

Karakteristik Tanah-Tanah Bersifat Andik dari Bahan Piroklastis Masam di Dataran Tinggi Toba

The Characteristic of Soils with Andic Properties Derived from Acid Pyroclastic Materials in Toba High Land

B.H. PRASETYO, N. SUHARTA, DAN E. YATNO¹

ABSTRAK

Tanah-tanah yang bersifat andik umum dijumpai di dataran tinggi vulkan di Indonesia. Untuk keperluan karakterisasi tanah-tanah bersifat andik, telah diteliti enam buah pedon berbatuan induk batuan piroklastik di dataran tinggi Toba. Tanah-tanah bersifat andik dari dataran tinggi Toba mempunyai sifat yang agak berbeda dengan tanah andik lainnya. Hasil interpretasi sifat kimia dan mineral telah menunjukkan bahwa tanah andik di dataran tinggi Toba terbentuk dari bahan piroklastik masam. Hal ini menunjukkan bahwa di Indonesia tanah bersifat andik tidak hanya terbentuk dari bahan vulkan yang bersifat intermediate hingga basis, tetapi juga dari bahan vulkan masam. Masalah utama pada tanah-tanah yang bersifat andik pada umumnya adalah mempunyai retensi P tinggi. Di daerah penelitian retensi P berkisar antara 34-95%, tanahnya masam hingga sangat masam (pH 5,5-4,1), miskin kandungan hara dan beberapa diantaranya mempunyai kejenuhan aluminium yang sangat tinggi (>60%). Peningkatan Al_{dd} terjadi pada pH 4 hingga 5, sedangkan kejenuhan aluminium yang tinggi terjadi pada konsentrasi Al_{dd} antara 0,5 hingga 3 cmol_c kg⁻¹. Retensi P yang tinggi disebabkan oleh tingginya bahan amorf yang dicirikan oleh adanya hubungan yang positif antara retensi P dengan $Al + \frac{1}{2}Fe$ diekstrak dengan ammonium oksalat ($R^2 = 0,88$). Identifikasi mineral liat untuk membedakan mineral amorf dengan kristalin diperlukan karena dapat dipakai sebagai dasar pengelolaan lahan pada tanah-tanah andik.

Kata kunci : Batuan piroklastik, Sifat andik, Retensi P, Bahan amorf

ABSTRACT

Soil with andic properties are generally found in Indonesian volcanic high land. To characterize the andic soils, six pedons derived from pyroclastic rock from Toba high land were studied. Properties of the andic soils from Toba high land were somewhat different from others andic soils in Indonesia. Results of chemical and mineralogical data interpretation showed that the andic soils from Toba were derived from acid pyroclastic rock. This indicate that andic soils in Indonesia not only derived from intermediate to basic volcanic rock, but also from acid rock. The main problem of andic soils is in their high P retention. In the study area the P retention range between 34-95%, the soils are acid to very acid (pH 5.5-4.1), poor of nutrients, and some of them have very high Al saturation (>60%). Increasing exchangeable Al occur at pH 4 to 5, while the high Al saturation occur at concentration of exchangeable Al between 0.5 to 3 cmol_c kg⁻¹. High value of P retention was caused by high content of amorphous materials, indicate by positive relationships between P retention and $Al + \frac{1}{2}Fe$ extracted by ammonium oxalate ($R^2 = 0,88$). Clay mineral identification is needed to distinguish between amorphous and crystalline minerals that can be used as a basis of better soil management.

Keywords : Pyroclastic rock, Andic properties, P retention, Amorphous materials

PENDAHULUAN

Batuan sedimen piroklastis adalah batuan sedimen yang tersusun dari bahan vulkan, hasil erupsi yang telah mengalami transportasi dan pengendapan. Batuan ini dapat berupa tuf, breksi, konglomerat, dan lain-lain. Menurut Peta Geologi Lembar Pematang Siantar, skala 1:250.000 (Clarke *et al.*, 1982) dan Darul *et al.* (1989) wilayah Toba tersusun dari bahan tufa hasil erupsi Toba, yang terdiri atas batuan piroklastik bersusunan tuf liparit, tuf riolit, dan bahan riolit.

