PENINGKATAN IKATAN P DALAM KOLOM TANAH GAMBUT YANG DIBERI BAHAN AMELIORAN TANAH MINERAL DAN BEBERAPA JENIS FOSFAT ALAM

Increasing P Retention in the Peat Column Amended with Mineral Soil and Some Rock Phosphates

W. Hartatik[1], K. Idris[2], S. Sabiham[2], S. Djuniwati[2] dan J. Sri Adiningsih[1]

[1]Staf Peneliti Balai Penelitian Tanah, Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat, Jl. Ir H. Juanda No. 98, Bogor 16123
[2]Staf Pengajar Departemen Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, Jl. Meranti, Kampus IPB Darmaga, Bogor 16680

ABSTRACT

Peat soils have a very low capacity in retaining P. Mineral soils rich in Fe could be used as ameliorant in increasing this capacity.The aim of this experiment was to study the use of three rock phosphates and SP-36 on peat amended with mineral soil in increasing P retention. The experiment was conducted in the laboratory of the Centre for Soil and Agroclimate Research and Development, Bogor. P treatments consist of four P fertilizer sources including Morocco rock phosphate, Christmas rock phosphate, Ciamis rock phosphate, and SP-36, and three P level (50, 100 and 200% of P sorption) plus partial and complete control in 2 replications. The experiment conducted in soil column made from PVC pipe 4 inch in diameter. Column was filled with 1 250 g peat dry weight (105° C), 250 g of which was amended with mineral soil and each of three rock phosphates or SP-36, and put on as the upper part of the column and incubated for 4 weeks. Leaching was conducted everyday, with 50 cc distilled water for 12 days. Filtrate was collected in 500 cc Erlenmeyer glass, and soluble P was analyzed. After this step peat in the column was divided into seven depth that were 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 and 50-60 cm, then P-Bray I was analyzed. The results showed that the application of Morocco and Ciamis rock phosphates on peat amended with mineral soil after leaching, resulted in accumulation of P on the upper layers, suggesting that P retention on peat was increased such that P loss could be reduced. Ratio of P content in the soil column at 0-30 cm and 30-60 cm depth for Morocco rock phosphate on the dosages of 50, 100 and 200% of P sorption were 1.54; 1.90; and 2.79, respectively, and that for Ciamis rock phosphate were 1.64; 1.76 and 4.11, respectively. The application of Christmas rock phosphate resulted in P accumulation at 30-40 cm depth. Ratio of P content in soil column treated with Christmas rock phosphate at 0-30 cm and 30-60 cm depth on dosages of 50, 100 and 200 % of P sorption were 1.05; 1.11 and 1.38, respectively, suggesting that P was leached to bottom layer. It seems that high Fe in Christmas rock phosphate did not contribute to an increase of P retention. Although the application of SP-36 resulted in P accumulation at the upper layers, P leaching was higher.

Keywords: *Amelioration, Peat, Phosphorus fertilization, Phosphorus retention*

PENDAHULUAN

Pengembangan lahan gambut untuk usaha pertanian terus meningkat, baik untuk pertanian lahan sawah maupun lahan kering. Lahan gambut di Indonesia seluas kurang lebih 11 juta ha dibedakan ke dalam gambut dangkal (< 100 cm), sedang (100-200 cm), dalam (200-300 cm), dan sangat dalam (> 300 cm) (Widjaja-Adhi *et al.*, 1992). Lahan gambut pada umumnya dimanfaatkan untuk tanaman pangan maupun perkebunan, walaupun tingkat produksinya masih rendah. Tanah gambut digolongkan ke dalam tanah marginal yang dicirikan dengan reaksi tanah yang masam hingga sangat masam, ketersediaan hara dan kejenuhan basa yang rendah dan kandungan asam-asam organik yang tinggi, terutama derivat asam fenolat yang bersifat racun bagi tanaman (Tadano *et al.*, 1990; Rachim, 1995; Prasetyo, 1996; Saragih, 1996; Salampak, 1999).

Pemberian tanah mineral berkadar besi tinggi sampai takaran 7.5% erapan maksimum besi mampu menurunkan konsentrasi asam-asam fenolat sekitar 30% dan meningkatkan produksi padi dari 0.73 menjadi 3.24 ton /ha (Salampak, 1999). Pemberian tanah mineral juga dapat memperkuat ikatan-ikatan kation dan anion sehingga konservasi terhadap unsur hara yang berasal dari pupuk menjadi lebih baik. Di samping itu, ikatan dengan koloid inorganik menyebabkan degradasi bahan gambut menjadi terhambat (Alexander, 1977) sehingga gambut sebagai sumberdaya alam dapat digunakan dalam jangka waktu yang lama. Penggunaan kation Fe sangat baik bagi pengikatan P sehingga dapat mengkonservasi dan meningkatkan ketersediaan P (Rachim, 1995).

Kation besi dari amelioran tanah mineral dapat menciptakan tapak erapan baru pada gambut sehingga ikatan fosfat menjadi lebih kuat dan tidak mudah lepas. Kation besi berperan sebagai jembatan pengikat fosfat pada tapak erapan reaktif gambut sehingga hara P dari tapak reaktif gambut dapat dilepaskan secara lambat dan kebutuhan tanaman dapat dipenuhi secara baik. Selain itu, pemberian fosfat alam yang mempunyai kadar besi yang

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

tinggi, diharapkan dapat memberikan kontribusi dalam meningkatkan ikatan P pada tanah gambut.

Hasil penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa ikatan P pada tanah gambut memiliki keterkaitan dengan kadar abu, total Fe dan Al (Miller, 1979), Al, Fe dan Ca dapat ditukar (Fox dan Kamprath, 1971; Miller, 1979). Porter dan Sanchez (1992) menunjukkan bahwa indeks erapan P berkorelasi linear positif dengan CO_3^- bebas, pH, dan Ca-, Fe-, dan Al-dapat ditukar.

Prospek penggunaan fosfat alam sebagai sumber P pada tanah gambut diharapkan cukup baik, karena mudah larut dalam kondisi masam serta dapat melepaskan fosfat secara lambat (*slow release*), namun informasi penggunaan fosfat alam pada tanah gambut masih sangat terbatas. Kualitas pupuk fosfat alam dipengaruhi oleh beberapa faktor yaitu sifat mineralogi, kelarutan, besar butir, kadar karbonat bebas, kadar P_2O_5 total dan jenis deposit batuan fosfat.

