

PROBLEM FIKSASI FOSFOR PADA TANAH BERKEMBANG LANJUT (ULTISOLS DAN OXISOLS) DAN ALTERNATIF MENGATASINYA

Nurjaya

Balai Penelitian Tanah, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian
Jl. Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114
nurjaya_2608@yahoo.com

ABSTRAK

Penyebaran tanah Ultisol dan Oxisol di Indonesia cukup luas, antara lain di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya. Tanah didominasi oleh gipsit, kaolinit dan oksida-oksida besi dan aluminium. Kekahatan unsur hara P, K, Ca dan Ca serta kemasaman tinggi dan kadar bahan organik rendah merupakan pembatas kesuburan tanah. Produktivitas tanah Ultisol/Oxisol yang rendah karena fiksasi P yang tinggi yang dipengaruhi diantaranya oleh jenis mineral sekunder geotite dan gipsit, serta kandungan mineral liat 1:1. Pada tanah Ultisol/Oxisol ketersediaan P terdapat pada kisaran antara 0,07 – 0,2 ppm. Upaya untuk mengatasi fiksasi P yang tinggi adalah dengan cara pemberian bahan organik, baik dalam bentuk segar, pupuk kandang atau kompos. Kandungan asam-asam organik di dalamnya mempunyai gugus yang sangat reaktif terhadap kompleks jerapan P dapat mengatasi fiksasi P oleh tanah. Pemberian bahan organik dapat memperbaiki sifat-sifat kimia tanah seperti C-organik, N-total, K-total dan meningkatkan ketersediaan hara P dalam tanah sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman.

Kata kunci: bahan organik, erapan, fosfat, Ultisols, Oxisols

ABSTRACT

Ultisols and Oxisols spreading is quite wide in Indonesia, such as in Sumatera, Kalimantan, Sulawesi and Irian Jaya. These lands are generally dominated by gibbsite, kaolinite, iron oxides and aluminum. The deficiency of nutrients P, K, Ca and Mg, soil acidity and the low levels of soil organic matter content is limiting soil fertility. Ultisols and Oxisols productivity are low due to the high P fixation. P fixation is affected by the type of secondary minerals of goethite and gibbsite, as well as the total content of clay mineral 1:1. In Ultisols and Oxisols the availability of P are in the range between 0.07 to 0.2 ppm. An attempt to overcome the high P fixation is by providing organic matter, either in the fresh form, manure or compost. The organic acids contained in it has a very reactive group to P sorption complex which able to overcome P fixation by soil. Organic matter could improve soil chemical properties such as C-organic, N-total, K-total and increase the availability of P in the soil that could increase crop productivity.

Keywords: organic matter, fixation, phosphat, Ultisols, Oxisols

PENDAHULUAN

Penyebaran tanah Ultisol di Indonesia cukup luas meliputi areal seluas 45,794 juta ha atau 24,3% sedangkan tanah Oxisol penyebarannya lebih sempit hanya seluas 14,110 juta ha atau 7,5% dari seluruh luas daratan Indonesia, antara lain di Sumatera, Kalimantan, Sulawesi dan Irian Jaya (Puslibang Tanah dan Agroklimat, 2004). Ultisol

dan Oxisol merupakan tanah yang sudah berkembang lanjut, di Indonesia banyak ditemukan di daerah dengan bahan induk bantuan liat. Ultisol mempunyai horison diagnostik argilik dengan kejenuhan basan <35% sedangkan pada Oxisol mempunyai horison penciri oksik yang telah mengalami pelapukan kimia-fisika sangat lanjut, KTK liat sangat rendah dan mineral mudah lapuk tinggal sedikit hingga habis sama sekali (Hardjowigeno, 1993; Rachim dan Arifin, 2011).

Ciri khas Ultisol adalah nilai pH tanah rendah, persentase kejenuhan basa rendah dan kandungan aluminium dapat ditukar tinggi (Buol *et al.*, 1980; Koch *et al.*, 1992). Pada kondisi masam, P yang dilepaskan dalam larutan tanah akan beraksi cepat sekali dengan Al atau Fe membentuk senyawa yang tidak larut (Lee *et al.*, 1990).

