

PENGARUH MACAM SENYAWA PENJERAP DAN SUMBER PUPUK P TERHADAP DAYA PENYEDIAAN HARA BAHAN GAMBUT

Masganti

BPTP Kalimantan Tengah, Palangka Raya

ABSTRAK

Pertumbuhan tanaman pangan di tanah gambut berkaitan erat dengan kemampuan tanah gambut menyediakan hara. Semakin tinggi kemampuan tanah gambut menyediakan hara, semakin baik pertumbuhan tanaman. Sebuah penelitian berskala laboratorium telah dilaksanakan untuk menentukan macam senyawa penyerap fosfat dan sumber pupuk P yang efektif meningkatkan daya penyediaan hara bahan gambut saprik yang diperoleh dari Bereng Bengkel, Palangka Raya, Kalimantan Tengah. Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dari bulan September hingga November 2001. Perlakuan yang diuji dalam penelitian ini meliputi (1) macam senyawa penyerap fosfat: CaCO_3 ; CaSO_4 ; CaCl_2 ; MgCO_3 ; MgSO_4 ; MgCl_2 ; K_2CO_3 ; K_2SO_4 ; KCl ; Na_2CO_3 ; Na_2SO_4 ; dan NaCl , dan (2) sumber pupuk P yakni SP36 dan fosfat alam. Perlakuan ditata dalam Rancangan Acak Lengkap dengan tiga ulangan. Pengamatan dilakukan terhadap sifat bahan gambut dan kadar Ca, Mg, K, dan Na dalam bahan gambut. Hasil penelitian menunjukkan bahwa kadar Ca, Mg, K, dan Na dalam bahan gambut sangat dipengaruhi oleh macam senyawa penyerap fosfat dan sumber pupuk P yang digunakan serta interaksinya. Daya penyediaan hara bahan gambut yang tertinggi dicapai dengan penggunaan CaCO_3 dan fosfat alam.

PENDAHULUAN

Pemanfaatan tanah gambut sebagai lumbung pangan nasional terkendala oleh sifat-sifat negatif tanah bagi pertumbuhan dan produksi tanaman pangan, sehingga potensinya belum dapat dimanfaatkan secara maksimal. Kemampuan tanah gambut menyediakan hara bagi tanaman tergolong rendah (Widjaja-Adhi, 1988; Suryanto, 1994; Salampak, 1999). Kehilangan unsur hara dari pupuk akibat pelindian merupakan sesuatu yang sering terjadi pada tanah gambut, sehingga jumlah hara yang tersedia bagi tanaman menjadi rendah. Tanah gambut yang alami dilaporkan hanya mampu menyimpan hara tidak lebih 25% dari jumlah pupuk yang diberikan. Keadaan ini menyebabkan tanaman pangan memerlukan input pupuk yang lebih banyak, terutama P untuk menghasilkan bahan pangan dalam jumlah tertentu (Masganti, 2003).

Unsur-unsur hara dalam tanah gambut mudah tercuci oleh air lindi, baik karena curah hujan yang tinggi maupun pergerakan pasang surut air di permukaan sungai. Unsur-unsur hara dalam tanah gambut terikat oleh senyawa-senyawa organik dengan kekuatan ikatan yang lemah (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994). Kemampuan tanah gambut menyediakan hara tergantung dari komposisi hara dalam kompleks pertukaran (Maas *et al.*, 1991; Suryanto, 1994) dan dinamika hara (Soepardi, 1983; Marschner, 1986). Oleh karena itu memperkuat ikatan antara unsur hara dengan koloid organik gambut melalui penggunaan senyawa penjerap merupakan langkah penting untuk meningkatkan daya penyediaan hara tanah gambut.

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

Penelitian ini bertujuan untuk menentukan macam senyawa penjerap dan sumber pupuk P yang efektif meningkatkan daya penyediaan hara bahan gambut saprik.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Tanah, Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Gadjah Mada, Yogyakarta dari bulan September hingga November 2001. Sampel bahan gambut dengan tingkat kematangan saprik berasal dari Bereng Bengkel, Palangka Raya, Kalimantan Tengah, diambil pada kedalaman 0-70 cm.

