

Kelarutan Fosfat Alam dan SP-36 dalam Gambut yang Diberi Bahan Amelioran Tanah Mineral

Solubility of Rock Phosphate and SP-36 in Peat Soils Amended with Mineral Soil

W. HARTATIK¹ DAN K. IDRIS²

ABSTRAK

Pemupukan fosfat alam pada gambut mempunyai prospek yang baik karena mudah larut dalam kondisi masam. Namun penelitian penggunaan fosfat alam pada tanah gambut, masih sangat terbatas. Tujuan penelitian ini adalah untuk mempelajari kelarutan fosfat alam dan SP-36 dalam gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral. Penelitian dilaksanakan di laboratorium Balai Penelitian Tanah Bogor. Penelitian terdiri atas dua kegiatan: 1) Kelarutan fosfat alam pada gambut. Bahan tanah gambut oligotropik dari Air Sugihan, Sumatera Selatan setara 100 g bobot kering oven 105°C diinkubasi selama 12 minggu dengan fosfat alam dari Maroko, Christmas, dan Ciamis. Perlakuan berupa 11 tingkat takaran fosfat alam, yaitu 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, dan 150 ppm P. Analisis P larut dengan metode biru molibdat dilaksanakan pada 2, 4, 8 dan 12 minggu setelah inkubasi. Kegiatan 2) Pemberian beberapa jenis fosfat alam atau SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral. Takaran P yang dicoba sebanyak 4 taraf (25, 50, 75, dan 100% erapan P) ditambah perlakuan kontrol parsial dan kontrol lengkap, diulang dua kali. Bahan tanah gambut yang digunakan setara 200 g bobot kering oven 105°C kemudian diberi bahan amelioran tanah mineral dengan takaran 7,5% erapan maksimum Fe, diinkubasi 12 minggu. P larut diukur dengan metode biru molibdat pada 1, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 minggu. Hasil percobaan menunjukkan bahwa dalam gambut, kelarutan fosfat alam Maroko lebih tinggi dari fosfat alam Ciamis, sementara kelarutan yang terendah ditunjukkan oleh fosfat alam Christmas. Kelarutan sumber P dalam tanah gambut yang telah diberi perlakuan bahan amelioran tanah mineral memberikan hasil yang sejalan dengan kelarutan fosfat alam dalam gambut, yaitu: SP-36 > fosfat alam Maroko > fosfat alam Ciamis > fosfat alam Christmas. Kelarutan P meningkat sampai minggu ke-8 dan selanjutnya menurun. Konsentrasi P larut akibat perlakuan pemberian fosfat alam atau SP-36 pada pengamatan 12 minggu setelah inkubasi berkisar 15,7-34,2 ppm P. Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas tinggi memberikan kelarutan yang cukup tinggi dalam gambut, sehingga dapat digunakan sebagai sumber P pada tanah gambut.

Kata kunci : Gambut, Ameliorasi, Pemupukan P, Kelarutan P

ABSTRACT

Rock phosphates application on peat soil has a good prospect because of its high solubility in acid condition. However, the study of the solubility of rock phosphate in peat soils is still limited. This study aimed to quantify the solubility of rock phosphate and the effects of some sources of rock phosphates and SP-36 in the peat soils, taken from South Sumatera amended with mineral soil. The study was conducted in the laboratory of Indonesian Soil Research Institute, in Bogor. The study consisted of two activities: 1) study on the solubility of some rock

phosphates (Marocco, Christmas, and Ciamis) in peat soils. For this study a 100 g of oven dried (105°C) peat soil for each treatment was used for this study. The treatments were eleven levels of P i.e. 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, and 150 ppm P applied to dried peat soils. The treated peat soils were then incubated for 2 weeks before analyses of soluble P was conducted. The molybdat blue method was used to analyze the samples at 2, 4, 8, and 12 weeks after the incubation. 2) The second study i.e. the application of some rock phosphates or SP-36 on the peat soils amended with mineral soils, four levels of P (25, 50, 75, and 100% of P sorption) plus partial and complete control treatments have been replicated twice. Two hundred grams of oven dried peat soils (105°C) amended with mineral soils at 7,5% maximum Fe sorption, incubated for four weeks, and then soluble P was analyzed using molybdat blue at 1, 2, 4, 6, 8, 10, and 12 weeks after incubation. The results showed that the order of rock phosphates solubility in peat soils was Marocco > Ciamis > Christmas. The solubility of P in peat soils amended with mineral soil and rock phosphates gave similar results as rock phosphate was in the order of SP-36 > Marocco > Ciamis > Christmas. Soluble P increased up to 8 weeks of incubation, and then decreased. The effect of soil mineral ameliorant and some rock phosphates application of soluble P at 12 weeks after the incubation around 15.7-34.2 ppm P. Rock phosphates that has high reactivity gave a high P solubility on peat soils so it that can be used as P sources in the peat soil.

Keywords : Peat, Amelioration, P fertilization, Solubility of P

PENDAHULUAN

Tanah gambut digolongkan ke dalam tanah marginal yang dicirikan oleh reaksi tanah yang masam hingga sangat masam, ketersediaan hara dan kejenuhan basa yang rendah serta kandungan asam-asam organik yang tinggi, terutama derivat asam fenolat yang bersifat racun bagi tanaman (Tadano *et al.*, 1990; Rachim, 1995; Prasetyo, 1996; Salampak, 1999).