Tanah yang berkembang lanjut (tua), liat didominasi oleh gibsit, kaolinit dan oksida-oksida besi dan aluminium. Sebagian liat mempunyai kapasitas tukar anion atau bermuatan positif dan cadangan mineral sangat rendah (Suharta, 1995). Tanah berkembang lanjut tercermin pada sifat fisik, kimia, dan mineraloginya. Umumnya mempunyai nilai KTK rendah, akumulasi seskuioksida dan horison oksidik. Dua sifat terakhir dicerminkan oleh kadar besi tinggi oksida dan aluminium hidroksida tinggi dalam tanah (Goenadi dan Tan, 1989). Kapasitas adsorpsi P oleh tanah secara umum dipengaruhi oleh kandungan liat, Al-bebas dan Fe-oksida, p;H, kekuatan ion larutan tanah, beban organik, dan mineralogy tanah (White, 1981).

Sumber P dalam tanah ditentukan oleh susunan mineral primer dan sekunder (bahan induk), sedangkan ketersediaannya tergantung pada pH, jumlah ion dan senyawa AL-Fe, Mn, Ca, kadar bahan organik, Cu dan Zn serta suhu dan kelembaban (Tisdale *et al.*, 1985; Lindsay, 1971; Black, 1976). Intensitas penyematan fosfor pada tanah dengan berbagai susunan mineralogy tanah berturut-turut dari yang tinggi sampai yang rendah adalah sebagai berikut: Oksida amorf (alofan, imogolit) > Oksida Kristalin (Gibsit, goethite dll) > Liat 2 : 1 (Sanchez, 1976). Menurut Buckman dan Brady (1980) fiksasi P dalam tanah pada pH>5 sampai pH<8 dilakukan oleh hidro-oksida Fe, Al dan Mn baik dalam bentuk amorf maupun kristalin seperti limonit dan goetit dengan jumlah P yang difiksasi mineral tersebut dalam tanah masam melebihi pengendapan yang disebabkan oleh kation Fe, Al dan Mn dapat larut. Fiksasi P oleh bentuk hidro-oksida tersebut dalam tanah pada kisaran pH yang relatif lebar.

Rendahnya kadar P dalam tanah serta terjadinya fiksasi P yang tinggi merupakan permasalahan yang aktual pada tanah yang berkembang lanjut. Pemupukan P pada tanah ini harus mempertimbangkan ketersediaan P dalam tanah dan fiksasi P yang tinggi, serta kebutuhan hara tanaman merupakan suatu pendekatan yang rasional agar diperoleh pertumbuhan dan hasil yang optimum.

Faktor Yang Mempengaruhi Ketersediaan P Dalam Tanah

Ultisol merupakan tanah yang telah berkembang lanjut, karena faktor curah hujan tinggi menyebabkan terjadinya pencucian Ca, Mg dan K keluar dari kompleks pertukaran digantikan oleh Al, (Sanchez, 1976; Amonim, 1988). Al dapat tukar akan bereaksi dengan air melepaskan ion H⁺ ke dalam larutan tanah yang menyebabkan terjadinya peningkatan kemasaman tanah (Bohn *et al.*, 1979). Masalah utama pada tanah-tanah masam adalah kekahatan P, fiksasi P yang tinggi dan keracunan Al, Mn dan kadang-kadang Fe. Kekahatan P pada umumnya disebabkan terikatnya unsur-unsur tersebut secara kuat pada seperti mineral liat tipe 1 : 1 dan oksida-oksida Al dan Fe, maupun reaksi antara P dengan Al, sehingga unsur P tidak tersedia untuk tanaman (Radjagukguk, 1983).

menggunakan pendekatan hasil uji tanah dimana P optimum dalam keseimbangan larutan tanah berkisar antara 0,07-0,2 ppm P untuk tanaman jagung. Kemudian menurut Sanchez (1976) kadar P dalam larutan tanah 0,2 ppm dianggap sudah cukup untuk kebutuhan P tanaman selama pertumbuhan.

Mekanisme Fiksasi P Dalam Tanah

Pupuk super fosfat yang diberikan ke dalam tanah masam, diawali dengan Bergeraknya air ke dalam butiran dan melarutkan beberapa monokalsium fosfat menjadi dikalsium fosfat dan asam fosfat bebas. Larutan yang bereaksi dengan butiran tersebut mempunyai pH 1 - 1,5 melarutkan senyawa aluminium, besi, dan magnesium di dalam partikel tanah. Dalam tanah masam, aluminium dan besi bereaksi dengan P membentuk Al-P dan Fe-P yang tidak larut (Sanchez, 1976).