Perlakuan yang diuji meliputi (1) macam senyawa penjerap: CaCO_3 ; CaSO_4 ; CaCl_2 ; MgCO_3 ; MgSO_4 ; MgCl_2 ; K_2CO_3 ; K_2SO_4 ; KCl ; Na_2CO_3 ; Na_2SO_4 ; dan NaCl , dan (2) sumber pupuk P yakni SP36 dan fosfat alam. Perlakuan ditata dalam rancangan acak lengkap dengan tiga ulangan.

Bahan gambut saprik setara 100 g berat lembab berkadar air sekitar 105% (Masganti *et al.*, 2003) dicampur dengan berbagai macam senyawa menggunakan takaran setara 0,75 kemasaman tertukar ($5,34 \text{ cmol}(+).\text{kg}^{-1}$) yang disetarakan dengan Ca, kemudian diberi pupuk P dengan takaran $30 \mu\text{g.g}^{-1}$ P. Bahan gambut selanjutnya dipindahkan ke dalam tabung plastik (paralon) berjari-jari 3,5 cm yang diberi alas kertas saring.

Bahan gambut diberi aquades hingga kadar airnya mencapai kapasitas lapang dan diletakkan di atas gelas plastik. Bahan gambut selanjutnya diinkubasi selama satu minggu. Selama inkubasi, kadar air kapasitas lapang dipertahankan. Satu minggu setelah pemberian senyawa penjerap dan pupuk P, bahan gambut dilindi menggunakan aquades dengan volume 200 ml untuk setiap kali pelindian yang dilakukan sebanyak lima kali selama penelitian.

Kadar Ca, Mg, K, dan Na dalam bahan gambut sesuai kation senyawa penjerap yang digunakan ditetapkan pada akhir penelitian. Kadar Ca, Mg, K, dan Na ditetapkan dengan metode NH_4OAc 1,0 N AAS (Tadesse *et al.*, 1991), selanjutnya ekstraknya diukur pada *atomic absorption spectrophotometer* (AAS), masing-masing diukur pada λ 422,7 nm, 285,3 nm, 766,9 nm dan 489 nm menurut Houba *et al.* (1995). Daya penyediaan hara adalah kadar hara dalam bahan gambut pada akhir penelitian, dinyatakan dalam satuan $\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$ (Maas *et al.*, 2000; Masganti, 2003).

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

HASIL DAN PEMBAHASAN

Sifat Kimia Bahan Gambut

Bahan gambut yang digunakan dalam penelitian ini menurut Rachim (1995) tergolong sangat masam (Tabel 1). Media tumbuh dengan tingkat kemasaman demikian menjadi kendala dalam pengembangan tanaman pangan karena menyebabkan terbatasnya daya penyediaan hara tanah gambut (Widjaja-Adhi, 1988; Suryantoro, 1994; Salampak, 1999). Angka tersebut sesuai dengan hasil yang dilaporkan oleh Suryanto (1994), Saragih (1996), dan Salampak (1999).

Tanah gambut dilaporkan mempunyai kemampuan yang rendah dalam menyimpan P. Rendahnya daya simpan P bahan gambut diyakini sebagai penyebab rendahnya daya penyediaan hara, khususnya P bahan gambut (Suryanto, 1994; Salampak, 1999; Masganti, 2003). Tabel 1 menunjukkan bahwa bahan gambut saprik hanya mampu menyimpan P sebanyak 11,26% dari total pupuk P yang diberikan. Ini berarti jika bahan gambut saprik yang alami dipupuk dengan $30 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ P hanya sekitar $3,4 \mu\text{g}\cdot\text{g}^{-1}$ P yang tertinggal dalam bahan gambut, selebihnya terbawa oleh air lindian. Hasil ini tidak berbeda dengan hasil yang dilaporkan Maas *et al.* (1991), Suryanto (1994), dan Salampak (1999). Bahan gambut tersusun dari senyawa-senyawa organik yang bermuatan negatif (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994) seperti halnya bentuk P yang

tersedia dalam larutan tanah (Soepardi, 1983; Marschner, 1986), sehingga P mudah tercuci oleh air lindian.

