

Sifat-sifat Kimia dan Mineralogi Tanah serta Kaitannya dengan Kebutuhan Pupuk untuk Padi (*Oryza sativa*), Jagung (*Zea mays*), dan Kedelai (*Glycine max*)

Soil Chemical and Mineralogical Characteristics and Its Relationship with The Fertilizers Requirement for Rice (Oryza sativa), Maize (Zea mays) and Soybean (Glycine max)

Dedi Nursyamsi^{1*} dan Suprihati²

Diterima 27 Mei 2005/Disetujui 15 November 2005

ABSTRACT

Laboratory experiment was conducted to identify soil chemical and mineralogical characteristics from topsoil (0-20 cm) of Inceptisols, Oxisols, Vertisols, and Andisols, as well as its relationship with the requirement of NPK, lime, and organic matter fertilizers for rice, maize, and soybean at laboratory of Indonesian Soil Research Institute and Soil Science Department of Bogor Agricultural University. The result showed that Inceptisols was dominated by kaolinite (1:1), Oxisols by kaolinite and goethite (hydroxide), and Vertisols by smectite (2:1). Andisols had kaolinite and cristobalite (oxide) minerals in it, while amorphous materials could not be detected through X-ray Diffraction (XRD) method. The soil reaction of Inceptisols, Oxisols, and Andisols was acid; exchangeable (exch) Ca and Mg, the contents of K and P, as well as base saturation (BS) of the soils were low. On the contrary, the soil reaction of Vertisols was neutral; exch. Al and H were very low, whereas exch. Ca and Mg, the contents of K and P, as well as base saturation (BS) of the soil were high. Both Vertisols and Andisols had high cation exchange capacity (CEC) which was from permanent charge in Vertisols and from variable charge (organic matter) in Andisols. Fertilizer requirement for crops in the soil was affected by land use system, plant species, soil nutrient content and its behavior in the soil system.

Key words: Soil characteristics, fertilizer, rice, maize, soybean.

PENDAHULUAN

Identifikasi sifat-sifat mineralogi liat dan kimia tanah-tanah pertanian sangat penting dilakukan karena sifat-sifat tersebut berkaitan erat dengan pendugaan potensi kesuburan tanah serta merupakan dasar penyusunan strategi pengelolaan tanah seperti pemupukan. Sifat-sifat tanah tersebut berkaitan erat dengan dinamika berbagai unsur hara di dalam tanah. Jenis dan jumlah mineral liat berpengaruh terhadap karakteristik kimiawi tanah, seperti: kapasitas tukar kation (KTK), besarnya fiksasi hara, dan lain-lain (Havlin *et al.*, 1999).

Sumber muatan koloid tanah terdiri dari muatan permanen (*permanent charge*) dan muatan tergantung pH atau muatan variabel (*pH dependent charge* atau *variable charge*). Sumber muatan pada mineral liat tipe 2:1 (smektit) didominasi oleh muatan permanen, sedangkan pada liat tipe 1:1 (kaolinit) banyak terdapat muatan tergantung pH. Demikian pula mineral

oksihidroksida seperti goetit, hematit, ferrihidrit, gibsit, dan mineral amorf lainnya umumnya didominasi oleh sumber muatan tergantung pH. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah dipengaruhi oleh sumber muatan koloid tanah. Mineral liat tipe 2:1 memiliki KTK 30 (illit), 144-207 (vermikulit), dan 70 me/100 g (smektit). Sementara itu mineral lainnya yang didominasi oleh sumber muatan variabel mempunyai KTK 1-10 (kaolinit), 20-50 (alofan) dan 135 me/100g (imogolit) (Tan, 1998).

Ketersediaan hara dipengaruhi oleh dinamika hara atau proses jerapan dan pelepasan hara tersebut yang semuanya dikendalikan oleh koloid liat tanah. Besarnya jerapan kation atau anion oleh koloid tanah tergantung dari luas permukaan koloid tanah. Semakin luas permukaan koloid maka semakin banyak ion yang dapat dijerap. Luas permukaan mineral liat tipe 2:1 sekitar 700-800 m²/g (smektit) dan 57-152 m²/g (interstratifikasi mika-smektit), liat tipe 1:1 (kaolinit) 7-30 m²/g, sedangkan alofan 157-484 m²/g (Tan, 1998). Hara N

¹ Peneliti Balai Penelitian Tanah, Jl. Ir. H. Juanda 98 Bogor 16123 : Telp/Fax 0251-321608, E-mail: ddnursyamsi@telkom.net. (* Penulis untuk korespondensi)

² Pengajar Faperta Universitas Kristen Satya Wacana, Salatiga.