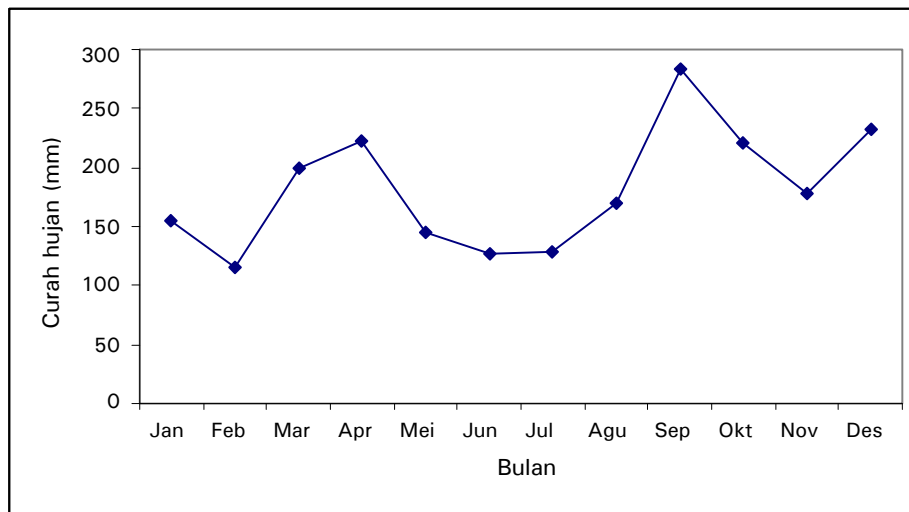
Rata-rata curah hujan tahunan sebesar 2.177 mm. Menurut Schmidt dan Ferguson (1951) daerah ini mempunyai tipe hujan A, artinya di daerah ini tidak mempunyai bulan kering yang nyata dalam setahun, dan distribusi curah hujan hampir merata sepanjang tahun (Gambar 1).

Curah hujan bulanan tertinggi terjadi pada bulan September-Oktober dan Maret-April. Menurut Oldeman (1975) daerah penelitian mempunyai zona agroklimat C1 yang dicirikan oleh empat bulan basah (rata-rata curah hujan bulanan >200 mm) dan tidak mempunyai bulan kering (rata-rata curah hujan bulanan <100 mm).

Daerah penelitian terletak di Kabupaten Toba Samosir pada posisi di atas yang merupakan bagian dari plato yang tersusun dari bahan tuf berumur Kuartar, dan terbentuk sebagai hasil erupsi dari vulkan Toba. Hasil erupsi ini sangat tebal, dan bersifat masam.

Bahan piroklastis yang kaya akan gelas vulkan apabila melapuk akan membentuk tanah yang didominasi oleh bahan amorf yang dapat berupa

¹ Peneliti pada Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor.



Gambar 1. Distribusi rata-rata curah hujan bulanan (1996-2005) di daerah penelitian

Figure 1. Average distribution of monthly rainfall (1996-2005) in the study area

alofan, imogolit atau kompleks aluminium humus, sehingga menyebabkan tanah yang dibentuknya mempunyai sifat andik (Soil Survey Staff, 2003). Tanah yang demikian biasanya diklasifikasikan sebagai Andisols. Akan tetapi tanah yang sudah lebih berkembang, seperti Inceptisols, Ultisols, dan Oksisols, sering masih mempunyai sifat andik dengan kriteria yang sedikit berbeda dari Andisols.

Penelitian tanah yang mempunyai sifat-sifat andik di Indonesia menunjukkan bahwa tanah-tanah tersebut di jumpai mulai dari ketinggian 460 hingga 1.500 di atas permukaan laut (dpl) (Suganda *et al.*, 1994; Sudihardjo *et al.*, 1997; Sukarman dan Subardja, 1997; Subagyo *et al.*, 1997; dan Hikmatullah *et al.*, 1999). Dari berbagai penelitian yang sudah pernah dilaksanakan terungkap bahwa tanah-tanah bersifat andik di Indonesia berkembang dari bahan vulkan yang bersifat andesitik, dasitik, dan basaltik yang bersifat intermedier hingga basis (Prasetyo, 2005).