Pada tanah masam (Ultisol/Oxisol) ion H_2PO_4 yang berasal dari pupuk super fosfat tidak hanya bereaksi dengan besi, aluminium dan mangan, tetapi juga dengan hidrous oksida tidak larut seperti limonit dan goetit. Jumlah P yang difiksasi oleh mineral ini dalam tanah masam melebihi yang disebabkan oleh pengendapan kimia oleh kation-kation Fe, Al dan Mn dapat larut. Mekanisme fiksasi oleh senyawa ini terjadi dalam kisaran pH yang relatif lebar (Buckman dan Brady, 1980). Makin tinggi oksida Fe dan oksida Al, makin tinggi daya fiksasi P. Makin tinggi kandungan Al dapat ditukar akan makin besar daya fiksasinya. Menurut perhitungan Coleman (1960) dalam Sanchez (1976) 1 meq Al dapat ditukar dapat memfiksasi kira-kira 70 ppm P dengan cara ini Al diendapkan menjadi bentuk tidak larut.

Fox dan Kamprath (1970) memperkenalkan salah satu metode untuk menentukan jumlah P yang dijerap tanah berdasarkan tingkat kesetimbangan P dalam tanah yang dianggap cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman. Dalam metode ini contoh tanah seberat 3 g masing-masing dimasukkan kedalam 10 deret tabung sentrifusi, kemudian ditambahkan 30 ml larutan $CaCl_2$ 0,01 M yang masing-masing mengandung beberapa tingkat konsentrasi P dengan kisaran dari 0 – 4.000 mg P/kg tanah dalam bentuk KH_2PO_4 . Kemudian dikocok selama 30 menit 2 kali sehari selama 6 hari. Pada hari ke 6 larutan di centrifuge dengan kecepatan 27.000 rpm selama 10 menit. Setelah disentrifusi larutan P ditetapkan dengan molibden dan diukur dengan spectrophotometer. Konsentrasi 0,1 ppm P dalam larutan merupakan P eksternal, yaitu konsentrasi P yang cukup untuk pertumbuhan tanaman (Sanchez, 1976). Kurva jerapan P dibuat dengan cara memplot jumlah P yang ditambahkan dengan konsentrasi P dalam larutan tanah, pada kertas grafik semi logaritma Fox dan Kamprath (1970).

Jerapan P Dalam Tanah Berkembang Lanjut

Tanah kaolinitik termasuk Oxisol dan Ultisol dapat memfiksasi 500-1.000 ppm P kecuali pada tanah bertekstur kasar dan tanah montmorilonitik serta tanah kalkareous hanya sekitar 100 ppm P (Sanchez, 1976). Hal ini menunjukkan bahwa permasalahan

hara P pada tanah ini sangat menonjol sehingga perlu dilakukan upaya-upaya yang serius untuk mengatasinya.

Table 1. Jumlah P yang dijerap pada berbagai jenis mineralogi tanah untuk mencapai kadar larut tanah 0,1 dan 0,2 ppm dalam tanah Inseptisol, Ultisol, Oksisol dan Andept.

Tanah	Jenis mineralogy	Liat (%)	P yang dijerap (ppm)		
			Jerapan Maksimum	0,1 ppm dalam larutan tanah	0,2 ppm dalam larutan tanah
Inseptisol	Montmorilonit	27	106	65	83
Ultisol	Kaolinit	38	480	285	360
Oxiols	Kaolinit	36	531	310	395
Oxisol	Kaolinit	78	-	720	900
Andept	Allofan	11	1050	500	670

Sumber: Rivera-House (1971) an University of South Karoline (1973) dalam Sanchez (1976)

Tabel 2. Jumlah jerapan maksimum P berdasarkan jenis mineral liat yang terdapat dalam Ordo Inseptisol, Ultisol, Oksisol dan Andept.

Tanah	Jenis mineral	Jerapan maksimum (ppm)
Khromuster	Montmorilonit	300
Haplustoks	Kolinit	500
Haplustoks	Kaolinit	525
Haplustoks	Kaolinit	725
Tropohumult	Kaolinit, Gibsit	670
Tropohumult	Gibsit, Goethite	1320

Sumber: Fox *et al.*, (1971) dalam Sanchez (1976)

Hasil penelitian Rivera-House (1971) dan Universitas Negara Bagian Karolina Utara (1973) dalam Sanchez (1976) melaporkan bahwa, jumlah P yang dijerap pada tanah Ultisol yang didominasi mineral kaolinit untuk mencapai 0,1 dan 0,2 ppm dalam larutan tanah masing-masing diperlukan sebanyak 285 dan 360 ppm P, sedangkan tanah Andept (Andisol) yang didomisasi mineral alofan masing-masing memerlukan 500 dan 670 ppm P (Tabel 1). Menurut Fox *et al.*, (1971) dalam Sanchez (1976) jumlah P yang dijerap tanah Ultisol didominasi mineral kaolinit – gibbsit, dan gibbsit-goetit untuk mencapai jerapan maksimum, jumlah P yang dijerap masing-masing sebanyak 670 dan 1.320 ppm p (Tabel 2).