(NH₄⁺ atau NO₃⁻) dan K (K⁺) mudah hilang tercuci di tanah-tanah yang didominasi oleh muatan variabel. Sebaliknya pada tanah-tanah yang didominasi oleh muatan permanen, NH₄⁺ dan K⁺ terfiksasi. Pada tanah-tanah masam terutama Oksisol dan Ultisol, P difiksasi oleh Fe dan Al bebas atau oksihidroksida. Pada tanah alkalin (Vertisol) P difiksasi oleh ion Ca atau Mg menjadi senyawa yang kurang larut sehingga menjadi tidak tersedia bagi tanaman.

Tanah Inceptisol, Oksisol, Vertisol, dan Andisol yang mengandung jenis mineral liat yang berbeda termasuk tanah pertanian utama di Indonesia karena mempunyai sebaran yang sangat luas. Luasannya sekitar 70.52 juta ha (37.5%), 14.11 juta ha (7.5%), 2.12 juta ha (1.1%), dan 5.40 juta ha (2.9%) berturut-turut untuk Inceptisol, Oksisol, Vertisol dan Andisol (Puslittanak, 2000). Tanah-tanah tersebut mempunyai prospek yang cukup besar untuk dikembangkan sebagai sentra produksi tanaman pangan terutama padi, jagung, dan kedelai asal dibarengi dengan pengelolaan tanah dan tanaman yang tepat. Pemupukan NPK, bahan organik, dan pengapuran tanah masam memegang peranan yang sangat penting dalam meningkatkan produksi pertanian tanaman pangan.

Tabel 1. Contoh tanah yang digunakan dalam percobaan.

Lokasi			Bahan Induk	Jenis Tanah	
Kecamatan	Kabupaten	Propinsi		LPT (1966a dan b)	Taksonomi (Soil Survey Staff, 1998)
Darmaga	Bogor	Jawa Barat	Tuf vulkan	Latosol	Inceptisol
Pemuda	Tanah Laut	Kalsel	Batu liat	Podzolik merah	Oksisol
Cangkalan	Ngawi	Jawa Timur	Endapan liat berkapur	Grumusol	Vertisol
Sukamantri	Bogor	Jawa Barat	Gelas vulkan	Andosol	Andisol

Analisis Mineral Liat

Analisis mineral liat mengikuti prosedur yang disusun oleh Sjarif (1991). Tahapannya meliputi: (1) pemisahan fraksi liat dari contoh tanah, (2) penjuanan, (3) pembuatan preparat, dan (4) pengukuran dengan metode difraksi sinar X (*X-ray Diffraction* disingkat XRD).

Langkah awal dalam pemisahan fraksi liat adalah menghilangkan bahan pengikat tanah berupa bahan organik dan karbonat. Penghilangan karbonat dilakukan dengan penambahan NaOAc atau HCl pH 5, sedangkan penghilangan bahan organik dengan menambahkan peroksida (H₂O₂) berulang-ulang sambil contoh tanah dipanaskan. Contoh tanah bebas bahan pengikat didispersikan untuk dilakukan pemisahan butir liat yang berukuran < 2 µm. Pemisahan butir pasir kasar dilakukan dengan cara penyaringan, sedangkan pemisahan liat dari debu dilakukan dengan cara sifon pada waktu dan kedalaman tertentu. Suspensi liat yang diperoleh diuapkan hingga diperoleh contoh liat dengan kepekatan tertentu.

Bertitik tolak dari pemikiran di atas, penelitian ini bertujuan untuk mengidentifikasi sifat-sifat mineralogi liat dan kimia lapisan atas (0-20 cm) tanah Inceptisol, Oksisol, Vertisol, dan Andisol, serta kaitannya dengan kebutuhan pupuk NPK, kapur, dan bahan organik untuk padi, jagung dan kedelai.