Menurut Soil Survey Staff (2003) Andisols adalah tanah-tanah yang 2/3 lapisan atas setebal 60 cm atau lebih mempunyai sifat andik, dan sifat-sifat tanah andik ini terutama disebabkan oleh kandungan mineral-mineral amorf. Sifat andik dicirikan oleh

kandungan C-organik <25% (berdasarkan berat), dan memenuhi persyaratan yang dibedakan menurut ukuran fraksi. Pada fraksi halus (<2 mm) : (i) Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat $\geq 2\%$; (ii) berat isi yang ditetapkan pada retensi air 33 kPa adalah $\leq 0,90 \text{ g cm}^{-3}$; dan (iii) Retensi P $\geq 85\%$ atau lebih. Bila fraksi halus mempunyai partikel 0,02-2 mm yang jumlahnya 30% atau lebih dan nilai retensi P >25% atau lebih, maka : (i) nilai Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat adalah $\geq 0,4\%$ dan kandungan mineral gelas vulkan $\geq 30\%$, atau (ii) bila Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat >2 maka kandungan mineral gelas vulkan 5% atau lebih; atau (iii) bila Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat 0,4-2%, gelas vulkan cukup banyak serta sesuai dalam grafik sifat tanah andik yang menampilkan hubungan gelas vulkan dengan $\text{Al} + \frac{1}{2}\text{Fe}$ diekstrak dalam ammonium oksalat.

Pada tanah yang sudah lebih berkembang dari Andisols, seperti Inceptisols, Ultisols, dan Oksisols, sifat andiknya mempunyai persyaratan yang agak berbeda yaitu mempunyai berat isi $1,0 \text{ g cm}^{-3}$ atau kurang, dan nilai $\text{Al} + \frac{1}{2}\text{Fe}$ yang diekstrak dengan ammonium oksalat lebih dari 1,0%.

Tulisan ini bertujuan meneliti sifat-sifat fisik, kimia dan mineralogi dari tanah-tanah yang berkembang dari bahan piroklastis masam seperti tuf liparit, tuf riolit, dan riolasit di dataran tinggi Toba.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Lima buah pedon tanah dari batuan piroklastis dan satu buah pedon dari batuan dasitik yang diperkaya dengan bahan tufa riolit (riolasit) telah dibuat dan dideskripsi di lapangan. Koordinat dari masing-masing pedon tanah tersebut disajikan pada Tabel 1. Keenam pedon tersebut adalah pedon EY 151, KR 139, dan EY 105 berasal dari bahan tuf liparit dan pedon MD 86, UG 16 berasal dari tuf riolit serta pedon EY 3 berasal dari batuan riolasit. Sebanyak 27 contoh tanah dari keenam horison tanah dan tiga buah contoh *ring* telah diambil dari tiga pedon di lapangan dan dianalisis sifat-sifat fisika, mineral dan kimianya di laboratorium. Pengamatan sifat morfologi tanah di lapangan dilaksanakan mengikuti petunjuk dari Soil Survey Manual (Soil Survey Staff, 1993) dan klasifikasi tanah mengikuti sistem Taksonomi Tanah (Soil Survey Staff, 2003).

Tabel 1. Lokasi dari keenam pedon di lapangan yang diukur dengan GPS

Table 1. Location of six pedons in the field measured by GPS

Pedon	Elevasi m dpl	Bahan induk	Koordinat	
			E	S
EY 151	1.417	Liparit*	99°09'21" E	2°17'27" S
KR 139	1.304	Liparit*	99°14'14" E	2°17'14" S
EY 105	1.306	Liparit*	99°14'14" E	2°15'55" S
MD 86	1.380	Riolit**	99°12'07" E	2°15'26" S
UG 16	1.275	Riolit**	99°16'06" E	2°18'56" S
EY 3	1.389	Riolasit**	99°11'42" E	2°18'29" S

*Mohr *et al.* (1972); Darul *et al.* (1989); **Clarke *et al.* (1982)