Terbatasnya jumlah koloid anorganik dalam tanah gambut dilaporkan sebagai salah satu penyebab rendahnya daya simpan P (Stevenson, 1994; Tan, 1994). Keadaan ini menyebabkan jumlah P yang dapat diikat atau disimpan oleh bahan gambut menjadi terbatas. Hasil analisis dalam Tabel 1 memperlihatkan bahwa kadar abu bahan gambut saprik tergolong rendah, sehingga kemampuan bahan gambut menjerap P menjadi rendah.

Kadar basa-basa dalam bahan gambut juga menentukan kemampuan bahan gambut menjerap P. Tabel 1 menunjukkan bahwa kadar unsur-unsur basa dalam bahan gambut tergolong rendah (Rachim, 1995). Hasil ini sejalan dengan hasil yang dilaporkan oleh Suryanto (1994), Saragih (1996), dan Salampak (1999). Gambut pedalaman yang oligotrofik biasanya miskin unsur-unsur hara, termasuk basa-basa (Hardjowigeno, 1997; Widjaja-Adhi, 1997; Sitorus *et al.*, 1999).

Jumlah amelioran atau bahan pembenah yang diperlukan untuk menciptakan kondisi lingkungan tumbuh yang baik bagi tanaman, tergambar dari jumlah kemasaman tertukar dalam tanah (Stevenson, 1994; Tan, 1994). Semakin tinggi kadar kemasaman tertukar dalam tanah, semakin banyak bahan pembenah tanah yang diperlukan untuk menetralsir sumber kemasaman tersebut. Tabel 1 menunjukkan bahwa bahan gambut saprik mempunyai kadar kemasaman tertukar yang tinggi.

Tabel 1. Sifat-sifat kimia bahan gambut saprik Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah.

No.	Sifat-sifat kimia	Hasil analisis
1.	pH H ₂ O (1 : 5)	3,72
2.	Daya jerap (%)	11,26
3.	Kadar abu (%)	1,74
4.	Ca-tertukar (cmol(+).kg ⁻¹)	1,17
5.	Mg-tertukar (cmol(+).kg ⁻¹)	0,61
6.	K-tertukar (cmol(+).kg ⁻¹)	0,36
7.	Na-tertukar (cmol(+).kg ⁻¹)	0,74
8.	Kemasaman tertukar (cmol(+).kg ⁻¹)	7,12

Sumber : Rachim, 1995.

Daya Penyediaan Hara Bahan Gambut

Menurut Maas *et al.* (2000), dan Masganti (2003), daya penyediaan hara bahan gambut adalah kemampuan bahan gambut secara kuantitatif menyediakan

hara setelah dipupuk dan dilindi. Semakin tinggi kadar hara dalam bahan gambut, semakin tinggi daya penyediaan hara bahan gambut, sehingga dalam penelitian ini kadar Ca, Mg, K, dan Na-tertukar dalam bahan gambut pada akhir penelitian merupakan gambaran langsung dari daya penyediaan hara bahan gambut. Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa macam senyawa penjerap, jenis pupuk P dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap daya penyediaan hara bahan gambut.

Bahan gambut yang mendapat perlakuan kation Ca mempunyai daya penyediaan hara paling tinggi, diikuti Mg, K, dan Na paling rendah. Bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa karbonat mempunyai daya penyediaan hara paling tinggi, diikuti bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa sulfat, sedang daya penyediaan hara bahan gambut yang dipupuk dengan senyawa klorida paling rendah. Daya penyediaan hara bahan gambut yang dipupuk dengan fosfat alam lebih tinggi dari bahan gambut yang dipupuk dengan SP36 (Tabel 2). Hal ini disebabkan adanya perbedaan kemampuan bahan gambut menyimpan hara (Masganti, 2003).