BAHAN DAN METODE

Empat contoh tanah lapisan atas (0-20 cm) diambil secara komposit dari beberapa lokasi (Tabel 1). Contoh tanah tersebut dikeringudarkan, ditumbuk, dan diayak dengan menggunakan saringan 2 mm, lalu dimasukkan kantong plastik yang telah diberi label. Selanjutnya analisis mineralogi liat dan kimia tanah dilaksanakan berturut-turut di Laboratorium Mineralogi Tanah, Departemen Tanah, Institut Pertanian Bogor dan di Laboratorium Kimia Tanah, Balai Penelitian Tanah. Penelitian dilaksanakan sejak Oktober 2003 - Februari 2004 melalui tahapan: (1) analisis mineralogi liat, (2) analisis kimia tanah, dan (3) penghitungan kebutuhan pupuk.

Contoh liat dijenuhi dengan Mg yang berasal dari MgCl₂ dan dengan K dari KCl. Penjuanan tersebut mengikuti tahapan sebagai berikut: (1) Liat + MgCl₂ 1N sebanyak 20 ml dan liat + KCl 1N sebanyak 20 ml diaduk, disentrifuge dan didekantasi; (2) Langkah satu tersebut diulang 5 kali untuk memperoleh liat jenuh Mg dan liat jenuh K; dan (3) Pencucian dengan alkohol 50 % hingga contoh bebas Cl⁻. Selanjutnya analisis liat dengan XRD menggunakan preparat teratur yang diperoleh dengan cara meneteskan preparat pada lempeng keramik, kemudian disedot dari bawah lempeng dengan tekanan 1 atmosfer. Selanjutnya preparat tersebut diletakkan di *sample holder*, lalu mineral liat diukur dengan menggunakan lampu katoda Cu pada sudut putar 4 – 30°.

Analisis Kimia Tanah

Sifat-sifat kimia tanah yang dianalisis meliputi: pH, kadar C dan N-organik, P, K, Ca, dan Mg, KTK, kejenuhan basa (KB), dan kemasaman dapat ditukar (Al dan H). Selain itu tekstur tanah juga dianalisis karena

faktor ini penting dalam penentuan kebutuhan pupuk. Metode analisis atau ekstraktan yang digunakan dari

masing-masing sifat tanah disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Metode analisis dari masing-masing sifat tanah.

Sifat-sifat Tanah	Metode Analisis
Tekstur (pasir, debu, dan liat)	Pipet
pH H ₂ O	pH meter
pH KCl	pH meter
Bahan organik	
C	Kurmies
N	Kjedahl
C/N	
P total	HCl 25 %
K total	HCl 25 %
P tersedia	Bray 1/Olsen
K tersedia	NH ₄ OAc, pH 7,0
Retensi P	KH ₂ PO ₄
Basa dapat ditukar (Ca, Mg, dan K _{dd})	NH ₄ OAc, pH 7,0
KTK	NH ₄ OAc, pH 7,0
KB	NaCl 10%
Kemasaman dapat ditukar (Al dan H _{dd})	KCl 1 N

Penghitungan Kebutuhan Pupuk

Penghitungan kebutuhan pupuk menggunakan software PKDSS (*Phosphorus and Kalium Decision Support System*) versi 2.0 yang disusun oleh Sulaeman dan Nursyamsi (2005). Perangkat lunak tersebut disusun dengan menggunakan bahasa program *Microsoft Visual Basic Version 6.0* dengan mengacu kepada hasil-hasil penelitian uji tanah dan efisiensi pemupukan. Kebutuhan pupuk yang dapat dihitung oleh perangkat lunak ini adalah pupuk N (urea), P (SP-36), K (KCl), kapur, dan bahan organik. Sementara itu komoditas yang dapat diberi rekomendasinya meliputi: padi (padi sawah dan padi gogo), jagung, dan kedelai. Selanjutnya kebutuhan pupuk untuk empat komoditas tersebut dihitung pada setiap jenis tanah.

HASIL

Sifat Mineralogi Tanah

Resume hasil analisis mineral liat dari beberapa ordo tanah dengan metode XRD disajikan pada Tabel 3. Tabel tersebut menunjukkan bahwa pada tanah Inceptisol didominasi oleh mineral liat kaolinit (1:1); Oksisol oleh kaolinit dan goetit (hidroksida); sedangkan Vertisol oleh smektit (2:1). Andisol sebenarnya didominasi oleh bahan amorf (alofan), namun alofan tidak mampu terdeteksi oleh XRD. Penelitian ini menunjukkan bahwa Andisol mengandung mineral liat kaolinit dan kristobalit (oksida).