Metode

Analisis sifat-sifat fisika tanah meliputi analisis sebaran besar butir untuk semua contoh, dan analisis kandungan air, berat isi, ruang pori total,

dan permiabilitas dilakukan pada contoh *ring* yang diwakili oleh pedon MD 86, EY 3, dan EY 151 dengan asumsi bahwa ketiga contoh tersebut dapat mewakili jenis tanah yang diteliti. Analisis sifat kimia tanah dari pedon meliputi analisis fraksi pasir, debu dan liat dengan metode pipet, pH (H₂O, KCl), C-organik dengan metode Walkey dan Black, N total dengan metode Kjeldahl, P₂O₅ dan K₂O₅ dengan 25% HCl 1 N, retensi P (Blackmore *et al.*, 1981), basa-basa dapat tukar dan kapasitas tukar kation dengan NH₄OAc pH 7, Al dan H dapat ditukar dengan 1N KCl, serta Al, Fe, dan Si diekstrak menggunakan ammonium oksalat. Analisis fisika dan kimia tanah tersebut ditetapkan mengikuti metode yang tercantum dalam buku Soil Survey Laboratory Staff (1991).

Analisis mineral meliputi analisis mineral pasir menggunakan mikroskop polarisasi dengan metoda *line counting* dan analisis fraksi liat hanya dilakukan pada salah satu horison B, menggunakan difraktometer sinar x. setelah terlebih dahulu contoh mineral liat dijenuhi dengan Mg⁺⁺ (Moore and Reynolds, 1989; van Reeuwijk, 1993).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Komposisi mineral

Tanah yang berkembang dari bahan tuf liparit (EY 151, KR 139, dan EY 105) didominasi oleh asosiasi mineral kuarsa, sanidin dan biotit (Tabel 2). Dalam jumlah lebih sedikit terdapat gelas vulkan, namun jumlah gelas vulkan yang sedikit ini (>5%) pada horison A dan Bw sudah dapat memenuhi kriteria sifat andik, karena Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat nilainya >2 dan kandungan fraksi pasirnya >30%. Komposisi mineral pasir yang demikian mengindikasikan dua hal, yang pertama asosiasi kuarsa-sanidin menunjukkan bahwa bahan induk tanah bersifat masam, dan yang kedua tingginya sanidin dan biotit menunjukkan bahwa tanah mempunyai sumber K yang tinggi. Dari susunan mineral tersebut juga teridentifikasi adanya penambahan bahan baru,

Tabel 2. Komposisi mineral fraksi pasir dari pedon-pedon yang diteliti*Table 2. Mineralogical composition of sand fraction of the pedons investigation*

	Op	Zr	Kw	Li	Si	Lp	Fb	Gv	Ol	An	Lb	Sn	Bi	Hr	Hp
..... %															
Pedon EY 151															
A	5	Sp	45	Sp	2	2	1	9	Sp	Sp	-	26	8	2	Sp
Bw	2	Sp	27	Sp	1	2	3	10	Sp	Sp	Sp	15	39	1	Sp
BC	1	Sp	24	Sp	1	2	5	8	Sp	1	1	13	42	2	Sp
C	1	Sp	22	-	4	2	9	7	-	Sp	1	8	45	1	Sp
Pedon KR 139															
A	2	Sp	43	Sp	1	3	3	6	2	Sp	-	36	1	3	Sp
Bw1	3	Sp	40	Sp	Sp	2	3	7	2	1	-	33	7	2	Sp
Bw2	3	Sp	28	-	1	1	4	6	1	1	Sp	20	34	1	-
BC	2	Sp	29	Sp	Sp	1	3	3	Sp	Sp	Sp	20	39	3	Sp
C	2	Sp	27	-	2	Sp	5	4	Sp	Sp	Sp	17	42	1	Sp
Pedon EY 105															
A	1	Sp	47	-	2	1	4	6	1	-	1	32	-	5	Sp
Bw1	3	Sp	41	-	2	Sp	5	5	Sp	Sp	Sp	39	Sp	5	Sp
Bw2	1	1	40	Sp	2	3	5	8	2	1	1	30	Sp	6	Sp
BC	1	Sp	41	Sp	2	2	5	Sp	Sp	Sp	-	17	56	1	Sp
C	2	Sp	15	Sp	6	2	4	1	1	1	-	16	51	1	-
Pedon MD 86															
A	1	1	72	Sp		16	Sp	4				6	-	Sp	
Bw1	1	Sp	72	Sp		18	1	1				7	Sp	Sp	
Bw2	6	Sp	60	Sp		30	-	-				3	-	1	
BC	3	Sp	52	1		34	-	-				10	Sp	-	
Pedon UG 16															
A	4	1	64	1	Sp	16	Sp	1				12		1	Sp
Bw1	7	Sp	65	1	Sp	17	-	Sp				8		1	1
Bw2	9	Sp	64	1	-	19	1	Sp				5		Sp	1
BC	15	1	62	3	-	11	-	-				8		Sp	Sp
Pedon EY 3															
A	4	Sp	75		Sp	12	Sp	1				3	Sp	-	-
Bt1	2	1	70		-	13	Sp	2				6	Sp	Sp	Sp
Bt2	3	Sp	60		Sp	25	Sp	Sp				6	-	Sp	-
Bt3	4	Sp	43		4	42	Sp	-				7	-	-	-
BC	6	Sp	34		1	54	Sp	-				5	-	-	-