Prospek penggunaan fosfat alam sebagai sumber P pada tanah gambut diharapkan cukup baik, karena fosfat alam mudah larut dalam kondisi masam serta dapat melepaskan fosfat secara lambat

1. Peneliti pada Balai Penelitian Tanah, Bogor.

2. Pengajar pada Departemen Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, IPB, Bogor.

(*slow release*), namun informasi penggunaan fosfat alam dan kelarutannya pada tanah gambut masih sangat terbatas.

Efektivitas pupuk fosfat alam yang digunakan dipengaruhi secara langsung oleh sifat fisik dan kimia pupuk, faktor tanah dan lingkungan serta faktor tanaman (Rajan *et al.*, 1996). Sifat kimia dan fisik pupuk yang penting adalah reaktivitas, kelarutan, dan ukuran butir pupuk. Khasawneh dan Doll (1978) mengemukakan bahwa peningkatan kelarutan fosfat alam akibat kehalusan butir pupuk hanya berlaku untuk fosfat alam yang reaktivitasnya tinggi dan tidak berlaku bagi fosfat alam yang tidak reaktif. Peningkatan kelarutan fosfat alam sudah tidak nyata bila ukuran butir < 100 mesh. Ciri-ciri tanah yang harus diperhatikan bila menggunakan pupuk fosfat alam, yaitu: kadar air tanah, kemasaman tanah, konsentrasi dan status Ca^{+2} dan P serta kadar bahan organik tanah.

Untuk penggunaan langsung fosfat alam dari batuan sedimen kualitasnya lebih baik daripada fosfat alam dari batuan metamorfosa dan batuan beku (Lehr and McLean, 1972). Kelarutan fosfat alam dalam gambut sangat menentukan efektivitas penggunaan fosfat alam dalam gambut. Efektivitas penggunaan fosfat alam sangat ditentukan oleh reaktivitas kimia, ukuran butir, sifat-sifat tanah, waktu dan cara aplikasi, takaran fosfat alam, jenis tanaman, dan pola tanam (Lehr and McClellan, 1972; Chien, 1995; Rajan *et al.*, 1996).

Penambahan bahan amelioran yang mengandung besi tinggi perlu dilakukan untuk meningkatkan ikatan P pada tanah gambut. Kation besi dari bahan amelioran tanah mineral dapat menimbulkan 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 bahan gambut.

Berdasarkan sifat fosfat alam yang mudah larut dalam kondisi masam dan lambat tersedia, serta kemampuan kation Fe yang terkandung dalam bahan amelioran tanah mineral dalam menurunkan reaktivitas asam-asam fenolat dan sebagai jembatan pengikat fosfat maka dilakukan penelitian ini yang

bertujuan mempelajari kelarutan beberapa jenis fosfat alam dan SP-36 dalam gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Bahan tanah gambut (Terric Sulfihemist) diambil dari Desa Sumber Mulyo, Air Sugihan Kiri, Sumatera Selatan yang merupakan gambut oligotropik dengan 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 tanah mineral (Typic Hapludox), diambil dari Desa Dwijaya, Kecamatan Tugumulyo, Sumatera Selatan. Fosfat yang digunakan adalah fosfat alam dari Maroko, Christmas, Ciamis, dan SP-36.

Metode

Penelitian ini terdiri atas dua percobaan. Percobaan pertama, dilakukan untuk mempelajari kelarutan beberapa jenis fosfat alam dalam tanah gambut (tanpa bahan amelioran), dan percobaan kedua dilakukan untuk mempelajari penggunaan beberapa jenis fosfat alam dan SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral terhadap P larut.

Kelarutan beberapa jenis fosfat alam pada tanah gambut

Percobaan kelarutan beberapa jenis fosfat alam dalam tanah gambut dilakukan dengan mencampur bahan tanah gambut dengan fosfat alam. Bahan tanah gambut yang digunakan setara 100 g bobot kering oven 105°C, sedangkan fosfat alam berasal dari Maroko, Christmas, dan Ciamis. Perlakuan terdiri atas 11 tingkat takaran fosfat alam yaitu 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 75, 100, 125, dan 150 ppm P. Bahan tanah gambut dan masing-masing fosfat alam dengan takaran sesuai perlakuan dicampur/diaduk hingga merata, diinkubasi dua minggu dalam keadaan tergenang, dengan tinggi genangan 5 cm dari permukaan tanah. Setelah

inkubasi dilakukan pengambilan larutan tanah dengan alat injeksi, untuk analisa P larut dengan metode biru molibdat pada 2, 4, 8, dan 12 minggu.

Penggunaan beberapa jenis fosfat alam atau SP-36 pada tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral

Perlakuan terdiri atas empat sumber pupuk P yaitu fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis, dan SP-36 dengan 4 taraf takaran pupuk P yaitu 25, 50, 75, dan 100% erapan P, 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 (100% erapan P). Untuk takaran 100% erapan P fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis, dan SP-36 masing-masing sebesar 133 mg pot⁻¹ (280 kg ha⁻¹), 123 mg pot⁻¹ (260 kg ha⁻¹), 108 mg pot⁻¹ (230 kg ha⁻¹), dan 104 mg pot⁻¹ (217 kg ha⁻¹).