Peranan Bahan Organik Dalam Meningkatkan Ketersediaan P Dalam Tanah

Untuk meningkatkan ketersediaan P atau mengurangi kemungkinan fiksasi P, beberapa peneliti berpendapat bahwa usaha dapat dilakukan antara lain dengan pemberian bahan organik (Soepardi, 1984). Menurut Stevenson (1994) melalui interaksi bahan humat dengan Al, Al dalam larutan tanah menjadi tidak aktif, sehingga fiksasi fosfat dapat dikurangi, sehingga ketersediaan P dalam tanah meningkat. Berdasarkan kelarutannya dalam asam dan alkali, Stevenson (1994) mengklasifikasikan fraksi humat ke dalam (1) asam humat, (2) asam fulvat, (3) humin, dan (4) asam hematomelanat. Asam humat dan fulvat aktif dalam reaksi-reaksi kimia karena mempunyai gugus fungsional karboksil dan phenol.

Hasil penelitian Moshi *et al.* (1974) dalam Hue (1991) diperoleh bahwa jumlah pupuk P yang diperlukan untuk mencapai 0,2 mg P/L dalam larutan pada tanah Oxisol dari Kenya, menurun dari 90 menjadi 22 kg P/ha bila karbon organik tanah meningkat dari 3,8% menjadi 6,8% pada lapisan olah tanah. Kemudian Hue (1991) melaporkan bahwa pemberian asam organik (asam malat) pada tanah Andisol, Oxisol dan Ultisol Hawaii, efektif mengurangi jerapan P sehingga secara nyata dapat meningkatkan efisiensi pemupukan P. Hasil penelitian lebih lanjut oleh Iyamuremye *et al.*, (1996) di tanah Ultisol, pemberian pupuk organik dalam bentuk serasah Alfalfa dapat meningkatkan pH, menurunkan Al dapat diktukar dan menurunkan kapasitas jerapan.

Mekanisme meningkatnya ketersediaan P sehingga tidak terjerap oleh hidroksida Al menurut Bolt (1967) yaitu, bahan organik dapat berperan sebagai anion organik menjadi pesaing pada kompleks jerapan P yang aktif sehingga fiksasi P dapat dikurangi. Gugus bermuatan negatif asam organik dapat memblokir gugus $\text{Al}(\text{OH})^{0,5+}$ positif.

Sebagai komponen organik, asam humat dan fulvat banyak mengandung gugus fungsional seperti gugus karboksil (R-COOH), gugus hidroksil (R-COH), gugus keton (R-C=O) dan gugus koordinasi seperti amino (Schnitzer, 1987; Tan, 1982). Selain itu gugus fungsional tersebut dapat berperan dalam reaksi pertukaran anion yaitu antara anion P dengan anion asam humat atau fulvat pada permukaan liat, atau bereaksi dengan ion logam seperti Al^{3+} dan Fe^{3+} melalui proses kilsasi membentuk senyawa khelat yang relatif tidak larut. Peristiwa ini dapat melepaskan P dari ikatan tersebut, sehingga P menjadi tersedia (Danilo *et al.*, 1979; Ghos and Schnitzer, 1980; Tan, 1982).

Meningkatkan Produktivitas Tanah Kering Masam

Berbagai upaya pengelolaan bahan organik pada lahan kering masam telah terbukti dan dapat memperbaiki dan meningkatkan produktivitas tanah.

Pada tanah Ultisol Jasinga yang telah terdegradasi, pemberian bahan organik selama dua musim sebanyak 21 t/ha per tahun dengan perlakuan tanpa olah tanah selama dua musim tanam, mampu mempertahankan kualitas agregrat tanah, baik dilihat dari stabilitas agregrat tanah maupun besarnya ukuran agregrat (Nurida dan Kurnia, 2009).