Berdasarkan kemampuan kation Fe dalam bahan amelioran tanah mineral sebagai jembatan pengikat fosfat serta penggunaan beberapa jenis fosfat alam yang mempunyai kadar seskuoksida yang berbeda, mudah larut dalam kondisi masam dan lambat tersedia, diharapkan pemberian bahan amelioran dan fosfat alam yang berkadar besi tinggi dapat meningkatkan ikatan P, sehingga P tidak mudah hilang tercuci, dan efisiensi pemupukan P pada tanah gambut dapat ditingkatkan.

Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari penggunaan beberapa jenis fosfat alam dan SP-36 pada tanah gambut dari Air Sugihan Kiri Sumatera Selatan yang diberi bahan amelioran tanah mineral dalam meningkatkan ikatan P.

BAHAN DAN METODE

Bahan Penelitian

Penelitian dilakukan di laboratorium Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat Bogor. Penelitian dilaksanakan mulai bulan Februari sampai Agustus 2002. Bahan tanah gambut yang digunakan adalah contoh tanah Sulfihemist Terik dari Air Sugihan Kiri, Sumatera Selatan. Bahan tanah gambut mempunyai tingkat dekomposisi hemik dengan kadar air 450%, bobot volume berkisar 0.16 sampai 0.21 g cc^{-1} dan ketebalan gambut 100 sampai 120 cm. Bahan amelioran tanah mineral diambil dari Desa Dwijaya, Kecamatan Tugumulyo, Sumatera Selatan. Sumber pupuk P yang digunakan yaitu fosfat alam dari Maroko, Christmas, Ciamis dan SP-36.

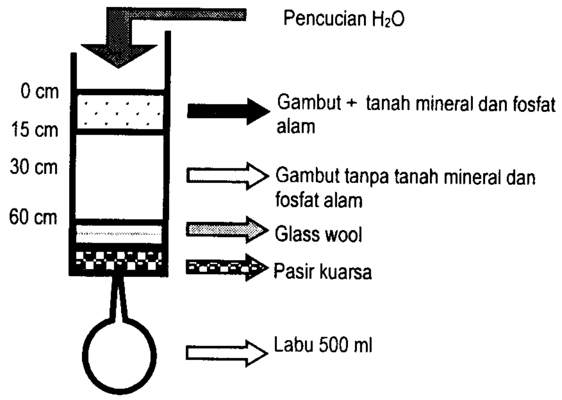
Metode Penelitian

Perlakuan terdiri dari 4 sumber pupuk P yaitu fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis dan SP-36 dengan 3 taraf takaran pupuk P yaitu 50, 100 dan 200% erapan P, disamping ditambah perlakuan kontrol - tanah mineral (kontrol parsial) dan kontrol + tanah mineral (kontrol lengkap), diulang dua kali. Takaran fosfat alam berdasarkan erapan P untuk mencapai P dalam larutan tanah 0.2 ppm P yaitu sebesar 81.33 ppm P. Untuk takaran 100% erapan P fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis dan SP-36 masing-masing sebesar 0.166 g $(250\ g)^{-1}$, 0.154 $(250\ g)^{-1}$, 0.135 g $(250\ g)^{-1}$, dan 0.129 g $(250\ g)^{-1}$.

Pemberian bahan amelioran tanah mineral sebagai perlakuan dasar dengan takaran 7.5% erapan maksimum Fe yaitu 12.99 g $(250\ g)^{-1}$ atau setara 21.8 ton/ha (perhitungan ini berdasarkan kandungan Fe total bahan amelioran 6.1% dan kelarutan Fe sebesar 13%). Takaran 7.5% erapan maksimum Fe merupakan takaran yang terbaik dalam menekan asam-asam fenolat dan memperbaiki ciri kimia tanah serta meningkatkan pertumbuhan dan bobot kering tanaman padi (Hartatik, 2003).

Percobaan ini dilaksanakan dengan menggunakan kolom tanah yang terbuat dari pipa paralon dengan ukuran 4 inci, yang diisikan bahan tanah gambut sebesar 1 250 g setara bobot kering oven (105^0 C). Sebanyak 250 g tanah gambut diberi perlakuan tanah mineral dan beberapa jenis fosfat alam atau SP-36, ditempatkan di bagian atas kolom tanah, kemudian gambut yang telah diberi perlakuan ini diinkubasi 4 minggu (Gambar 1).

Pencucian dilakukan setiap hari, masing-masing dengan menambahkan 50 ml air destilata selama 12 hari. Air cucian yang diperoleh ditampung dalam gelas ukur 500 ml, filtrat cucian dianalisis kadar P larut air. Setelah tahap ini paralon dibuka kemudian tanah dipilah-pilah menurut kedalaman 0-5, 5-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50 dan 50-60 cm dan dilakukan analisis P-Bray I. Pemetaan distribusi P pada kolom tanah dilakukan menurut kedalaman setiap 10 cm.



Gambar 1. Skema Percobaan Pencucian dalam Kolom Tanah

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri Kimia Bahan Tanah Gambut

Hasil analisis pendahuluan terhadap ciri-ciri kimia bahan tanah gambut disajikan pada Tabel 1. Nilai pH H_2O berdasarkan kriteria yang diajukan oleh Institut Pertanian Bogor (1983) tergolong sangat masam. Reaksi tanah gambut berkaitan erat dengan kandungan asam-asam organiknya (Salampak, 1999). Kadar abu 3.6% bahan tanah gambut tergolong rendah dan sisa pemijaran 96.4%. Hal ini menunjukkan bahwa gambut tersebut tergolong gambut murni (*true peat*) karena mempunyai rata-rata kehilangan pijar lebih dari 90% (Andriesse, 1974). Kadar abu gambut sangat dipengaruhi oleh bahan mineral di bawahnya, selain itu juga dipengaruhi oleh limpasan pasang air sungai dan laut yang banyak membawa bahan mineral. Menurut kriteria penggolongan tingkat kesuburan tanah gambut yang dikemukakan oleh Polak (1949), kadar hara P, K dan Ca serta kadar abu gambut tersebut tergolong ke dalam tingkat kesuburan oligotropik.