Tabel 3. Analisis kualitatif mineral liat contoh tanah lapisan atas dari tanah Inceptisol, Oksisol, Vertisol, dan Andisol (°A)

Tanah	Perlakuan				Keterangan puncak	Mineral liat
	Mg ²⁺	Mg ²⁺ + Glycerol	K ⁺	K ⁺ + pemanasan 550 °C		
Inceptisol	7.243	7.213	7.213	-	simetris-jelas	kaolinit
Oksisol	7.182	7.182	7.182	-	simetris-jelas	kaolinit
	4.15	-	-	-	tidak simetris-tidak jelas	goetit
Vertisol	16.268	19.443	12.537	10.079	simetris-jelas	smektit
Andisol	7.213	7.213	7.213	-	tidak simetris-tidak jelas	kaolinit
	4.191	-	-	-	tidak simetris-tidak jelas	kristobalit

Sifat Kimia Tanah

Hasil analisis tekstur, pH, Al_{dd} dan H_{dd}, serta basa dapat ditukar yang digunakan untuk percobaan disajikan pada Tabel 4. Tanah Inceptisol, Oksisol dan Vertisol mempunyai tekstur liat, sedangkan Andisol bertekstur lempung berdebu. Tanah Andisol mempunyai pH masam, Inceptisol dan Oksisol agak masam, sedangkan Vertisol netral. Namun demikian semua tanah tersebut

ternyata mempunyai konsentrasi Al dan H_{dd} yang rendah terutama pada Vertisol kandungan Al dan H_{dd} tanahnya sangat rendah. Selanjutnya basa dapat dipertukarkan: Ca, Mg, dan K tanah Inceptisol, Oksisol, dan Andisol termasuk rendah dan KB tanahnya juga rendah. Sebaliknya tanah Vertisol memiliki Ca, Mg, dan K_{dd} tinggi dan KB tanahnya juga tinggi.

Tabel 4. Kemasaman dan nilai tukar kation tanah-tanah dari lokasi percobaan

Sifat tanah	Inceptisol	Oksisol	Vertisol	Andisol
Tekstur				
Pasir (%)	4	3	1	26
Debu (%)	20	14	22	64
Liat (%)	76	83	77	10
pH tanah (1:2.5)				
H ₂ O	5.3	5.0	6.6	4.5
KCl	4.2	4.3	5.8	4.0
Kemasaman				
Al _{dd} (cmol (+) kg ⁻¹)	0.39	0.07	0.09	0.27
H _{dd} (cmol (+) kg ⁻¹)	0.14	0.11	0.16	0.07
Basa dapat dipertukarkan				
Ca (cmol (+) kg ⁻¹)	1.49	0.81	23.38	1.44
Mg (cmol (+) kg ⁻¹)	0.24	0.32	12.01	0.20
K (cmol (+) kg ⁻¹)	0.10	0.06	0.33	0.21
KB (%)	23	33	100	11

Kadar C dan N organik tanah Inceptisol, Oksisol, dan Vertisol termasuk rendah sedangkan tanah Andisol tinggi. Demikian pula KTK tanah Inceptisol dan Oksisol rendah masing-masing hanya 16.0 dan 7.2 cmol kg⁻¹.

Sementara itu KTK tanah Vertisol dan Andisol tinggi masing-masing sebesar 49.1 dan 34.7 cmol kg⁻¹ (Tabel 5).

Tabel 5. Bahan organik dan kapasitas tukar kation tanah-tanah dari lokasi percobaan

Sifat tanah	Inceptisol	Oksisol	Vertisol	Andisol
Bahan organik				
C (%)	1.50	2.19	1.67	7.28
N (%)	0.13	0.19	0.17	0.39
C/N	12	12	10	17
KTK (cmol (+) kg ⁻¹)	16.0	7.2	49.1	34.7

Kadar P total (P potensial) pada tanah Oksisol dan Inceptisol termasuk rendah, sedangkan pada tanah Vertisol dan Andisol tinggi. Kadar P tersedia (Bray-1) pada tanah Inceptisol, Oksisol, dan Andisol termasuk rendah sedangkan P-Olsen (tersedia) pada tanah Vertisol tinggi. Sementara itu retensi P (KH₂PO₄) tanah-tanah tersebut termasuk sedang kecuali Andisol

sangat tinggi (Tabel 6). Kadar K-HCl (K potensial) pada tanah Inceptisol dan Oksisol rendah sedangkan pada Vertisol dan Andisol tinggi. Demikian pula halnya K terekstrak NH₄OAc (K tersedia) pada tanah Inceptisol dan Oksisol rendah, sedangkan pada Vertisol dan Andisol tinggi.

