0,93	0,85	0,75	0,85
	K				
0	1,02cd	0,13d	0,64cd	0,30cd	0,53
5	0,51cd	1,09c	3,33a	1,07c	1,50
10	2,09b	1,04c	0,83cd	2,06b	1,51
Rata-rata	1,21	0,76	1,6	1,15	1,18

Keterangan : Angka-angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada setiap kolom tidak berbeda nyata pada taraf nyata 5%

Tabel 4 menunjukkan penambahan kompos purun tikus dan fosfat alam meningkatkan koefisien afinitas tanah gambut terhadap P. Hal ini berarti dengan penambahan kompos purun tikus dan fosfat alam mengakibatkan fosfat menjadi lebih kuat terikat pada permukaan koloid gambut.

Penambahan kompos purun tikus meningkatkan koefisien afinitas (a) tanah gambut terhadap P. Penambahan 10 ton kompos purun tikus/ha meningkatkan afinitas gambut dari 0,001 menjadi 0,003 mL/ μ gP. Lebih kuatnya P terikat di permukaan gambut diduga karena adanya kation Fe yang terkandung kompos purun tikus yang merupakan tapak erapan P. Hasil analisis menunjukkan adanya kandungan besi total 7,78 ppm. Ikatan antara ion fosfat, kation besi dan permukaan organik gambut dapat terjadi melalui mekanisme jembatan kation.

Tabel 4 menunjukkan pada takaran kompos purun tikus tetap, penambahan fosfat alam semakin meningkatkan koefisien afinitas tanah gambut terhadap P. Pada takaran kompos purun tikus 10 ton/ha tanpa penambahan fosfat alam koefisien afinitas gambut sebesar 0,001 mL/ μ gP, dengan penambahan 135 kg/ha fosfat alam koefisien afinitas gambut meningkat menjadi 0,005 mL/ μ gP.

Parameter erapan maksimum menunjukkan penambahan kompos purun tikus dan fosfat alam menurunkan erapan maksimum P dari tanah gambut. Pada perlakuan kontrol erapan maksimum P sebesar 393,5 μ gP/g Sedangkan pada perlakuan 10 ton/ha kompos purun tikus dan 135 kg/ha fosfat alam erapan maksimum P tanah gambut turun menjadi 108 μ gP/g atau terjadi penurunan sebesar 72%.

Fakta yang bertolak belakang terlihat jika melihat parameter jumlah tapak erapan (k) dari tanah gambut sebagaimana disajikan pada Tabel 5. Parameter isoterm Freundlich menunjukkan bahwa perlakuan penambahan kompos purun tikus maupun fosfat alam meningkatkan jumlah tapak erapan (k) tanah gambut. Terdapat interaksi antara kompos purun tikus dan fosfat alam meningkatkan jumlah tapak erapan tanah gambut. Walaupun yang paling nyata adalah berpengaruh meningkatkan jumlah tapak erapan. Hal ini dimungkinkan karena kandungan Fe dari kompos purun tikus yang memunculkan tapak erapan P baru dari tanah gambut. Pada perlakuan kontrol jumlah tapak erapan P (k) mendekati sebesar 0,58 atau mendekati 1, sedangkan pada perlakuan 10 ton/ha kompos purun tikus jumlah tapak erapan P sebesar 1,51 atau mendekati 2.

Sedangkan pengaruh penambahan fosfat alam tidak terlalu nyata, bahkan cenderung semakin menurunkan jumlah tapak erapan P dari tanah gambut. Pada perlakuan kontrol jumlah tapak erapan P sebesar 1,21, sedangkan penambahan 135 kg/ha fosfat alam jumlah tapak erapan P sebesar 1,15. Penurunan jumlah tapak erapan P gambut dikarenakan ion fosfat yang berasal dari fosfat alam menempati (blocking) tapak-tapak erapan P dari gambut.

Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan, maka dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Penambahan kompos purun tikus dan fosfat alam menurunkan kemasaman tanah gambut. Bahan organik dari kompos purun tikus mendorong pelarutan fosfat alam sehingga pH tanah gambut meningkat.
2. Penambahan kompos purun tikus meningkatkan koefisien afinitas Langmuir dan jumlah tapak erapan fosfat tanah gambut, sebaliknya fosfat alam menurunkan jumlah tapak erapan.

Daftar Pustaka

Fox, R.L., and E.J. Kamprath. 1971. Adsorption and leaching of P in acid organic soil and high organic matter sand. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 35:154-156

Hartatik, W., K. Idris, S. Sabiham, S. Djuniwati dan J.S. Adiningsih. 2004. Peningkatan Ikatan P dalam kolom tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral dan beberapa jenis fosfat alam. *J. Tanah Lingk.*, 6(1):22-30.

Masganti. 2005. Efektivitas Kapur dan Sumber Pupuk Fosfat dalam Penyediaan P Bahan Gambut. *Jurnal Agripeat Vol 5 (2) : 1-13.*

Rachim, A. 1995. Penggunaan Kation-kation Polivalen dalam Kaitannya dengan Ketersediaan Fosfat untuk Meningkatkan Produksi Jagung pada Tanah Gambut. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB.

Rajan, S.S.S., E. Casanova and B. Truong. 2004. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rocks, with a case-study analysis. In Zapata and Roy (Eds.). Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13.* FAO of United Nations, Rome. pp : 41-58

Sabiham, S., A. Rachim, Salampak dan T.B. Prasetyo. 1995. Peningkatan Erapan Fosfat dalam Tanah Gambut Melalui Pengendalian Asam-asam Organik Meracun. Makalah disampaikan dalam Kongres VI HITI di Serpong, 12-15 Desember 1995.

Salampak. 1999. Peningkatan Produktivitas Tanah Gambut yang Disawahkan dengan Pemberian Bahan Amelioran Tanah Mineral Berkadar Besi Tinggi. Disertasi. Program Pascasarjana, IPB.

Sri Adiningsing, J and A. Nassir, 2001. The potential for improving crop production on upland acid soils in Asia through the use of appropriate phosphate rocks. *Proceedings of the World Fertilizer Congress: Fertilization in the Third Millenium : Fertilizer, Food Security and Enviromental Protection, 3-9 August 2001, Beijing.*

Sulistiyanto, Y. 1996. Serapan Beberapa Unsur Hara oleh Tanaman Jagung yang Diinfeksi Mikorisa Vesikula-Arbuskula di Tanah Podsolik Merah Kuning. Tesis. Program Pascasarjana Ilmu Pertanian. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta.

Suriadikarta, D.A. 1999. Penggunaan polivalen kation (Al dan Fe) untuk meningkatkan produktivitas gambut Kalimantan Tengah. Laporan Penelitian.

Truong, B. 2004. Evaluation of phosphate rocks for direct application. In Zapata and Roy (Eds.). Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. *FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13.* FAO of United Nations, Rome. pp : 27-40

- Van Kauwenbegh, S.J. and G.H. McClellan. 2004. Characterization of phosphate rocks. In Zapata and Roy (Eds.). Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13. FAO of United Nations, Rome. pp : 17-26
- Zapata, F. and R.N.Roy. 2004. Use of phosphate rocks for sustainable agriculture. FAO Fertilizer and Plant Nutrition Bulletin 13. FAO of United Nations, Rome.