Tabel 1. Ciri Kimia Bahan Tanah Gambut dan Bahan Amelioran Tanah Mineral

Ciri Tanah	Tanah Gambut	Bahan Amelioran Tanah Mineral
Tekstur		
Pasir *(%)*	–	5
Debu *(%)*	–	12
Liat *(%)*	–	83
pH		
H_2O	3.8	4.5
KCl	2.9	3.9
Bahan Organik		
C *(%)*	58.76	0.85
N *(%)*	1.54	0.09
C/N	38.5	9
P- Bray I *(ppm)*	18.5	2.88
Kapasitas Tukar Kation *(cmol(+) kg^{-1} tanah)*	119.66	9.11
Kation dapat dipertukarkan		
Ca *(cmol(+) kg^{-1} tanah)*	17.61	0.55
Mg *(cmol(+) kg^{-1} tanah)*	5.38	0.22
K *(cmol(+) kg^{-1} tanah)*	0.22	0.10
Na *(cmol(+) kg^{-1} tanah)*	0.71	0.14
Kejenuhan Basa *(%)*	20	11
KCl 1N		
Al-dd *(cmol (+) kg^{-1} tanah)*	1.4	4.35
H-dd *(cmol (+) kg^{-1} tanah)*	3.15	0.09
Unsur mikro ekstrak DTPA		
Fe *(ppm)*	726	0.06
Mn *(ppm)*	9.42	0.10
Cu *(ppm)*	3.58	0.08
Zn *(ppm)*	9.20	0.33
Fe-total *(%)*	0.17	6.1
Fe_2O_3 ekstrak Ditionit Sitrat Bikarbonat *(%)*	–	0.79
Mineral besi dominan	–	goetit
Kadar abu *(%)*	3.6	–

Keterangan: - tidak ditetapkan

Berdasarkan kriteria Institut Pertanian Bogor (1983) kandungan nitrogen total (N-total) dan C-organik tergolong tinggi. Kandungan N total yang tinggi tidak diikuti oleh tingginya ketersediaan N bagi tanaman yang tercermin dari nisbah C/N yang tinggi yaitu 38.5. Kandungan fosfor ekstrak Bray I tergolong sedang. Gambut dari Air Sugihan Kiri telah lama diusahakan sebagai lahan pertanian. Rachim (1995) mengemukakan lamanya pengusahaan dapat meningkatkan P terekstrak dengan Bray I, peningkatan ini berkaitan dengan dekomposisi dan mineralisasi bahan organik, sehingga unsur P menjadi terlepas. Mineralisasi P dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya nisbah C-organik dan P. Pada nisbah 200 : 1 mineralisasi P dapat terjadi, sedangkan pada nisbah 300 : 1 immobilisasi berlangsung (Tisdale *et al.*, 1985).

Kapasitas tukar kation tergolong sangat tinggi. Basa-basa dapat ditukar yaitu Ca-dd dan Mg-dd tergolong tinggi, K-dd sangat rendah dan Na-dd sedang. Tingginya Ca-dd dan Mg-dd diduga berasal dari residu pemberian dolomit pada musim tanam sebelumnya, atau sumbangan dari limpasan pasang air sungai dan laut. Namun kejenuhan basa tergolong rendah. Kejenuhan basa mempunyai hubungan yang erat dengan kadar abu. Kadar abu dari gambut Air Sugihan Kiri rendah, sehingga kejenuhan basa juga rendah.

Kandungan Al-dd yaitu sebesar 1.4 cmol (+) kg^{-1} tanah, sedangkan kandungan Fe-total sebesar 0.17%. Secara umum kadar Cu, Zn, Mn dan Fe yang diekstrak dengan DTPA masih tergolong rendah. Rendahnya kation polivalen ini berkaitan dengan terbentuknya ikatan yang kuat antara kation (terutama Cu) dengan senyawa organik dari tanah gambut.

Bahan tanah gambut mengandung konsentrasi asam p-hidroksi benzoat, asam vanilat, dan asam p-kumarat berturut-turut sebesar 1.14; 0.11 dan 0.24 mM, konsentrasi ini dalam batas toksik meracuni tanaman, sedangkan asam sinapat, siringat dan ferulat rendah (Hartatik, 2003). Pemberian bahan amelioran diharapkan dapat menurunkan asam-asam fenolat tersebut agar tidak toksik, disamping itu kation Fe berfungsi sebagai jembatan kation bagi P, sehingga P tidak mudah tercuci dalam tanah gambut.

Ciri Kimia Oksisol Tugumulyo Sumatera Selatan sebagai Bahan Amelioran

Hasil analisis ciri-ciri kimia bahan amelioran tanah mineral disajikan pada Tabel 1. Bahan amelioran tanah mineral berasal dari Tugumulyo Sumatera Selatan dalam klasifikasi Taksonomi Tanah termasuk *subgroup* Hapludoks Tipik, sangat halus, kaolinitik, isohipertemik. Tanah mineral ini bertekstur liat berat. Berdasarkan analisis mineral liat dengan XRD menunjukkan mineral liat dominan adalah kaolinit dengan sedikit vermikulit.

Berdasarkan kriteria Pusat Penelitian Tanah (1998) reaksi tanah tergolong masam. Kadar C-organik dan N-total sangat rendah dengan nisbah C/N rendah. Fosfor ekstrak HCl maupun ekstrak Bray I tergolong sangat rendah. Demikian juga Kalium ekstrak HCl tergolong sangat rendah. Basa-basa dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) tergolong sangat rendah sampai rendah. Kapasitas tukar kation (KTK) tergolong rendah. Kejenuhan basa (KB) tergolong sangat rendah. Secara umum ketersediaan unsur mikro (Fe, Cu, Mn dan Zn) tergolong rendah.

Berdasarkan ciri-ciri kimianya tanah mineral tersebut merupakan tanah marginal dengan kesuburan rendah. Disisi lain tanah mineral tersebut mengandung Fe total 6.1% dan Al-dd 4.35 cmol (+) kg^{-1} tanah yang sangat diperlukan oleh tanah gambut sebagai sumber kation untuk meningkatkan retensi P melalui pembentukan senyawa kompleks kation logam organik.