Penggunaan 10 t/ha mulsa jerami padi + 7 t/ha brangkasan jagung +6 t/ha mulsa *Flemingea congesta* efektif mencegah erosi, menurunkan konsentrasi sedimen dan jumlah hara yang hilang serta mempertahankan sifat fisik dan kimia tanah (Kurnia *et al.*, 1997). Pemberian mulsa jerami padi dan mulsa *Mucuna sp.* pada tanaman dengan pola tanam jagung-jagung paling ekonomis dapat mengendalikan erosi pada Typic Haplohumults Jasingan (Kurnia *et al.*, 1998). Menurut Nuraida *et al.*, (2007) pemberian bahan organik secara terus menerus berpengaruh terhadap perubahan sifat fisika dan kimia tanah karena terjaganya kualitas fraksi labil bahan organik berupa biomasa mikroorganisme dan particulate organik mater total.

PENUTUP

1. Ultisol/Oxisol merupakan tanah yang telah berkembang lanjut dan bersifat marginal merupakan tanah yang penyebarannya cukup luas di Indonesia
2. Produktivitas tanah Ultisol/Oxisol yang rendah karena fiksasi P yang tinggi dipengaruhi mineral liat 1:1, oksida Fe dan Al; tingkat ketersediaan P berkisar antara 0,07 – 0,2 ppm.
3. Alternatif untuk mengatasi fiksasi P yang tinggi melalui pemberian bahan organik, baik dalam bentuk segar, pupuk kandang atau kompos. Kandungan asam-asam organik di dalamnya mempunyai gugus fungsional yang sangat reaktif terhadap kompleks jerapan P sehingga dapat mengatasi fiksasi P.

DAFTAR PUSTAKA

- Anonim. 1988. Groundworks.1 Managing Soil Acidity: The groundwork series for sustainable agriculture and resource conservation in tropics. A TropSoil publication.
- Baldovinos, S.F. and G.W. Thomas. 1965. The effect of soil clay on phosphate uptake. Soil Sci. Soc. Amer. 3:680-682.
- Black, C.A. 1976. Soil Plant Relationship. John Wiley and Sons, New York.
- Bohn, H.L., B.L. McNeal and G.A. O'Connor. 1979. Soil Chemistry. John Wiley & Sons. New York.
- Bolt, G.H. 1976. Cation Exchange Equation Used in Soil. Sci.A review Neth. J. Agric. Sci. 15:81-103
- Buckman, H. O. and N.C. Brady. 1980. The Nature and Properties of Soil. Macmillan Co., New York.
- Buol, S.W., F.D. Hole, and R.J. Mc Cracken. 1980. Soil Genesis and Classification. The IOWA State University Press, Ames.
- Danilo, I.H, D. Flores, G. Siegert, and J.V. Rodrigues. 1979. The Effect of Some Organik Anoins on Phosphate Removal from Acid and Calcareous Soil. Soil Sci.Soc. Amer. 128:321-326.
- Fox, R.L. and F.J. Kamprath. 1970. Phosphat sorption isotherm for evaluating the phosphate requirement of soils. Soil Sci. Soc. Amer. 34:902-907.
- Fox, R.L., S.M. Hasan, and R.C. Jones. 1971. Phosphate and Sulfate Sorption by Latosol. Proc. Int. Symp. Soil Fert. Eval. (New Delhi) 1:857-864.