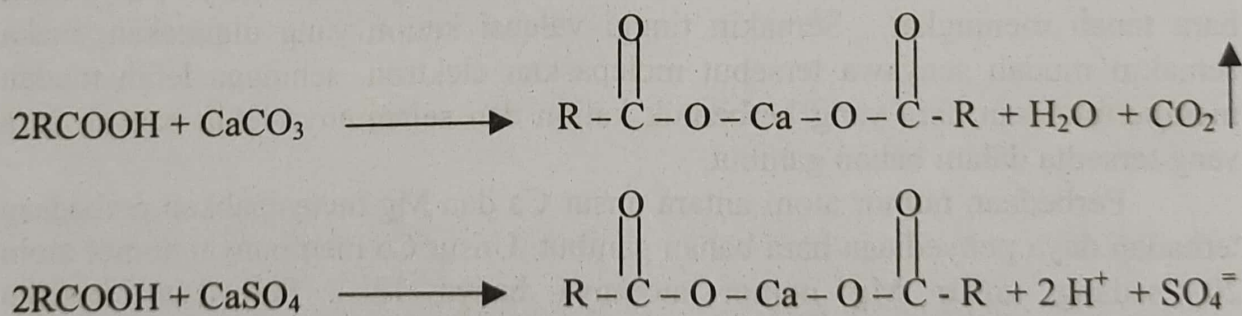
Kemampuan kation dalam senyawa penjerap menekan jumlah kehilangan hara akibat pelindian ditentukan oleh dua hal yakni (1) valensi unsur dan (2) nomor atom unsur (Schnitzer dan Skinner 1967; Baes dan Bloom, 1988; Zhu dan Alva, 1993). Di antara kation-kation yang diuji dalam penelitian ini, Ca dan Mg merupakan kation *divalen*, sedang dua kation lainnya merupakan kation yang *mono valen*, sehingga daya penyediaan hara kedua kation divalen tersebut lebih tinggi dari kation-kation monovalen. Menurut Nir (1986), perubahan kation dalam senyawa dari monovalen menjadi divalen menyebabkan daya penyediaan hara tanah meningkat. Semakin tinggi valensi kation yang digunakan, maka semakin mudah senyawa tersebut melepaskan elektron, sehingga lebih mudah mempertukarkan hara yang berbentuk kation dan selanjutnya lebih banyak hara yang tersedia dalam bahan gambut.

Perbedaan nomor atom antara unsur Ca dan Mg menyebabkan perbedaan terhadap daya penyediaan hara bahan gambut. Unsur Ca mempunyai nomor atom 20, sedang unsur Mg nomor atomnya hanya 12. Perbedaan tersebut menyebabkan energi ionisasi atau potensial ionisasi Ca lebih rendah, sehingga kemampuan melepas elektron lebih tinggi. Keadaan ini menyebabkan bahan gambut yang diberi Ca cenderung bermuatan lebih positif dibandingkan dengan bahan gambut yang diberi Mg (Nir *et al.*, 1986; Tan, 1998), sehingga mampu menyediakan hara lebih banyak. Nir *et al.* (1986) menjelaskan bahwa lebih rendahnya daya penyimpanan hara kation Na dibanding kation K disebabkan kekuatan mengikat kation Na lebih rendah dari kation K.

Macam anion dalam senyawa juga menentukan daya penyediaan hara bahan gambut. Dalam penelitian ini diperoleh urutan daya penyediaan hara

bahan gambut berdasarkan anion yang menjadi pasangan kation dalam senyawa adalah sebagai berikut : anion karbonat menyebabkan bahan gambut menyediakan hara lebih banyak dibanding anion sulfat, sedang senyawa yang anionnya bersumber dari klorida menyebabkan bahan gambut menyediakan hara paling sedikit. Hasil penelitian ini tidak berbeda dengan hasil yang dilaporkan Bolt (1967), Ray *et al.* (1986), Maas *et al.* (1991), dan Tan (1998). Senyawa yang tersusun dari anion yang bervalensi lebih tinggi lebih mudah melepaskan elektronnya (Nir *et al.*, 1986; Tan, 1998), sehingga kemampuan bahan gambut menyimpan hara lebih besar dan selanjutnya menyebabkan daya penyediaan hara bahan gambut meningkat.