Ciri Kimia Fosfat Alam yang Digunakan

Hasil analisis fosfat alam disajikan pada Tabel 2. Penilaian pupuk fosfat secara kimia dapat ditentukan dari kandungan P_2O_5 dengan cara mengekstrak dalam beberapa asam. Pupuk fosfat alam yang digunakan secara langsung keefektifannya dipengaruhi oleh sifat fisik dan kimia pupuk, faktor tanah dan lingkungan serta faktor tanaman. Sifat kimia dan fisik pupuk yang penting adalah reaktivitas, kelarutan, dan ukuran butir pupuk (Rajan *et al.*, 1996).

Kadar P_2O_5 total pupuk fosfat alam Maroko lebih rendah dari Christmas dan Ciamis. Sedangkan untuk kadar P_2O_5 dengan pengekstrak asam sitrat 2% fosfat alam Ciamis paling tinggi diikuti Maroko dan terendah Christmas. Fosfat alam Ciamis mempunyai kadar P_2O_5 total paling tinggi dan kadar P_2O_5 dengan pengekstrak asam sitrat 2% dua kali lebih tinggi dari fosfat alam Maroko dan Christmas (Tabel 2).

Penggunaan pengekstrak asam lemah seperti asam sitrat 2 % dapat digunakan sebagai indikator P tersedia bagi tanaman. Nilai yang dihasilkan dari metode ekstraksi tersebut mempunyai korelasi yang tinggi dengan tanggap tanaman (efektivitas agronomi relatif) (Sediyarso, 1999). Persen kelarutan P_2O_5 dalam asam sitrat 2 % terhadap P_2O_5 total untuk fosfat alam Maroko, Christmas dan Ciamis berturut-turut sebesar 51, 40 dan 82%. Kelarutan P_2O_5 dalam asam sitrat 2 % terhadap P_2O_5 total, fosfat alam Ciamis lebih tinggi dari Maroko dan yang terendah Christmas.

Fosfat alam Maroko merupakan deposit fosfat batuan sedimen (*marine phosphorite deposite*) yang terjadi pada lingkungan yang kaya Ca (McClellan, 1978), dengan kandungan seskuioksida rendah, sedangkan fosfat alam Ciamis merupakan deposit guano dengan kandungan seskuioksida sedikit lebih tinggi. Kadar Ca setara CaO fosfat alam Maroko dan Ciamis cukup tinggi sehingga secara kimia dikelompokkan sebagai karbonat kalsium-fosfat (*francolit*). Fosfat alam Christmas merupakan batuan terfosfatisasi dari guano yang dalam pembentukannya terjadi akumulasi Al dan Fe fosfat (Chien dan Van Kauwenberg, 1992), dengan kandungan seskuioksida tinggi Fe_2O_3 6.3% dan Al_2O_3 14.77% dan kadar Ca setara CaO sebesar 26.15%. Fosfat alam Christmas walaupun mengandung Fe dan Al tinggi, namun kadar kalsium cukup tinggi sehingga secara kimia dikelompokkan sebagai karbonat kalsium-(Al,Fe)-fosfat. Kandungan seskuioksida yang lebih tinggi pada fosfat alam Christmas diharapkan memberikan kontribusi dalam pengikatan P dalam gambut.

Kandungan Ca yang tinggi pada fosfat alam ini sangat bermanfaat untuk meningkatkan kejenuhan basa dan menambah hara Ca untuk tanaman. Fosfat alam Maroko memberikan kadar Mg yang lebih tinggi dari fosfat alam Ciamis dan Christmas. Kehalusan lolos 80 *mesh tyler* fosfat alam Christmas dan Ciamis yaitu 80%, sedangkan Maroko 60%. Ukuran butir fosfat alam Ciamis dan Christmas cukup halus, sedangkan fosfat alam Maroko sedikit lebih kasar. Peningkatan kelarutan fosfat alam akibat kehalusan butir pupuk hanya berlaku untuk fosfat alam yang reaktivitasnya tinggi (Khasawneh dan Doll, 1978).

Kadar Mn, Cu dan Zn fosfat alam Ciamis lebih tinggi dari fosfat alam Christmas dan Maroko. Sediyarso (1999) dan Rachim (1995) melaporkan bahwa fosfat alam dari Indonesia mempunyai kadar Cu dan Zn lebih tinggi. Adanya kadar Mn, Cu, Zn yang lebih tinggi pada fosfat alam Ciamis menguntungkan untuk memenuhi kebutuhan unsur mikro tanaman dan dapat berfungsi sebagai kation polivalen dalam pembentukan senyawa kompleks untuk menurunkan derivat asam-asam fenolat. Berdasarkan syarat mutu pupuk fosfat alam (SNI 02-3776-1995), fosfat alam Maroko dan Ciamis tergolong fosfat alam mutu (kualitas) A, sedangkan fosfat alam Christmas tergolong mutu C, karena kadar Ca kurang dari 40 % dan kadar seskuioksida lebih dari 12 % untuk Al_2O_3.

Tabel 2. Ciri Kimia Beberapa Jenis Fosfat Alam yang Digunakan dalam Penelitian

No	Ciri Kimia	Satuan	Jenis Fosfat Alam		
			Maroko	Christmas	Ciamis
1.	Kadar unsur hara fosfor sebagai P_2O_5				
	a. Total (asam mineral)	% b/b	28.04	30.22	34.38
	b. Larut dalam asam sitrat 2%	% b/b	14.32	12.00	28.24
2.	Kadar Ca setara CaO	% b/b	46.70	26.15	45.65
3.	Kadar Mg setara MgO	% b/b	1.20	0.47	0.13
4.	Kadar seskuioksida (R_2O_3)				
	a. Al_2O_3	% b/b	0.29	14.77	1.43
	b. Fe_2O_3	% b/b	0.15	6.30	0.39
5.	Kadar air	% b/b	1.09	1.65	2.88
6.	Kehalusan lolos 80 mesh	% b/b	60	80	80
7.	Kandungan logam				
	a. Mangan (Mn)	(ppm)	5	619	1680
	b. Seng (Zn)	(ppm)	651	414	4746
	c. Tembaga (Cu)	(ppm)	28	76	558
8.	Cemaran Logam Berat				
	a. Cadmium (Cd)	(ppm)	59	25	12
	b. Chrom (Cr)	(ppm)	375	322	22
	c. Timbal (Pb)	(ppm)	tu	tu	tu