Bahan tanah gambut setara 200 g bobot kering oven 105°C diberi bahan amelioran tanah mineral dengan takaran 7,5% erapan maksimum Fe yaitu 10,4 g pot⁻¹ atau setara 21,8 t ha⁻¹ (perhitungan ini berdasarkan kandungan Fe total bahan amelioran 6,1% dan kelarutan Fe sebesar 13%). Erapan maksimum Fe ditetapkan berdasar metode Fox dan Kamprath yang dimodifikasi oleh Widjaja-Adhi, Silva, dan Fox (1990). Dalam penentuan ini digunakan FeCl₃.6H₂O sebagai sumber Fe. Nilai erapan diperoleh dengan menginkubasi bahan tanah gambut selama 6 hari dengan larutan yang mengandung kation Fe⁺³, mulai dari konsentrasi terendah hingga tertinggi (0-1.600 ppm). Kelarutan Fe dihitung berdasarkan fraksionasi bentuk-bentuk Fe (Mathur dan Lavesque, 1983). Bahan tanah gambut setelah diberi bahan amelioran dan perlakuan pupuk diinkubasi empat minggu dalam keadaan tergenang dengan tinggi genangan lima cm dari permukaan tanah. Setelah inkubasi dilakukan pengambilan larutan tanah dengan alat injeksi, kemudian diukur P larutan dengan metode biru molibdat pada 1, 2, 4, 6, 8, 10, dan 12 minggu.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Ciri kimia tanah gambut

Hasil analisis pendahuluan terhadap ciri-ciri kimia bahan tanah gambut disajikan pada Tabel 1. Nilai pH H₂O berdasarkan kriteria yang diajukan oleh IPB (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 kehilangan pijar 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.

Berdasarkan kriteria IPB (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).

Tabel 1. Ciri kimia bahan tanah gambut dan bahan amelioran tanah mineral*Table 1. Chemical properties of peat and mineral soil ameliorant material*

Ciri tanah	Tanah gambut	Bahan amelioran tanah mineral
Tekstur		
Pasir (%)	-	5
Debu (%)	-	12
Liat (%)	-	83
pH		
H ₂ O	3,8	4,5
KCl	2,9	3,9
Bahan I		
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 _c kg ⁻¹ tanah)	119,66	9,11
Kation dapat dipertukarkan		
Ca (cmol _c kg ⁻¹ tanah)	17,61	0,55
Mg (cmol _c kg ⁻¹ tanah)	5,38	0,22
K (cmol _c kg ⁻¹ tanah)	0,22	0,10
Na (cmol _c kg ⁻¹ tanah)	0,71	0,14
Kejenuhan basa (%)	20	11
KCl 1N		
Al _{dd} (cmol _c kg ⁻¹ tanah)	1,4	4,35
H _{dd} (cmol _c 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 ₂ O ₃ ekstrak ditionit sitrat bikarbonat (%)		0,79
Mineral besi dominan		goetit
Kadar abu (%)	3,6	

Kapasitas tukar kation gambut 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, 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_c kg⁻¹ tanah, sedangkan kandungan Fe-total sebesar 0,17%. Secara umum kadar Cu, Zn, Mn, dan Fe yang

yang diekstrak dengan DTPA tergolong rendah. Rendahnya kation polivalen ini berkaitan dengan terbentuknya ikatan yang kuat antara kation (terutama Cu) dengan senyawa organik dari tanah gambut.

Pemberian bahan amelioran tanah mineral dapat menurunkan asam-asam fenolat agar tidak toksik melalui pembentukan senyawa kompleks logam organik. Selain itu, kation Fe berfungsi sebagai jembatan kation bagi P, sehingga P tidak mudah tercuci dalam tanah gambut. Hasil penelitian Saragih (1996) menunjukkan bahwa kation Fe mempunyai reaktivitas yang sangat tinggi terhadap asam ferulat.

Ciri kimia Oxisol 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 Taxonomi tanah termasuk sub group Typic Hapludox, sangat halus, kaolinitik, isohipertemik. Tanah mineral ini bertekstur liat. Berdasarkan analisis mineral liat dengan XRD menunjukkan mineral liat dominan adalah kaolinit dengan sedikit vermiculit.

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 tergolong rendah. Kejenuhan basa 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. Di sisi lain tanah mineral tersebut mengandung Fe total 6,1% dan Al_{dd} 4,35 $cmol_c\ kg^{-1}$ 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. 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

Tabel 2. Ciri kimia beberapa jenis fosfat alam yang digunakan dalam penelitian

Table 2. Chemical properties of some rock phosphates used in the experiment

No.	Ciri kimia	Satuan	Hasil analisis		
			Maroko	Christmas	Ciamis
1.	Kadar unsur hara fosfor sebagai P_2O_5				
	Total (asam mineral)	% b/b	28,04	30,22	34,38
	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)				
	Al_2O_3	% b/b	0,29	14,77	1,43
	Fe_2O_3	% b/b	0,15	6,30	0,39
5.	Kadar air	% b/b	1,09	1,65	2,88
5.	Kehalusan lolos 80 mesh tyler	% b/b	60	80	80
6.	Kandungan logam				
	Mangan (Mn)	ppm	5	619	1680
	Seng (Zn)	ppm	651	414	4746
	Tembaga (Cu)	ppm	28	76	558
7.	Cemaran logam berat				
	Cadmium (Cd)	ppm	59	25	12
	Chrom (Cr)	ppm	375	322	22
	Timbal (Pb)	ppm	tu	tu	tu

Keterangan : Semua analisis atas dasar bahan kering
tu = tidak terukur

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 deposit*) 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 karbonat kalsium-fosfat (francolit). Fosfat alam Christmas merupakan batuan terfosfatasi dari guano yang dalam pembentukannya terjadi akumulasi Al dan Fe fosfat (Chien and 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 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 and Doll, 1978).