Meskipun senyawa karbonat dan sulfat sama-sama bervalensi dua, akan tetapi daya penyediaan hara bahan gambut yang diberi senyawa karbonat lebih tinggi (Tabel 2). Hal ini disebabkan perbedaan berat molekul kedua anion senyawa tersebut. Berat molekul anion senyawa karbonat adalah 60, sedang berat molekul anion senyawa sulfat adalah 96. Keadaan ini menyebabkan senyawa karbonat lebih mudah melepaskan elektron, sehingga mampu menyediakan hara lebih banyak. Selain itu, reaksi antara CaCO_3 dengan bahan gambut tidak menyebabkan penurunan pH bahan gambut, sedang reaksi antara CaSO_4 dengan bahan gambut menyebabkan penurunan pH bahan gambut yang ditandai dengan produksi ion H^+ (lihat reaksi). Menurut Soepardi (1983), Tisdale dan Nelson (1985), dan Marschner (1986) penurunan pH menyebabkan berkurangnya ketersediaan Ca, Mg, K dan Na dalam tanah. Berikut reaksi CaCO_3 dan CaSO_4 dengan bahan gambut dalam hal ini diwakili gugus karboksilat sebagai berikut:



Perbedaan sumber pupuk P yang digunakan menyebabkan perbedaan terhadap daya penyediaan hara bahan gambut. Bahan gambut yang dipupuk dengan fosfat alam menyediakan hara lebih banyak dibanding bahan gambut yang dipupuk dengan karena SP36 lebih mudah larut dalam air. Keadaan ini dapat dimaklumi karena fosfat alam mengandung unsur-unsur Ca dan Mg (Tisdale dan Nelson, 1985; Wahidah, 2001). Unsur-unsur tersebut dapat memperkuat ikatan antara unsur hara dengan koloid organik bahan gambut (Bloom, 1981; Mattingly, 1985; Stevenson, 1994), sehingga kadar hara yang

tersedia dalam bahan gambut lebih banyak. Selain itu kandungan hara Ca dan Mg dalam fosfat alam dapat meningkatkan ketersediaan Ca dan Mg dalam bahan gambut (Suryanto, 1994; Novpriansyah, 1999). Kombinasi penggunaan antara CaCO_3 dengan fosfat alam menyebabkan daya penyediaan hara bahan gambut saprik menjadi maksimal.

Tabel 2. Pengaruh macam senyawa penjerap dan sumber pupuk P terhadap daya penyediaan hara bahan gambut saprik Bereng Bengkel ($\text{cmol}(+)\cdot\text{kg}^{-1}$)

Macam senyawa penjerap	Sumber pupuk P		Rata-rata
	SP36	Fosfat alam	
Unsur Ca			
CaCO_3	3,31 c *	4,34 a	3,83 k
CaSO_4	2,97 d	3,83 b	3,40 l
CaCl_2	2,55 e	3,43 c	2,99 m
Rata-rata	2,94 y	3,89 x	3,41
Unsur Mg			
MgCO_3	2,36 cd	3,41 a	2,89 k
MgSO_4	2,06 d	2,87 b	2,47 l
MgCl_2	1,70 e	2,55 bc	2,13 m
Rata-rata	2,04 y	2,94 x	2,50
Unsur K			
K_2CO_3	1,72 cd	2,72 a	2,22 k
K_2SO_4	1,47 d	2,24 b	1,86 l
KCl	1,09 e	1,96 bc	1,53 m
Rata-rata	1,43 y	2,31 x	1,87
Unsur Na			
Na_2CO_3	1,97 c	2,74 a	2,36 k
Na_2SO_4	1,46 d	2,32 b	1,89 l
NaCl	1,02 e	1,99 c	1,51 m
Rata-rata	1,49 y	2,35 x	1,93

* Angka dalam kolom yang sama yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata menurut DMRT taraf 1%.