Keterangan: tu = tidak terukur

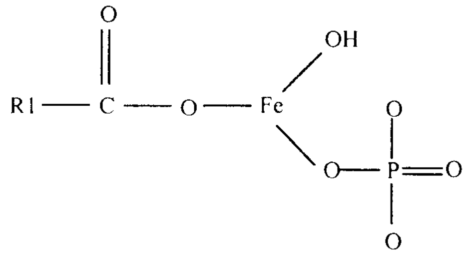
Cemaran logam berat Cd dan Cr fosfat alam Christmas dan Maroko lebih tinggi dari fosfat alam Ciamis. Alloway (1990) mengemukakan bahwa kandungan Cd dalam fosfat alam dijumpai dalam kisaran 1.94-113 mg kg^{-1} pupuk dan secara umum bahan baku batuan fosfat untuk pupuk P mengandung Cd < 500 $mgkg^{-1}$. Menurut batasan Uni Eropa (1994) *dalam* Laegreid *et al.* (1999) kandungan Cd dalam fosfat alam yang digunakan secara langsung tidak boleh lebih dari 90 mg Cd kg^{-1} P_2O_5 atau 210 mg Cd kg^{-1} P. Berdasarkan batasan di atas maka cemaran logam Cd dalam fosfat alam yang digunakan masih di bawah ambang batas yang diperbolehkan. Sedangkan cemaran logam Cr dan Pb rendah. Laegreid *et al.* (1999) mengemukakan bahwa rataan Cr dalam batuan fosfat yaitu 770 mg kg^{-1} P.

Distribusi Fosfor dalam Kolom Tanah Setelah Pencucian

Hasil Pengukuran terhadap kadar P dari kolom tanah setelah dilakukan pencucian pada perlakuan beberapa jenis fosfat alam dan SP-36 disajikan pada Tabel 3 dan pola distribusi P disajikan pada Gambar 2.

Kisaran rata-rata kadar P pada tanah gambut tanpa perlakuan bahan amelioran dan fosfat alam 16.648-36.131 ppm P. Akumulasi P terlihat pada lapisan bawah (30-60 cm). Hal ini menunjukkan bahwa P dari lapisan atas mengalami pencucian ke lapisan bawah. Pada perlakuan tanpa bahan amelioran, gambut mempunyai kation polivalen terutama Fe yang rendah, sehingga ikatan P pada tapak reaktif mudah terlepas karena gugus reaktif yang terbentuk pada bahan organik tergolong lemah (Stevenson, 1994).

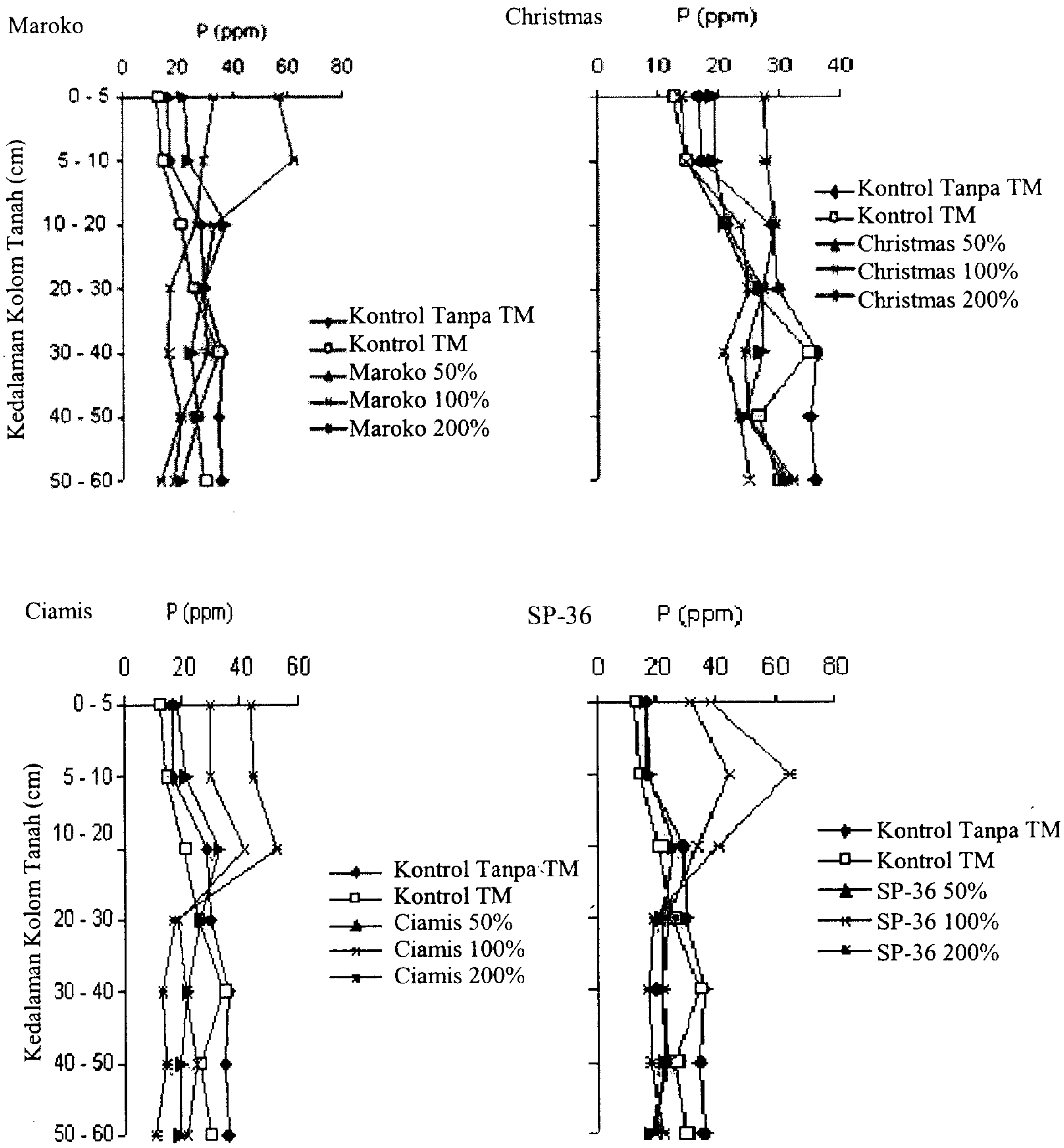
Pemberian beberapa jenis fosfat alam atau SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran menyebabkan terjadinya akumulasi P pada lapisan atas berkisar (5-20 cm), kemudian menurun pada lapisan bawah. Kisaran rata-rata kadar P kolom tanah akibat pemberian bahan amelioran yaitu 12.399-34.423 ppm P. Fenomena ini menunjukkan bahwa pemberian bahan amelioran dapat mengurangi pencucian P dalam tanah gambut. Pemberian bahan amelioran akan memberikan tapak-tapak erapan P yang baru. Pemberian kation polivalen Fe melalui bahan amelioran tanah mineral akan meningkatkan ikatan antara P dan asam-asam organik melalui jembatan kation. Menurut Mattingly (1985) kemungkinan reaksi yang terjadi digambarkan sebagai berikut:



Pemberian bahan amelioran mampu meningkatkan ikatan P dalam tanah gambut, sehingga P tidak mudah hilang tercuci dalam tanah, dan efisiensi pemupukan P dalam tanah gambut dapat ditingkatkan. Hasil ini sesuai dengan percobaan yang dilakukan oleh Rachim (1995), Salampak (1999) dan Wild (1950) yang mengemukakan bahwa kation polivalen dapat menjembatani ikatan antara P dan asam-asam organik.

Tabel 3. Rataan Kadar dalam Kolom Tanah pada Perlakuan Berbagai Taraf Sumber P

Perlakuan	Kedalaman tanah (cm)						
	0 - 5	5 - 10	10 - 20	20 - 30	30 - 40	40 - 50	50 - 60
	(ppm)						
Kontrol tanpa tanah mineral	16.648	16.912	28.676	29.675	36.131	34.861	35.755
Kontrol	12.399	14.356	20.777	25.467	34.423	26.299	29.589
Perlakuan 50% erapan P							
Maroko	22.230	23.701	37.438	29.176	24.653	27.279	21.161
Christmas	19.141	19.205	21.103	26.948	26.979	24.375	30.902
Ciamis	18.757	21.412	32.780	26.418	21.768	19.738	19.152
SP-36	16.606	17.412	25.718	22.104	21.951	22.660	17.981
Perlakuan 100% erapan P							
Maroko	33.150	29.666	26.414	16.711	16.640	20.695	18.512
Christmas	13.764	14.415	23.464	24.832	20.799	23.143	24.754
Ciamis	29.956	29.711	41.644	18.641	21.418	24.770	21.953
SP-36	31.489	44.555	33.711	23.362	21.904	24.005	19.184
Perlakuan 200% erapan P							
Maroko	57.124	62.270	33.191	28.911	30.437	21.050	13.569
Christmas	27.413	27.643	29.184	26.936	24.379	24.440	32.010
Ciamis	43.889	44.688	52.903	17.348	13.041	14.688	10.918
SP-36	38.208	64.659	40.787	19.047	17.389	18.538	22.324



Gambar 2. Pola Distribusi Fosfor dalam Kolom Tanah dari Tiga Jenis Fosfat Alam

Perlakuan fosfat alam Maroko pada takaran 50, 100 dan 200% erapan P pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran menunjukkan terjadi akumulasi P pada lapisan atas berkisar (5-10 cm). Kisaran kadar P kolom tanah berturut-turut pada perlakuan 50, 100, dan 200% adalah 21.161-37.438; 16.640-33.150 dan 13.569-62.270 ppm P. Pemberian fosfat alam Ciamis pada takaran 50, 100, 200% erapan P pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran juga menunjukkan terjadi akumulasi P pada lapisan atas berkisar (5-20 cm). Kisaran kadar P kolom tanah berturut-turut pada perlakuan 50, 100, 200% erapan P adalah 18.757-32.780; 18.641-41.644 dan 10.918-52.903 ppm P. Demikian juga pemberian SP-36 pada takaran 50, 100, 200% pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran menunjukkan terjadi akumulasi P pada lapisan atas berkisar (5-10 cm). Kisaran kadar P kolom tanah berturut-turut pada perlakuan 50, 100, 200% erapan P adalah 16.606-25.718; 19.184-44.555 dan 17.389-64.659 ppm P. Pemberian fosfat alam Maroko, Ciamis atau SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral menunjukkan akumulasi P pada lapisan atas yaitu pada kedalaman 5 hingga 20 cm.

Pola distribusi fosfor dalam kolom tanah menunjukkan bahwa pemberian fosfat alam Maroko, Ciamis atau SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran menyebabkan P lebih banyak terakumulasi pada lapisan atas. Nisbah kadar P kolom tanah pada kedalaman 0 -30 cm dengan 30-60 cm masing-masing pada takaran 50, 100 dan

200% erapan P untuk fosfat alam Maroko adalah 1.54; 1.90 dan 2.79 dan untuk fosfat alam Ciamis adalah 1.64; 1.76 dan 4.11 serta untuk SP-36 adalah 1.31; 2.05 dan 2.79 (Gambar 2).