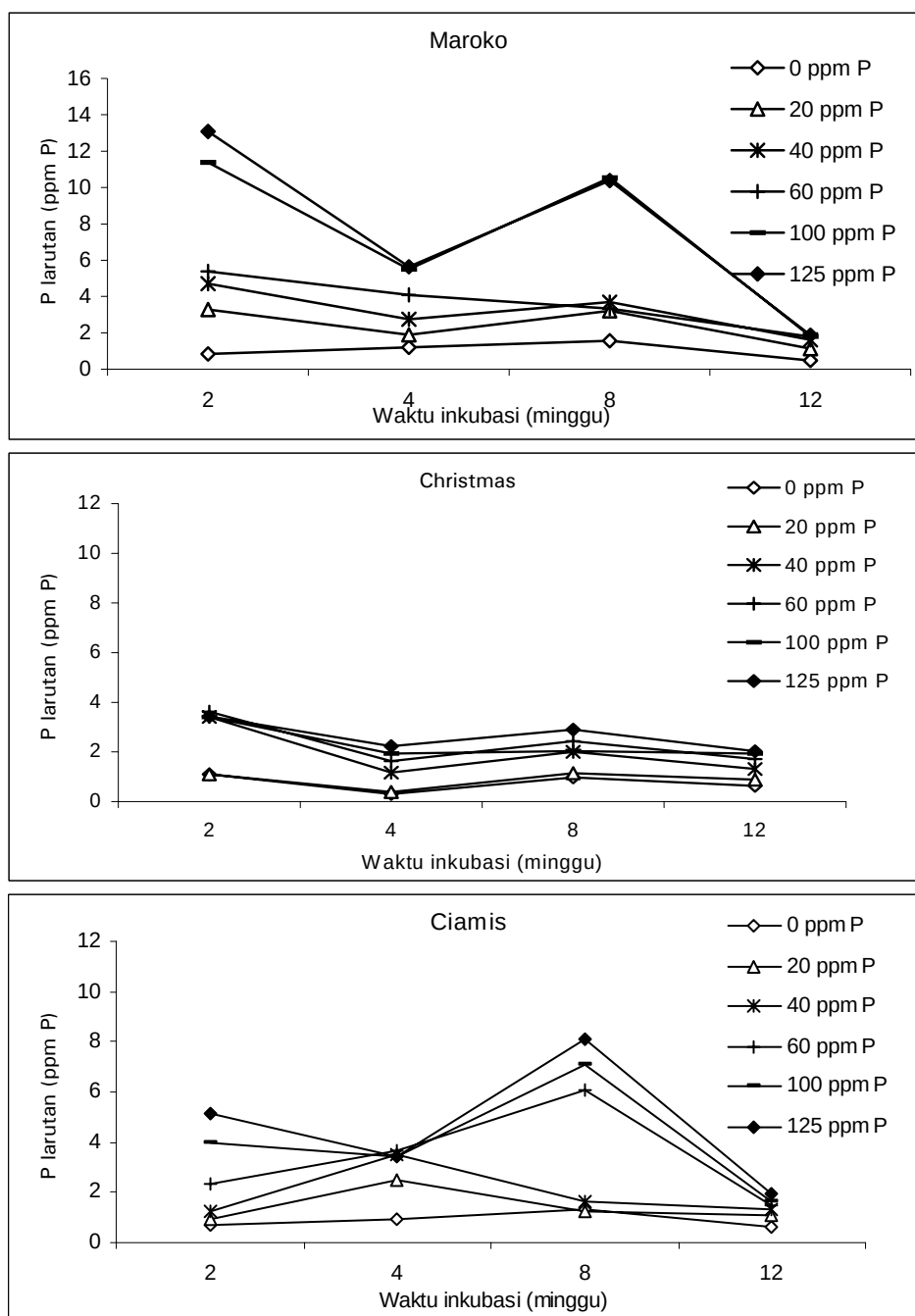
Kadar Mn, Cu, dan Zn fosfat alam Ciamis lebih tinggi dari fosfat alam Christmas dan Maroko. Sediyarso (1999) dan Rachim (1995) melaporkan bahwa fosfat alam dari Indonesia mempunyai kadar Cu dan Zn lebih tinggi. Adanya kadar Mn, Cu, dan Zn yang lebih tinggi pada fosfat alam Ciamis menguntungkan untuk 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 02-3776-2005), fosfat alam Maroko, Ciamis, dan Christmas tergolong fosfat alam mutu (kualitas) A.

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 mg kg^{-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 rata-rata Cr dalam batuan fosfat yaitu 770 mg kg^{-1} P.