KESIMPULAN

1. Macam senyawa penjerap, sumber pupuk P dan interaksinya sangat berpengaruh terhadap daya penyediaan hara bahan gambut.
2. CaCO_3 merupakan senyawa paling efektif meningkatkan daya penyediaan hara bahan gambut, sedangkan fosfat alam merupakan sumber pupuk P yang dapat meningkatkan daya penyediaan hara bahan gambut lebih tinggi dari SP36.
3. Daya penyediaan hara bahan gambut yang paling tinggi diperoleh dengan penggunaan CaCO_3 dan fosfat alam.

DAFTAR PUSTAKA

- Baes, A. V., dan P. R. Bloom. 1988. Exchange of alkaline earth cations in soil organic matter. *Soil Sci.* 146(1): 6-14.
- Bloom, P. R. 1981. Phosphorus adsorption by an aluminium-peat complex. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 45(2): 267-272.
- Bolt, G. H. 1967. Adsorption of anion by soil. *Dalam* Bolt, G. H, dan M. G. M. Bruggenwert (Eds.). *Soil Chemistry, A Basic Element*. Elsevier, Amsterdam. Hal: 91-95
- Gomez, K. A., dan A. A. Gomez. 1993. *Statistical Procedures for Agricultural Research*. 2nd Ed. John Willey & Sons, New York. 680 halaman.
- Hardjowigeno, S. 1997. Pemanfaatan gambut berwawasan lingkungan. *Alami* 2(1): 3-6.
- Houba, V. J. G., Van Der Lee, dan I. Novozamky. 1995. *Soil and Plant Analysis : A Series of Sillaby Part 5B, Soil Analysis Procedure, Other Procedures*. Department of Soil Science and Plant Nutrition, Wageningen Agricultural University, Wageningen. 262 halaman.
- Maas, A., M. Dradjad, R. Sutanto, M. S. Hidayat, S. A. Siradz, dan S. Soekodarmodjo. 1991. Sematan P oleh tanah gambut dari Kalimantan Barat dan Jawa Tengah. Laporan Hasil Penelitian. Fakultas Pertanian UGM, Yogyakarta. 19 halaman.

- Maas, A., S. Kabirun, dan H. U. Sri Nuryani. 2000. Laju dekomposisi gambut dan dampaknya pada status hara pada berbagai tingkat pelindian. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan* 2(1): 23-32.
- Marschner, H. 1986. Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press, Horcouth Brace Javanovich Publ. 674 halaman.
- Masganti, T. Notohadikusumo, A. Maas, dan B. Radjaguguk. 2003. Ukuran minimum cuplikan dalam pelindian fosfat bahan gambut. *J. AgriPeat* 4(2): 55-60.
- Masganti. 2003. Kajian Upaya Meningkatkan Daya Penyediaan Fosfat dalam Gambut Oligotrofik. Disertasi. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 355 halaman.
- Mattingly, G. E. G. 1985. Labile phosphate in soil. Dalam Soon, Y. K. (Ed.). *Soil Nutrients Availability*. Van Nostrand Reinhold Co. New York. Hal: 156-170.
- Nir, S., D. Hirsch, J. Navrot, dan A. Banin. 1986. Spesific adsorption of Lithium, Sodium, Potassium, and Strontium to montmorillonite: observations and predictions. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(1): 40-44.
- Nir, S. 1986. Spesific and nonspecific cation adsorption to clay: solution concentrations and surface potentials. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 50(1): 52-57.
- Novpriansyah, H. 1999. Ketersediaan P dari berbagai pupuk P akibat pemberian kapur pada tanah podsolik Jasinga dan pengaruhnya terhadap pertumbuhan tanaman jagung. *J. Tanah Tropika* 5(9): 15-22.
- Rachim, A. 1995. Penggunaan Kation-kation Polivalen dalam Kaitannya dengan Ketersediaan Fosfat untuk Meningkatkan Produksi Jagung pada Tanah Gambut. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor. 268 halaman.
- Rahardjo, M., R. Fathan, dan S. Roechan. 1984. Pengaruh fosfat dan pengapuran terhadap pertumbuhan dan serapan hara jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 4(1): 3-7.
- Ray, W. R., J. J. Hasset, dan R. A. Griffin. 1986. Competitive interactions of phosphate and molybdate on arsenate adsorption. *Soil Sci.* 142(4): 203-210.