Akumulasi P akibat pemberian bahan amelioran dan fosfat alam Christmas pada takaran 50, 100, 200% erapan P terjadi pada lapisan bawah (20-30 cm). Kisaran kadar P kolom tanah berturut-turut pada perlakuan 50, 100, 200% erapan P adalah 19.141-30.902; 13.764-24.832; 24.379-32.010 ppm P. Fenomena ini menunjukkan bahwa P dalam kolom tanah akibat pemberian fosfat alam Christmas lebih rendah dan lebih tercuci dibandingkan fosfat alam Maroko, Ciamis dan SP-36. Diduga hal ini disebabkan fosfat alam Christmas mempunyai kelarutan yang rendah, sehingga butiran fosfat alam yang belum terlarut juga ikut tercuci ke lapisan yang lebih bawah. Fosfat alam Christmas kurang larut karena kelarutan dalam asam sitrat 2% (Tabel 2) dan reaktivitas kimia lebih rendah yang dicerminkan oleh substitusi PO_4^{3-} oleh CO_3^{2-} yang lebih rendah dan sumbu a yang lebih panjang (Chien dan van Kauwenberg, 1992). Kadar besi yang lebih tinggi dalam fosfat alam Christmas tidak memberikan kontribusi dalam peningkatan ikatan P. Hal ini disebabkan besi terikat dalam mineral apatit yang sukar larut. Faktor kelarutan fosfat alam mempunyai peranan penting khususnya dalam hal kontribusi Fe dalam peningkatan ikatan P. Di samping itu fosfat alam yang digunakan bukan merupakan fosfat alam dari bentuk Al-Fe-P. Tanah gambut yang bereaksi masam, memberikan kondisi yang hampir sama dengan pengekstrak asam sitrat 2%, sehingga diharapkan fosfat alam lebih larut dalam gambut. Kelarutan fosfat alam sangat tergantung sumber H^+ (proton) untuk melemahkan ikatan kimia pada permukaan kristal fosfat alam. Pada tanah gambut sumber H^+ berasal dari disosiasi asam-asam organik, dimana derajat ionisasi asam-asam organik rendah (Tan, 1993), sehingga kontribusi H^+ untuk melemahkan ikatan kimia kristal fosfat alam lebih lemah dibanding tanah mineral. Kelarutan fosfat alam juga sangat ditentukan oleh reaktivitas dari fosfat alam, dalam hal ini substitusi PO_4^{3-} oleh CO_3^{2-} lebih menentukan kelarutan fosfat alam dalam gambut dibandingkan kelarutan fosfat alam dalam asam sitrat 2% (Hartatik, 2003).

Pola distribusi fosfor dalam kolom tanah menunjukkan pada perlakuan fosfat alam Christmas, P terakumulasi pada kedalaman 30- 40 cm, dengan nisbah kadar P kolom tanah pada kedalaman 0-30 dengan 30-60 cm pada takaran 50, 100, dan 200% erapan P yaitu 1.05; 1.11 dan 1.38 (Gambar 2). Diduga hal ini berkaitan dengan rendahnya kelarutan fosfat alam tersebut dalam tanah dan P inorganik tidak labil dari fosfat alam Christmas yang lebih tinggi (Hartatik, 2003). Adanya akumulasi P di lapisan bawah menunjukkan bahwa tidak ada peranan Fe dalam fosfat alam Christmas terhadap pengikatan P.

Kadar P kolom tanah meningkat dengan meningkatnya takaran fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis dan SP-36, fenomena ini berkaitan dengan peningkatan kadar P dalam kolom tanah dengan semakin meningkatnya takaran P. Di antara sumber P, perlakuan fosfat alam Maroko memberikan kadar P dalam kolom tanah paling tinggi diikuti berturut-turut SP-36, Ciamis dan terendah Christmas. Fosfat alam Maroko dalam gambut memberikan kelarutan yang lebih tinggi kemudian diikuti fosfat alam Ciamis dan Christmas. Persentase kelarutan fosfat alam Maroko pada pengamatan 2, 4, 8 dan 12 minggu berturut-turut 9.91; 4.29; 6.59 dan 2.38%, pada fosfat alam Ciamis berturut-turut 2.44; 5.22; 4.68 dan 1.05%, sedangkan pada fosfat alam Christmas berturut-turut 3.21; 1.52; 1.14 dan 1.40% (Hartatik, 2003). Kelarutan fosfat alam Maroko cukup tinggi dibandingkan dengan kelarutan batuan fosfat (apatit) dalam air sekitar 5% (Chien, 1995). Fosfat alam Maroko merupakan karbonat fluorapatit (*francolit*) dari batuan sedimen yang mempunyai substitusi CO_3^{2-} yang lebih tinggi dari fosfat alam Ciamis dan Christmas (Lehr dan McClellan, 1972). Kelarutan fosfat alam meningkat sejalan dengan meningkatnya substitusi PO_4^{3-} oleh CO_3^{2-} dalam struktur *francolit*.

Kadar Fosfor dalam Air Cucian

Hasil analisis P pada air cucian menunjukkan bahwa perlakuan tanpa bahan amelioran memberikan P yang rendah yaitu sebesar 0.3 ppm P. Fenomena ini sejalan dengan kadar P tanah yang rendah, sehingga air luciannya memberikan kadar P yang rendah (Tabel 4).

Tabel 4. Kadar P dalam Air Cucian pada Perlakuan Berbagai Taraf Sumber P

No.	Perlakuan	P dalam air cucian		
		1	2	Rataan
		(ppm)		
1.	Kontrol - TM	0.10	0.50	0.30
2.	Kontrol	0.50	0.30	0.40
3.	Maroko 50%	4.30	0.60	2.45
4.	Maroko 100%	5.80	2.80	4.30
5.	Maroko 200%	3.80	2.30	3.05
6.	Christmast 50%	7.40	2.70	5.05
7.	Christmast 100%	0.70	1.70	1.20
8.	Christmast 200%	5.80	0.80	3.30
9.	Ciamis 50%	3.30	0.60	1.95
10.	Ciamis 100%	1.30	4.10	2.70
11.	Ciamis 200%	2.30	0.80	1.55
12.	SP-36 50%	4.30	6.50	5.40
13.	SP-36 100%	4.60	7.80	6.20
14.	SP-36 200%	4.00	6.90	5.45

Peningkatan takaran fosfat alam atau SP-36 sampai takaran 100% meningkatkan P dalam air cucian. Kadar P dalam air cucian tertinggi pada perlakuan SP-36, kemudian diikuti berturut-turut fosfat alam Christmas, Maroko dan Ciamis. SP-36 merupakan sumber P yang larut air sehingga kadar P dalam kolom tanah yang dapat tercuci semakin meningkat dibandingkan fosfat alam.

Kadar P dalam air cucian pada fosfat alam Maroko dan Ciamis lebih rendah dari SP-36 dan Christmas. Hal ini menunjukkan bahwa fosfat alam Maroko dan Ciamis di samping memberikan kadar P kolom tanah yang tinggi dan terakumulasi di atas, demikian juga P yang tercuci lebih rendah dibandingkan dengan SP-36. Fosfat alam Maroko dan Ciamis, walaupun mempunyai kelarutan yang tinggi, namun P yang terlarut dapat diikat oleh Fe sebagai jembatan kation, sehingga P dapat diakumulasi pada lapisan atas dan relatif sedikit P yang tercuci.