Kelarutan beberapa jenis fosfat alam dalam gambut

Secara umum keragaan P larutan fosfat alam Maroko, Ciamis dan Christmas dalam gambut menurun pada pengamatan 4 minggu, kemudian meningkat kembali pada 8 minggu, selanjutnya pada pengamatan 12 minggu terjadi penurunan kembali (Gambar 1).

Pola P larutan yang menurun pada 4 minggu berkaitan erat dengan pH tanah yang meningkat, peningkatan pH ini menyebabkan semakin meningkat erapan gambut terhadap fosfat melalui jembatan



Gambar 1. Pola kelarutan fosfat alam Maroko, Christmas, dan Ciamis dalam gambut

Figure 1. Trend of solubility rock phosphates Marocco, Christmas, and Ciamis on peat soil

kation besi. Sedangkan keragaan P larutan fosfat alam Ciamis meningkat sampai takaran 60 ppm P, penambahan takaran selanjutnya menurunkan P larutan dan sebaliknya pada pengamatan 8 minggu

sampai takaran 50 ppm P terjadi penurunan dan penambahan takaran selanjutnya meningkatkan P larutan. Secara umum pada pengamatan 8 minggu terjadi peningkatan kembali P larutan, hal ini diduga

berkaitan erat dengan sifat lambat tersedia dari fosfat alam, selain itu kelarutan fosfat alam dipengaruhi oleh suplai H^+ untuk melemahkan ikatan kimia kristal fosfat alam. Pada tanah gambut sumber H^+ berasal dari disosiasi asam-asam organik, dimana derajat ionisasi asam-asam organik rendah (Tan, 1993).

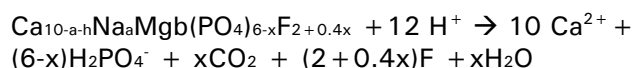
Pada pengamatan 12 minggu terjadi penurunan P larutan untuk semua takaran P. Hal ini diduga adanya pengikatan oleh kation Ca dan Mg dalam bahan tanah gambut yang cukup tinggi. Kation Ca dan Mg sebagai jembatan kation antara tapak reaktif gambut dengan P. Secara umum konsentrasi P larutan dalam gambut fosfat alam Maroko paling tinggi, kemudian diikuti dengan fosfat alam Ciamis dan Christmas.

Kelarutan fosfat alam dalam gambut menunjukkan bahwa fosfat alam Maroko memberikan kelarutan yang lebih tinggi kemudian diikuti fosfat alam Ciamis dan Christmas (Tabel 3 dan 4). Hal ini ditunjukkan dari konsentrasi P larutan dalam tanah gambut fosfat alam Maroko paling tinggi, kemudian diikuti fosfat alam Ciamis dan Christmas. 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 (Muljadi, 1997). Kelarutan fosfat alam meningkat dengan meningkatnya substitusi CO_3^{2-} untuk PO_4^{3-} dalam struktur francolit. Besarnya CO_3^{2-} yang mensubstitusi PO_4^{3-} berpengaruh besar terhadap reaktivitas atau kelarutan francolit. Makin besar substitusi PO_4^{3-} oleh CO_3^{2-} makin tinggi reaktivitas pupuk fosfat alam. Pengaruh tersebut karena terjadinya perpendekan sumbu a dari mineral hexagonal francolit (Lehr and McClean, 1972). Fosfat alam Maroko mempunyai panjang sumbu a sebesar $9,342 \text{ \AA}$ dan Christmas sebesar $9,389 \text{ \AA}$ (International Fertilizer Development Center, 1975; Chien and Van Kauwenberg, 1992).

Walaupun ciri kimia kelarutan fosfat alam Ciamis dalam asam sitrat lebih tinggi, namun kelarutan dalam tanah gambut ternyata lebih rendah

dari fosfat alam Maroko. Fenomena ini perlu dikaji lebih lanjut untuk mendapatkan sampai sejauh mana hubungan kelarutan fosfat alam dalam asam sitrat dan dalam gambut. Walaupun ukuran butir fosfat alam Maroko lebih kasar ternyata lebih larut dibandingkan dengan fosfat alam Ciamis dan Christmas, hal ini karena fosfat alam Maroko mempunyai reaktivitas kimia yang lebih tinggi dari fosfat alam Ciamis dan Christmas, sehingga peningkatan kelarutan fosfat alam akibat kehalusan butir pupuk tidak terlihat.

Proses pelarutan fosfat alam di dalam tanah dapat digambarkan dengan reaksi :



Reaksi di atas menunjukkan bahwa ketersediaan H^+ (proton) dan penurunan kadar hasil reaksi berupa Ca^{+2} serta $H_2PO_4^-$ sangat diperlukan agar proses pelarutan fosfat alam dapat berjalan optimal. Chien (1979) menyatakan bahwa dalam proses kimia di atas, H^+ berperan untuk melemahkan ikatan kimia pada permukaan kristal fracolit, oleh karena itu fosfat alam mempunyai kelarutan yang tinggi hanya dalam tanah bereaksi masam.