- Fox, R.L., R.K. Hashimoto, J.R. Thompson, and .S. de la Pena. 1974. Comparative external phosphorus requirements of plants growing in tropical soils. *Tenth Int. Congr. Soil Sci.* (Moscow) 4:232-239.
- Ghos, K. and M. Schnitzer. 1980. Macro molecular structures of humin substances. *Soil Sci. Soc. Amer.* 129:266-276
- Goenadi, D.H., dan Kim H. Tan. 1989. Studi Tingkat Perkembangan Tanah-tanah dengan Pelapukan Lanjut. *Pemberberitaan Tanah dan Pupuk* 8:37-47.
- Hue, N.V. 1991. Effects of organic acids/anions on P sorption and phytoavailability in soils with different mineralogies. *Soil Sci. Soc. Amer.* 152:463-471.
- Hardjowigeno, S. 1993. Klasifikasi Tanah dan Pedogenesis. *Edisi Pertama*. Penerbit Akademika Presindo, Jakarta.
- Iyamuremye, F., R.P. Dick, and J. Baham. 1996. Organik amendment and phosphorus dynamics: I. Phosphorus chemistry and sorption. *Soil Sci. Soc. Amer.* 161: 426-435.
- Koch, C.B, M.D. Bentzon, E.W. Laresen, and O.K. Borggaard. 1992. Clay Mineralogy of Two ultisols from central Kalimantan, Indonesia. *Soil Sci. Soc. Amer.* 154:158-168.
- Kurnia, U., N. Sinukaban, F.G. SuratmoH. Pawitan dan H. Suwardjo. 1997. Pengaruh Teknik Rehabilitasi Lahan terhadap Produktivitas Tanah dan Kehilangan Hara. *Jurnal Tanah dan Iklim* 15:10-18.
- Kurnia, U., N. Sinukaban, Kooswardhono, Mudikdjo dan Suwardjo. 1998. Penilaian Ekonomi Cara-cara Rehabilitasi Lahan Typic Haplohumults di Jasinga, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim* 16:28-33.
- Lee, D., X.G. Han and C.F. Jordan. 1990. Soil phosphorus fraction, aluminum, and water retention as affected by microbial activity in an Ultisol. *Plant Soil* 121:125-136.
- Lindsay, W.L. 1971. *Chemical Equilibria in Soils*. John Wiley and Sons, New York
- Moshi, A.O., A. wild, and D.J. Greenland. 1974. Effect of organic matter on the charge and phosphat adsorption characteristics of Kikuyu red clay from Kenya. *Geoderma* 11:275-285.
- Nurida, N.L., O. Haridjaja, S. Arsyad, Sudarsono, U. Kurnia, dan Djajakirana. 2007. Perubahan Frkasi Bahan Organik Tanah Akibat Perbedaan cara Pemberian dan Sumber Bahan Organik pada Ultisol Jasingan. *Jurnal Tanah dan Iklim* 26:29-40
- Nurida, N.L., dan Undang Kurnia. 2009. Perubahan Agregat Tanah pada Ultisol Jasinga Terdegradasi Akibat Pengolahan Tanah dan Pemberian Bahan Organik. *Jurnal Tanah dan Iklim* 30:37-46
- Rachim, D.A., dan Mahfud Arifin. 2011. *Klasifikasi Tanah di Indonesia*. Penerbit Pustaka Reka Cipta. Bandung.
- Radjagukguk, B. 1983. Masalah Pengapuran Tanah Masam di Indonesia. *Dalam Prociding Seminar Alternatif-Alternatif Pelaksanaan Program Pengapuran Tanah-Tanah Mineral Masam di Indonesia*. Fakultas Pertanian UGM. Yogyakarta. Bull. 18. Hal 15-43
- Sanchez, P. A. 1976. *Propeties and Management of Soil in the Tropicc*. John Wiley and Sons, New York
- Sanchez, P.A. 1977. Advances in the management of oxisols and ultisol in Tropical South Ameica. *Proc. of the Int. Seminar on soil environment and fertility management in intensive agriculture*. Tokyo, Japan.

- Schnitzer, M. 1987. Humic Substances: Chemistry and Reaction: 1-46. In. Snitzer, M. and S.U. Khan (Ed.) Madison, Wisconsin USA. p:581-594.
- Soepardi, G. 1984. Hubungan antara Bahan Organik dan Pengapuran dengan Ciri Tanah dan Pertumbuhan Kedelai serta Jagung. Makalah Pertemuan Kemantapan Penggunaan Kapur Pertanian pada Lahan Bereaksi Masam. BP. Bimas. X.1-X.33.
- Subagyo H., Nata Suharta, dan Agus B. Siswantu. 2004. Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. *Dalam* Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. Pulsitbang Tanah dan agroklimat, Bogor.
- Sudjadi, M. 1984. Masalah Kesuburan Tanah Podsolik Merah Kuning dan Kemungkinan Pemecahannya. Dalam Proceeding Pertemuan Teknis Penelitian Pola Usahatani Menunjang Transmigrasi. Bogor 27-29 Februari 1984. Badan Iitbang Deptan.
- Stevenson, J. 1994. Humus Chemistry Genesis, Composition, Reactions. Secon Edition. John Wiley and Sons, Inc. New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore.
- Suharta, N. 1995. Karakteristik Tanah Oxisol Sebagai Dasar Pengelolaan Lahan: Studi Kasus pada Oxisols di Sanggauledo, Propinsi Kalimantan Barat. Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk 13:9 - 20.
- Tan K.H. 1982. Environmental Soil Science. Marcel Dekker Inc. New York. Basel. Hongkong
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, J.D. Beaton, J.L. Hvlín. 1985. Soil Fertility and Fertilizers. Macmillan Publ. Co., New York.
- White, R.E. 1981. Retention and Release of phosphorus by soil constituent. In Soils and Agriculture Critical Reports on Applied Chemistry, vol 2. P.B. Tinker (Ed.) Oxford, Blackwe Scientific publication, pp. 71-114.