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Pemberian fosfat alam Maroko dan Ciamis pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral, setelah dilakukan pencucian menyebabkan P lebih banyak terakumulasi pada lapisan atas yang berarti meningkatkan ikatan P dalam tanah gambut, sehingga dapat mengurangi kehilangan P. Nisbah kadar P kolom tanah pada kedalaman 0-30 cm dengan 30- 60 cm untuk fosfat alam Maroko masing-masing pada takaran 50, 100 dan 200% erapan P adalah 1.54; 1.90 dan 2.79 dan untuk fosfat alam Ciamis 1.64; 1.76 dan 4.11.
2. Pemberian fosfat alam Christmas, P terakumulasi pada lapisan bawah yaitu pada kedalaman 30-40 cm, dengan nisbah kadar P kolom tanah pada kedalaman 0-30 cm dengan 30- 60 cm pada takaran 50, 100, dan 200% erapan P yaitu 1.05; 1.11 dan 1.38. P lebih banyak tercuci ke lapisan bawah. Tingginya kadar besi pada fosfat alam Christmas tidak memberikan kontribusi dalam peningkatan ikatan P pada tanah gambut.
3. Pemberian SP-36, walaupun P diakumulasi di lapisan atas, namun terjadi pencucian P yang lebih tinggi.

Saran

Perlu dilakukan penelitian serupa dengan menggunakan fosfat alam dari jenis Al(Fe)-P dengan kelarutan yang cukup tinggi, agar kontribusi besi berpengaruh nyata dalam peningkatan ikatan P.

DAFTAR PUSTAKA

Alexander, M. 1977. Introduction to Soil Microbiology. John Wiley and Sons Inc. New York.

Alloway, B. J. 1990. Heavy Metals in Soil. Blackie Academic and Professional. London.

Andriesse, J. P. 1974. Tropical peats in South East Asia. Dept. of Agric. Res of the Royal Trop. Inst. Comm. 63. Amsterdam. 63pp.

Chien, S.H. 1995. Seminar on the Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application. Pengedar Bahan Pertanian Sdn Bhd. Selangor, Malaysia.

--------. and S.J. van Kauwenberg. 1992. Chemical and mineralogical characteristic of phosphate rocks for direct application. *In* First National Seminar on phosphate Rock in Agriculture. Serie Carilance No.29, Institude de Investigaciones Agropecuarios, Temueo, Chile. p. 3-31.

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. 2003. Penggunaan Fosfat Alam dan SP-36 pada Tanah Gambut yang Diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral dalam Kaitannya dengan Pertumbuhan Tanaman Padi. Disertasi. Program Pascasarjana. Institut Pertanian Bogor.

Institut Pertanian Bogor. 1983. Kriteria Penilaian Kandungan Unsur dan Kemasaman Tanah Daerah Pasang Surut. IPB. Bogor

Khasawneh, F.E. and E.C. Doll. 1978. The use of rock phosphate for direct application to soils. Adv. In Agron., 30:159-206.

Laegreid, M., O.C. Bockman and O. Kaarstad. 1999. Agriculture, Fertilizers and the Environment. CABI Publishing, Norsk Hydro ASA.

Lehr, J.R. and G. H. McClellan. 1972. A Revised Laboratory Reactivity Scale for Evaluating Phosphate Rock for Direct Application. Bull. TVA. Alabama. p. 4-43.

Mattingly, G.E.G. 1985. Labile phosphate in soils. *In* Y.K Soon (ed.). Soil nutrient availability. Van nostrand ReinRoldco. New York.

McClellan, G. H. 1978. Mineralogy and reactivity of phosphate rock. Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. Haifa, Israel, March 20 –23. p. 57-81.

Miller, M. H. 1979. Contribution of nitrogen and phosphorus on subsurface drainage water from intensively cropped mineral and organic soils on Ontario. J. Environ. Qual., 8: 42-48.

Pusat Penelitian Tanah. 1998. Kriteria Penilaian Angka-angka Hasil Analisis. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.

Polak, B. 1949. The Rawa Lakbok (South Priangan, Java). Investigation into the composition of an eutrophic topogenous bog. Cont. Gen. Agr. Res. Sta. No. 8, Bogor, Indonesia.

Porter, P.S. and C.A. Sanchez. 1992. The effect of soil properties on phosphorus sorption by Everglades Histosols. Soil. Sci., 154:387-398.

Prasetyo, T. B. 1996. Perilaku Asam-asam Organik Meracun pada Tanah Gambut yang Diberi Garam Na dan Beberapa Unsur Mikro dalam Kaitannya dengan Hasil Padi. Disertasi. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

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

Rajan, S.S.S., J.H. Watkinson and A. G. Sinclair. 1996. Phosphate rock for direct application to soils. Adv. In Agron., 57:77-159.

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

Saragih, E. S. 1996. Pengendalian Asam-asam Organik Meracun dengan Penambahan Fe (III) pada Tanah Gambut Jambi, Sumatera. Thesis. Program Pascasarjana, Institut Pertanian Bogor.

Sediyarso. M. 1999. Fosfat Alam sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.

Stevenson, F.J. 1994. Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions. John Wiley and Sons Inc., New York.

Tadano, K.B. Ambak, K. Yonebayashi, T. Hara, P. Vijarnsorn, C. Nilnond, and S. Kawaguchi. 1990. Nutritional factors limiting crop growth in tropical peat soils. *In* Soil Constraints on Sustainable Plant Production in the Tropics. Proc. 24th Inter. Symp. Tropical Agric. Res., Kyoto.

Tan. K.H 1993. Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker Inc., New York. 362pp.

Tisdale, S.L., W.L. Nelson and J.D. Beaton. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. 4th ed. The Macmillan Publ. Co., New York. 694p.

Widjaja Adhi, K. Nugroho, D.A. Suriadikarta, dan A.S. Karama. 1992. Sumberdaya lahan rawa: potensi, keterbatasan dan pemanfaatan. *In* Pengembangan Terpadu Pertanian Lahan Rawa Pasang Surut dan Lebak. Risalah Pertemuan Nasional. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanaman Pangan, Departemen Pertanian.

Wild, A. 1950. The relation of phosphate by soil: A review . J. Soil Sci., 1:221-237.