Pengaruh pemberian bahan amelioran tanah mineral dan beberapa jenis fosfat alam/SP-36 terhadap kelarutan P

Perlakuan pemberian bahan amelioran tanah mineral memberikan fosfat larut yang lebih rendah dibandingkan tanpa pemberian bahan amelioran. Hal ini karena penggunaan bahan amelioran tanah mineral yang mengandung kation polivalen seperti Fe, Al dan Cu mampu meningkatkan erapan P pada tanah gambut melalui pembentukan senyawa kompleks kation logam-organik, sehingga dapat mengurangi pencucian fosfat. Salampak (1999) melaporkan bahwa pemberian bahan amelioran tanah mineral mengurangi pencucian fosfat, kadar P dalam kolom tanah terakumulasi pada lapisan atas.

Tabel 3. Konsentrasi P larutan beberapa jenis fosfat alam dalam gambut*Table 3. Concentration of P soluble some rock phosphate on peat soil*

Takaran P	Konsentrasi P larutan											
	Maroko				Christmas				Ciamis			
	Waktu pengamatan (minggu)											
	2	4	8	12	2	4	8	12	2	4	8	12
..... ppm												
0	0,85	1,20	1,57	0,47	1,10	0,30	0,93	0,63	0,69	0,94	1,31	0,63
10	2,28	1,72	3,14	0,93	1,21	0,34	0,21	0,79	0,77	1,72	2,58	0,43
20	3,29	1,89	3,22	1,13	1,10	0,39	1,14	0,88	0,95	2,53	1,25	1,06
30	3,78	2,66	3,25	1,40	3,43	0,77	0,37	0,90	1,08	4,03	1,51	0,99
40	4,70	2,75	3,70	1,62	3,40	1,16	2,00	1,31	1,25	3,51	1,63	1,33
50	4,77	3,35	4,82	1,78	3,63	1,29	4,00	1,56	2,02	4,12	1,85	1,40
60	5,37	4,08	3,33	1,78	3,63	1,63	2,43	1,71	2,36	3,63	6,09	1,47
75	6,69	5,33	2,22	1,78	3,31	1,68	5,18	1,60	3,53	3,31	6,34	1,76
100	11,37	5,50	10,54	1,80	3,40	1,93	2,04	1,94	4,00	3,40	7,12	1,62
125	13,07	5,63	10,37	1,87	3,43	2,24	2,90	2,03	5,16	3,43	8,11	1,92
150	15,38	6,15	8,66	2,12	2,73	2,41	2,34	2,48	5,89	2,73	10,08	2,05

Tabel 4. Persentase kelarutan fosfat alam dalam gambut*Table 4. Solubility percentage of rock phosphates on peat soil*

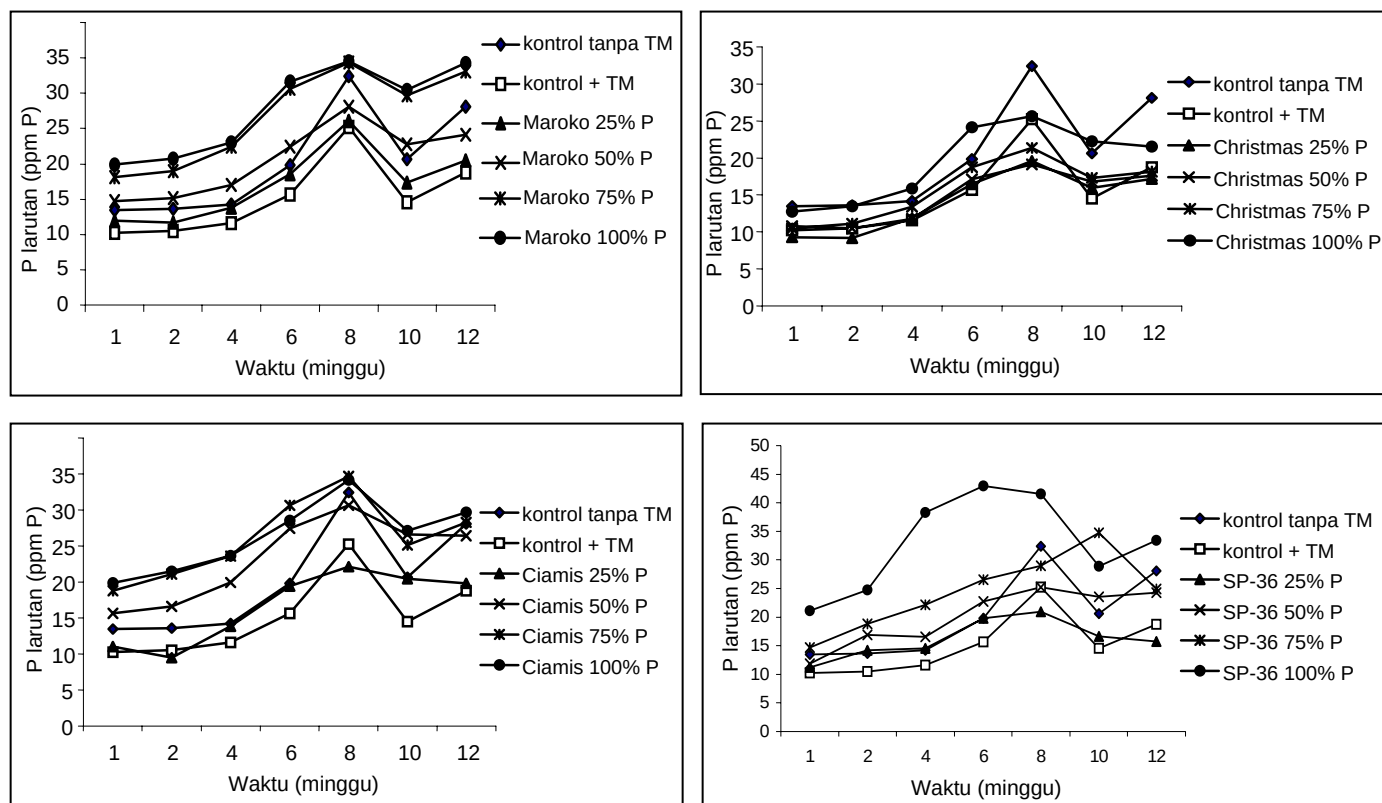
Takaran P	Persentase kelarutan fosfat alam											
	Maroko				Christmas				Ciamis			
	Waktu pengamatan (minggu)											
	2	4	8	12	2	4	8	12	2	4	8	12
ppm	%											
10	14,33	5,16	15,70	4,51	1,09	0,43	-7,66	1,58	0,86	7,83	12,71	-2,03
20	12,20	3,44	8,235	3,27	0,00	0,43	0,84	1,24	1,29	7,95	-0,28	2,14
30	9,77	4,73	5,61	3,08	7,76	1,58	-1,99	0,90	1,29	10,30	0,69	1,20
40	9,63	3,87	5,33	2,88	5,76	2,15	2,57	1,69	1,40	6,44	0,79	1,75
50	7,83	4,30	6,51	2,62	5,06	1,98	6,06	1,85	2,67	6,36	1,08	1,53
60	7,54	4,80	2,93	2,18	4,22	2,22	2,43	1,80	2,79	4,48	7,98	1,39
75	7,79	5,50	0,87	1,74	2,96	1,83	5,61	1,29	3,78	3,16	6,70	1,50
100	10,52	4,30	8,97	1,33	2,31	1,63	1,07	1,31	3,31	2,46	5,81	0,99
125	9,78	3,54	7,04	1,12	1,86	1,55	1,54	1,12	3,58	1,99	5,44	1,03
150	9,69	3,30	4,72	1,10	1,09	1,40	0,91	1,23	3,47	1,19	5,85	0,95
Rataan	9,91	4,29	6,59	2,38	3,21	1,52	1,14	1,40	2,44	5,22	4,68	1,05