- Salampak. 1999. Peningkatan produktivitas tanah gambut yang disawahkan dengan pemberian bahan amelioran tanah mineral berkadar besi tinggi. *Disertasi*. Program Pascasarjana IPB. Bogor. 171 halaman.
- Saragih, E. S. 1996. Pengendalian asam-asam fenolat meracun dengan penambahan Fe(III) pada tanah gambut dari Jambi, Sumatera. *Tesis*. Program Pascasarjana IPB, Bogor. 172 halaman.
- Schnitzer, M., dan S. I. M. Skinner. 1967. Organic-metallic interaction in soils: stability constants of Pb^{2+} , Cu^{2+} , Co^{2+} , Ca^{2+} , and Mg^{2+} -fulvic acid complexes. *Soil Sci.* 103(4): 247-252.
- Sitorus, S. R. P., Sriharyati, M. Selari, dan H. Subagyo. 1999. Pola penyebaran tanah gambut dan sifat-sifat tanah antara beberapa sungai utama pada areal pengembangan lahan gambut satu juta hektar propinsi Kalimantan Tengah. *Agrista* 4(1): 50-63.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Dept. Ilmu-ilmu Tanah, Faperta, IPB. Bogor.
- Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry : Genesis, composition and reaction*. Second Edition. John Willey & Sons Inc., New York. 496 halaman.
- Suryanto. 1988. Sifat dan Watak kimiawi gambut lapis atas dari Pontianak, Kalbar. Bahan Kongres I Himpunan Gambut Indonesia dan Seminar Nasional Gambut I. Yogyakarta, 9-10 September 1988. 16 halaman.
- Suryanto. 1994. Improvement of the P nutrient status of tropical ombrogenous peat soils from Pontianak, West Kalimantan, Indonesia. *Phd Thesis*. Universiteit Gent. 216 halaman.
- Sutoro, Y. Sulaiman, dan Iskandar. 1988. Budidaya tanaman jagung. *Dalam Jagung*. Puslitbangtan, Bogor. Halaman: 48-67.
- Tadesse, T. I. Haque, dan E. A. Aduayi. 1991. Working Document No. B13. Soil, Plant, Water, Fertilizer, Animal Manure & Compost Analysis Manual. Soil Science and Plant Nutrition Section, International Livestock Centre for Africa, Addis Ababa, Ethiopia. 260 halaman.

- Tan, K. H. 1994. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc., New York. 304 halaman.
- Tan, K. H. 1998. Dasar-dasar Kimia Tanah. Diterjemahkan oleh Goenadi, D. H. Cetakan kelima. Universitas Gadjah Mada University Press, Yogyakarta. 295 halaman.
- Tisdale, S. L., dan W. L. Nelson. 1985. Soil fertility and fertilizers. 4th Ed. Mac-Millan Publishing Co., 754 halaman.
- Wahidah, S. P. 2001. Pengaruh pemberian bahan organik dan batuan fosfat terhadap ketersediaan dan efisiensi serapan P oleh tanaman jagung di Ultisol. Tesis. Program Pascasarjana UGM, Yogyakarta. 76 halaman.
- Widjaja-Adhi, I. P. G. 1988. Masalah tanaman di lahan gambut. Makalah Disajikan dalam Pertemuan Teknis Penelitian Usahatani Menunjang Transmigrasi. Cisarua, Bogor, 27-29 Februari 1988. 16 halaman.
- Widjaja-Adhi, I. P. G. 1997. Pengelolaan lahan rawa dan gambut untuk usahatani dalam pembangunan berkelanjutan dan berwawasan lingkungan. *Alami* 2(1): 28-35.
- Zhu, B., dan A. K. Alva. 1993. Differential adsorption of trace metals by soil as influenced by exchangeable cation and ionic strength. *Soil Sci.* 155(1): 61-66.