Tabel 6. P dan K tanah-tanah dari lokasi percobaan.

Sifat tanah	Inceptisol	Oksisol	Vertisol	Andisol
P ₂ O ₅ potensial (mg kg ⁻¹)	47C	220	990	2050
P ₂ O ₅ tersedia ¹ (mg kg ⁻¹)	8.1	5.2	132.3	7.6
K ₂ O (mg kg ⁻¹)	7C	70	120	140
Retensi P (%)	47.8	34.5	40.0	97.7
K (cmol (+) kg ⁻¹)	0.1C	0.06	0.33	0.21

¹Pengekstrak Olsen untuk Vertisol dan Bray 1 untuk tanah lainnya.

Kebutuhan Pupuk untuk Padi, Jagung, dan Kedelai

Hasil penghitungan kebutuhan pupuk N, P, K, dan bahan organik untuk padi sawah, padi gogo, jagung, dan kedelai pada masing-masing jenis tanah disajikan pada Tabel 7. Kebutuhan pupuk N, P, dan K untuk padi sawah lebih rendah dibandingkan untuk komoditas lainnya. Kebutuhan pupuk N pada tanah Inceptisol dan Vertisol lebih tinggi dibandingkan dengan tanah Oksisol dan Andisol. Urutan kebutuhan pupuk P dari tinggi ke rendah adalah Andisol > Inceptisol > Oksisol > Vertisol.

Kebutuhan pupuk K di tanah Inceptisol lebih tinggi dibandingkan tanah Vertisol dan Andisol.

Hasil penghitungan kebutuhan kapur menunjukkan bahwa tanaman padi, jagung, dan kedelai yang ditanam pada tanah Inceptisol, Oksisol, Vertisol, dan Andisol tidak memerlukan kapur (data tidak ditunjukkan). Namun demikian ternyata tanah-tanah tersebut memerlukan pemberian bahan organik yang relatif tinggi kecuali Andisol yang membutuhkan bahan organik relatif rendah.

Tabel 7. Kebutuhan pupuk NPK dan bahan organik untuk padi, jagung, dan kedelai pada tanah Inceptisol, Oksisol, Vertisol, dan Andisol

Komoditas	Inceptisol	Oksisol	Vertisol	Andisol
Pupuk N (kg urea/ha)				
Padi sawah	200	180	200	160
Padi gogo	300	270	300	240
Jagung	300	270	300	240
Kedelai	75	68	75	60
Pupuk P (kg SP-36/ha)				
Padi sawah	66	89	60	67
Padi gogo	132	99	60	135
Jagung	132	99	60	135
Kedelai	132	99	60	135
Pupuk K (kg KCl/ha)				
Padi sawah	50	40	0	0
Padi gogo	150	135	125	125
Jagung	150	135	125	125
Kedelai	150	135	125	125
Bahan organik (kg/ha)				
Padi sawah	3000	2000	3000	1000
Padi gogo	3000	2000	3000	1000
Jagung	3000	2000	3000	1000
Kedelai	3000	2000	3000	1000

PEMBAHASAN

Berdasarkan identifikasi, tanah Inceptisol didominasi oleh mineral liat kaolinit (1:1); Oksisol oleh kaolinit dan goetit (hidroksida); sedangkan Vertisol oleh smektit (2:1). Andisol sebenarnya didominasi oleh bahan amorf (alofan), namun alofan tidak mampu

terdeteksi oleh XRD. Dalam penelitian ini, mineral liat yang terdeteksi di tanah Andisol adalah kalolit dan kristobalit (oksida). Tanah Inceptisol di Darmaga berasal dari bahan induk tuf vulkan hasil letusan Gunung Salak. Tingkat perkembangan tanah Inceptisol masih relatif muda yang ditandai dengan adanya iluviasi liat (horizon B) tapi belum terbentuk argilik.