Pemberian bahan amelioran menyebabkan kadar P dalam kolom tanah terakumulasi pada lapisan atas, dan P dalam air cucian menurun (Hartatik, 2004).

Keragaan fosfat larut yang diberi perlakuan bahan amelioran tanah mineral dan fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis, dan SP-36 sejalan dengan keragaan kelarutan fosfat alam tanpa bahan amelioran tanah mineral. Pada awal pengamatan terjadi pelarutan fosfat secara bertahap. Fosfat larut

meningkat dengan bertambahnya waktu pengamatan delapan minggu, kemudian menurun pada pengamatan 10 minggu, selanjutnya meningkat kembali pada pengamatan 12 minggu (Gambar 2).

Kelarutan fosfat alam dalam gambut dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral terjadi peningkatan kelarutan P sampai 8 minggu, hal ini diduga berkaitan erat dengan sifat lambat tersedia dari fosfat alam, selain itu kelarutan fosfat alam



Gambar 2. Pola P larutan akibat pemberian bahan amelioran tanah mineral (TM) dan fosfat alam Maroko, Christmas, Ciamis, dan SP-36, setelah inkubasi empat minggu pada tanah gambut

Figure 2. Trend of P soluble treated by ameliorant material mineral soil and Marocco, Christmas, Ciamis rock phosphate, and SP-36, after four weeks incubation on peat soil

dipengaruhi oleh suplai H^+ . Sedangkan penurunan kelarutan P berkaitan erat dengan pH tanah yang meningkat, peningkatan pH ini menyebabkan semakin meningkat erapan gambut terhadap fosfat melalui jembatan kation besi. Pola kelarutan fosfat alam ini berimplikasi terhadap ketersediaan P dan pemanfaatan oleh tanaman.

Pola kelarutan fosfat alam ini agak berbeda dengan pola kelarutan fosfat alam North Carolina pada tanah mineral, kelarutan P meningkat sampai pengamatan satu minggu, dengan bertambahnya waktu peningkatannya semakin rendah (Kanabo and Gilkes, 1988). Purnomo (2002) melaporkan bahwa kelarutan fosfat alam Ciamis pada Typic Hapludox Sitiung menunjukkan kelarutan yang cepat pada awal inkubasi sampai satu minggu mencapai 90%.

Konsentrasi fosfat larut paling tinggi pada perlakuan pemberian bahan amelioran dan SP-36, kemudian fosfat alam Maroko, Ciamis dan terendah Christmas. Konsentrasi fosfat larut berkaitan erat dengan kelarutan fosfat alam/SP-36. Pupuk SP-36 merupakan sumber P yang mudah larut, selanjutnya diikuti fosfat alam Maroko, Ciamis, dan Christmas. Fosfat alam Christmas memberikan fosfat larut yang lebih rendah, hal ini sejalan dengan kelarutan P_2O_5 dalam asam sitrat 2% yang paling rendah dari Ciamis dan Maroko, serta fosfat alam Christmas kurang reaktif yang ditunjukkan adanya substitusi CO_3^{2-} untuk PO_4^{3-} yang lebih rendah dan sumbu a yang lebih panjang (Chien and Van Kauwenberg, 1992).

Peningkatan takaran fosfat alam Maroko, Ciamis, Christmas, dan SP-36 sampai 100% erapan

maksimum P meningkatkan fosfat larut. Peningkatan fosfat larut ini berkaitan erat dengan peningkatan takaran fosfat dari 25 sampai 100% erapan maksimum P. Peningkatan takaran fosfat menyebabkan jumlah fosfat yang terlarut lebih banyak.

KESIMPULAN

1. Kelarutan fosfat alam dalam gambut menunjukkan bahwa fosfat alam Maroko lebih tinggi dari Ciamis dan kelarutan terendah Christmas.
2. Kelarutan pupuk P dalam tanah gambut yang diberi perlakuan bahan amelioran tanah mineral memberikan hasil yang sejalan dengan kelarutan fosfat alam tanpa bahan amelioran dalam gambut yaitu SP-36 > fosfat alam Maroko > Ciamis > Christmas.
3. Umumnya P larut meningkat sampai pengamatan delapan minggu, selanjutnya terjadi penurunan kembali. Konsentrasi P larutan akibat perlakuan pemberian fosfat alam atau SP-36 pada pengamatan 12 minggu setelah inkubasi berkisar 15,7-34,2 ppm P.
4. Fosfat alam yang mempunyai reaktivitas tinggi memberikan kelarutan yang cukup tinggi sehingga dapat digunakan sebagai sumber P pada tanah gambut.

DAFTAR PUSTAKA

- 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. 63p.
- Chien, S.H. 1979.** Dissolution of phosphate rocks in solutions and soils. *In* Seminar on Phosphate Rock for Direct Application. International Fertilizer Development Center. Muscle Shoals, Alabama U.S.A.
- _____. **1995.** Seminar on the Use of Reactive Phosphate Rock for Direct Application. International Fertilizer Development Center. Muscle Shoals, Alabama U.S.A.
- Chien, S.H and S.J. Van Kauwenberg. 1992.** Chemical and mineralogical characteristic of phosphate rocks for direct application. Pp 3-31. *In* First National Seminar on phosphate Rock in Agriculture. Serie Carilance No. 29, Institute de Investigaciones Agropecuarios, Temueo, Chile.
- Hartatik, W., K. Idris, S. Sabihah, S. Djunawati, dan J.S. Adiningsih. 2004.** Peningkatan ikatan P dalam kolom tanah gambut yang diberi bahan amelioran tanah mineral dan beberapa jenis fosfat alam. *Jurnal Tanah dan Lingkungan* 6(1):22-30.
- International Fertilizer Development Center. 1975.** Fertilizer Manual. IFDC, Muscle Shoals, Alabama, USA.
- Institut Pertanian Bogor. 1983.** Kriteria Penilaian Kandungan Unsur dan Kemasaman Tanah Daerah Pasang Surut. IPB. Bogor.
- Kanabo, I. and R.J. Gilkes. 1988.** The effect of particle size of North Carolina phosphate rock on its dissolution in soil and on levels of bicarbonate-soluble phosphorus. *Fert. Res* 15:137-145.
- Khasawneh, F.E. and E.C. Doll. 1978.** The use of rock phosphate for direct application to soils. *Adv. In Agron.* 30:59-206.
- 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.* 4-43. TVA. Alabama. U.S.A.
- Mathur, S.P. and M.P. Lavesque. 1983.** The effect of using copper for mitigating Histosol subsidence on: 2. The distribution of Cu, Mn, Zn and Fe in an organik soil, mineral sublayers and their mixtures in the context of setting a treshhold of phytotocix soil copper. *J. Soil Sci.* 135(3):166-176.
- McClellan, G.H. 1978.** Mineralogy and reactivity of phosphate rock. *Seminar on Phosphate Rock for Direct Application.* Haifa, Israel, March 20-23:57-81.

- Muljadi, D. 1997.** Sifat khusus pupuk P alam bermutu untuk aplikasi langsung pada tanah masam di daerah Tropika. Lokakarya Penggunaan Pupuk Fosfat Alam Berkualitas Tinggi untuk Mendorong Peningkatan Produksi Tanaman Pangan dan Perkebunan pada Tanah Masam. Banjarmasin, 19 September 1997.
- 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.
- Purnomo, J. 2002.** Pengaruh Fosfat Alam dan Bahan Organik terhadap Kelarutan Pupuk, Ciri Kimia Tanah, dan Efisiensi Pemupukan P pada Typic Hapludox Sitiung Sumatera Barat. Tesis Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor.
- Pusat Penelitian Tanah. 1998.** Kriteria Penilaian Angka-Angka Hasil Analisis. Pusat Penelitian Tanah, Bogor.
- 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.
- Tadano, T., 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. 1993.** Principles of Soil Chemistry. Marcel Dekker, Inc. New York. 362p.
- 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, I P.G., J.A. Silva, and R.L. Fox. 1990.** Assesment of external P requirement of maize on Paleudults and Eustrustox. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 9: 14-20.