Tanah ini biasanya banyak mengandung mineral mudah lapuk seperti olivin, piroksin, amfibol dan lain-lain sehingga potensi kesuburannya masih relatif tinggi (Buol *et al.*, 1989). Tanah Oksisol di Pelaihari berasal dari bahan induk batu liat yang berumur tua (tertier). Suhu dan curah hujan yang tinggi serta drainase yang baik menyebabkan tanah ini mengalami pelapukan dan pencucian yang intensif. Hal ini ditandai dengan terbentuknya selain kaolinit juga mineral besi oksid-hidroksida atau goetit (FeOOH). Tanah Oksisol biasanya sedikit mengandung mineral mudah lapuk tapi banyak mengandung mineral yang resisten terhadap pelapukan seperti kuarsa dan mineral oksid-hidroksida sehingga potensi kesuburan tanahnya rendah. Tanah Vertisol berasal dari bahan induk endapan liat berkapur. Drainase tanah buruk dan kadar Ca, Mg, dan Si tinggi (alkalin) sangat mendukung terbentuknya tanah Vertisol. Tanah Andisol Sukamantri berasal dari bahan induk gelas vulkan berupa abu, batu apung, sinder atau lava. Pelapukan bahan vulkan menghasilkan selain mineral liat kaolinit, juga menghasilkan mineral amorf seperti alofan, imogilit, dan lain-lain. Namun demikian mineral amorf tidak bisa terdeteksi dengan baik oleh XRD.

Sifat-sifat kimia tanah berkaitan erat dengan bahan induk, tingkat pelapukan, dan mineral liat yang dominan. Tingkat pelapukan yang lanjut dan pencucian yang intensif pada Oksisol menyebabkan kation basa tercuci sehingga Ca_{dd} , Mg_{dd} , dan K_{dd} tanahnya rendah. Tanah Vertisol berasal dari bahan induk yang kaya bahan alkalin seperti Ca dan Mg; tingkat pelapukan rendah karena drainase tanah buruk; pH netral dan kelarutan Al rendah. Tanah Andisol biasanya terbentuk di daerah dataran tinggi yang mempunyai suhu relatif rendah sehingga pelapukan bahan organik berjalan relatif lambat. Selain itu tanah Andisol juga banyak mengandung mineral amorf yang dapat berikatan dengan bahan organik membentuk organo liat stabil (Wada, 1989).

Kapasitas tukar kation tanah tergantung dari kandungan bahan organik, jumlah dan jenis mineral liat. Tanah Vertisol didominasi oleh mineral liat smektit memiliki nilai KTK paling tinggi. Sedangkan tanah lainnya (Inceptisol, Oxisol, dan Andisol) didominasi oleh mineral liat kaolinit memiliki nilai KTK yang lebih rendah (Tabel 3). Nilai KTK tanah dipengaruhi oleh jumlah muatan negatif baik yang berasal dari proses substitusi isomorfik maupun muatan variabel yang berasal dari pinggir patahan mineral liat 1:1 dan oksid-hidroksida juga berasal dari gugus fungsional bahan organik. Tanah Andisol mempunyai kadar bahan organik paling tinggi (Tabel 5) dengan demikian maka KTK tanahnya juga lebih tinggi dibandingkan Inceptisol dan Oksisol. Tanah Oksisol walaupun memiliki kadar bahan organik lebih tinggi daripada Inceptisol tapi KTK Oksisol lebih rendah daripada Inceptisol karena tanah Oksisol, selain mengandung mineral liat kaolinit juga

mengandung mineral besi hidroksida atau goetit (Tabel 3).

Perilaku P tanah diantaranya tergantung dari pH dan jumlah serta jenis mineral liat di dalam tanah. Pada tanah masam (Inceptisol dan Oksisol) P difiksasi oleh Al dan Fe bebas serta oksid-hidroksida Al dan Fe membentuk senyawa Al dan Fe-P yang tidak larut. Pada tanah alkalin (Vertisol) P dapat difiksasi oleh Ca dan Mg bebas membentuk senyawa Ca dan Mg-P. Sementara itu pada tanah yang kaya akan mineral amorf seperti alofan dan imogilit (Andisol), P difiksasi selain oleh permukaan luar juga oleh permukaan dalam dari mineral amorf tersebut. Dengan demikian maka fiksasi P tanah Andisol paling tinggi dibandingkan tanah lainnya.

Perilaku K tanah tergantung bahan induk, tingkat pencucian, kapasitas tukar kation, dan jenis mineral liat tanah. Tanah Vertisol mengandung K terkestrak HCl dan terkestrak NH_4OAc yang tinggi yang berasal dari mineral primer penyusun tanah tersebut dan rendahnya laju pencucian. Namun demikian jerapan K di tanah ini juga tinggi karena K dapat difiksasi di ruang antar lapisan dari mineral liat 2:1. KTK tanah rendah (Inceptisol dan Oksisol), drainase tanah baik (Oksisol dan Andisol), dan curah hujan tinggi menyebabkan pencucian K di tanah-tanah tersebut tinggi.

Tabel 7 menunjukkan bahwa kebutuhan pupuk tergantung jenis tanah, spesies tanaman, dan sistem pengelolaan lahan. Dari aspek tanah, kebutuhan pupuk tanaman tergantung kadar dan perilaku hara tanah yang semuanya dikendalikan oleh mineral liat serta sifat-sifat tanah lain.

Efisiensi pupuk pada sistem lahan sawah (*lowland*) lebih baik dibandingkan sistem lahan kering (*upland*) karena pencucian hara hampir tidak ada sehingga kehilangan hara lewat pencucian (terutama hara yang mobil seperti N dan K) juga rendah. Selain itu penggenangan pada sistem sawah juga menyebabkan ketersediaan hara (terutama hara yang terfiksasi seperti P dan K) meningkat. Selanjutnya kebutuhan pupuk N untuk kedelai lebih rendah dibandingkan komoditas lainnya. Hal ini disebabkan karena tanaman kedelai termasuk jenis *legume* yang dapat bersimbiosis dengan *Rhizobium* memfiksasi N dari udara sehingga dapat memenuhi sebagian kebutuhan N tanaman. Demikian pula kadar bahan organik yang tinggi dalam tanah dapat mengurangi kebutuhan pupuk.

Kadar P tersedia di tanah Vertisol paling tinggi (Tabel 6) sehingga memerlukan pupuk P paling rendah. Mineral amorf pada tanah Andisol dapat memfiksasi P menjadi tidak tersedia bagi tanaman sehingga kebutuhan pupuk P tanaman menjadi tinggi. Fenomena ini sejalan dengan hasil penelitian Nursyamsi *et al.* (2003) yang menyatakan bahwa tanah Andisol mempunyai jerapan paling tinggi dibandingkan tanah Inceptisol, Ultisol, dan Oksisol.

K_{dd} tanah Vertisol dan Andisol termasuk tinggi, sedangkan di tanah Inceptisol dan Oxisol termasuk rendah. Selain itu tanah Inceptisol dan Oxisol didominasi oleh mineral liat kaolinit dan atau oksihidroksida yang mempunyai KTK tanah rendah (Tabel 5) sehingga hara kalium mudah hilang melalui proses pencucian.

Keempat tanah yang diteliti tidak memerlukan kapur karena kejenuhan Al tanah $\leq 15\%$ sehingga masih layak untuk ketiga komoditas tersebut. Tanaman padi, jagung, dan kedelai masih dapat tumbuh dengan baik bila kejenuhan Al masing-masing tidak lebih dari 40, 30, dan 15%. Tanah Andisol walaupun mempunyai reaksi tanah masam atau pH 4.5 (Tabel 4) tapi kadar bahan organiknya tinggi (Tabel 5). Bahan organik dapat mengikat Al membentuk ikatan *alumino humic* yang stabil sehingga tidak meracuni akar tanaman. Selain itu pengapuran di tanah Andisol tidak dianjurkan karena pengapuran dapat merangsang pertumbuhan mikroorganisme tanah sehingga mempercepat pelapukan bahan organik tanah (Tan, 2005).

Di daerah tropika tingkat pelapukan bahan organik sangat tinggi sehingga *turn over* C-organik dalam tanah berlangsung singkat akibatnya kadar bahan organik tanah rendah. Mengingat peranannya yang begitu besar terhadap perbaikan fisik, kimia, dan biologi tanah, maka bahan organik (pupuk kandang dan atau pupuk hijau) perlu ditambahkan dalam jumlah banyak. Tanah Andisol memerlukan bahan organik paling sedikit dibandingkan tanah lainnya karena kadar bahan organik tanah Andisol termasuk tinggi, sedangkan tanah lainnya rendah (Tabel 5).

KESIMPULAN

1. Analisis kualitatif mineral liat dengan metode XRD menunjukkan bahwa tanah Inceptisol didominasi oleh mineral liat kaolinit (1:1), Oxisol oleh kaolinit dan goetit (hidroksida), sedangkan Vertisol oleh smektit (2:1). Sementara itu Andisol mengandung kaolinit dan kristobalit (oksida). Metode XRD tidak mampu mendeteksi mineral amorf pada Andisol.
2. Tanah Inceptisol, Oxisol, dan Andisol mempunyai pH masam, Ca, Mg, dan K_{dd} , kadar P, serta kejenuhan basa (KB) rendah, sedangkan Vertisol mempunyai pH netral, Al dan H_{dd} sangat rendah, serta Ca, Mg, dan K_{dd} , kadar P dan KB tinggi. Tanah Vertisol dan Andisol, keduanya mempunyai kapasitas tukar kation (KTK) tanah tinggi.
3. Kebutuhan pupuk suatu tanaman pada tanah tertentu tergantung dari sistem pengelolaan tanah, spesies tanaman, kadar hara dan perilakunya di dalam tanah. Sistem lahan sawah memerlukan pupuk lebih sedikit dibandingkan sistem lahan kering; tanaman kedelai memerlukan pupuk N yang lebih rendah dibandingkan spesies lainnya; kadar hara tanah tinggi

memerlukan pupuk lebih sedikit dibandingkan kadar hara tanah rendah; dan retensi hara tinggi (misal P di tanah Andisol) memerlukan pupuk lebih tinggi dibandingkan retensi hara rendah.

DAFTAR PUSTAKA

- Buol, S.W., F.D. Hole, R.J. McCracken. 1989. Soil Genesis and Classification. Third Edition. Iowa State University Press/Ames.
- Wada, K. 1989. Allophane and Imogolite. Dalam, Dixon, J.B. and S.B. Weed. 1989. Minerals in Soil Environments, pp 1051-1088. Soil Science Society of America, Madison, Wisconsin, USA.
- Havlin, J.I., J.D. Beaton, S.M. Tisdale, W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers. An Introduction to Nutrient Management. Prentice Hall, Upper Saddle River, New Jersey. p. 154-194.
- LPT. 1966a. Peta Tanah Tinjau Propinsi Jawa Barat dan Jawa Timur Skala 1:250.000. Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
- LPT. 1966b. Peta Tanah Tinjau Propinsi Kalimantan Selatan. Skala 1:500.000. Lembaga Penelitian Tanah, Bogor.
- Nursyamsi, D., Gusmaini, A. Wijaya. 2003. Erapan P tanah Inceptisol, Ultisol, Oxisol, dan Andisol serta kebutuhan pupuk P untuk beberapa tanaman pangan. Agric, Jurnal Ilmu Pertanian 16 (2):103-114.
- Puslittanak. 2000. Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia skala 1 : 1.000.000. Puslittanak, Badan Litbang Pertanian, Bogor.
- Sjarif, S. 1991. Metode Analisis Mineral Liat. Jurusan Tanah, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor.
- Soil Survei Staff. 1998. Kunci Taksonomi Tanah. Edisi Kedua Bahasa Indonesia, 1999. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian.
- Sulaeman, Y. D. Nursyamsi. 2005. Penuntun Menggunakan PKDSS Versi 2.0. Perangkat Lunak untuk Menghitung Dosis Pupuk Berdasarkan Uji Tanah. Balai Penelitian Tanah, Puslitbangtanak, Badan Litbang Pertanian.

Tan, K.H. 1998. Principles of Soil Chemistry. 3rd Ed. Marcel Decker, Inc. New York, Basel, Hong Kong.

Tan, K.H. 2005. Pendayagunaan Ilmu Tanah dalam Pengelolaan Sumberdaya Lahan Indonesia. Paper presented in Commemoration of the 100-Yr Anniversary of the Center for Soil Research, Bogor, Indonesia. Bogor, June 28-30th 2005.