Keterangan : Op = Opak, Zr = zirkon, Kw = kuarsa, Li = limonit, Si = SiO₂ organik, Lp = lapukan mineral, Fb = fragmen batuan, Gv = gelas vulkan, Ol = oligoklas, An = andesin, Lb = labradorit, Sn = sanidin, Bi = biotit, Hr = hornblende, Hp = hiperstin, Sp = ada tapi tdk terhitung

terutama pada lapisan pertama pedon EY 151, lapisan pertama dan kedua pedon KR 139 serta lapisan pertama hingga ke tiga pedon EY 105.

Penambahan bahan baru dapat dicirikan oleh perbedaan yang nyata pada kandungan mineral mudah lapuk sanidin yang menurun dengan kedalaman dan biotit yang meningkat dengan kedalaman. Adanya penambahan bahan baru nampaknya tidak berpengaruh pada pembentukan bahan amorf dalam pedon EY 151 dan KR 139, mengingat kandungan bahan amorf yang diidentikkan dengan nilai Al +

$\frac{1}{2}$ Fe yang diekstrak dengan ammonium oksalat dan kandungan mineral alofan yang dihitung berdasarkan rumus : % alofan = % Si oksalat x 7,1 (Parfitt and Henmi, 1982) semakin meningkat dengan kedalaman horison tanah.

Tanah yang berkembang dari bahan tuf riolit (MD 86 dan UG 16) didominasi oleh kuarsa, dan lapukan mineral. Dalam jumlah lebih sedikit terdapat mineral sanidin. Lebih sedikitnya jumlah sanidin disebabkan oleh sebagian sanidin sudah mulai melapuk, dicirikan pula oleh tingginya lapukan

mineral pada kedua pedon yang diteliti. Lapukan mineral adalah sekumpulan mineral lapuk yang tidak dapat terdeteksi jenis mineralnya dengan mikroskop. Dominasi kuarsa juga terlihat pada kondisi di lapangan, karena tanah yang terbentuk dari bahan tuf riolit pada umumnya di permukaan tanah tersebar butir pasir kasar dari kuarsa. Tanah yang terbentuk dari bahan riodasit (EY 03) mempunyai kandungan kuarsa yang cukup tinggi di bagian atas, dan kuarsa ini merupakan penambahan bahan baru dari bahan riolit pada bahan dasit.

Komposisi mineral liat dari pedon-pedon yang diteliti bervariasi mulai dari dominasi mineral amorf (alofan) pada pedon EY 151/II dan KR 139/II hingga dominasi mineral berkrystal (haloisit) pada pedon EY 105/II, MD 86/II, UG 16/II, dan EY 3/II (Tabel 3).

Pada pedon EY 151/II dan KR 139/II yang terbentuk dari bahan tuf liparit hanya terdeteksi adanya mineral amorf, diduga alofan, dan belum terdeteksi adanya mineral kristalin. Adanya mineral alofan ditunjukkan oleh bentuk pola difraksi yang cembung.

Adanya mineral alofan dalam tanah secara kuantitatif dapat diprediksi dengan menggunakan rumus : % alofan = % Si oksalat x 7,1 (Parfitt and Henmi, 1982). Dari hasil perhitungan ternyata pedon EY 151/II dan KR 139/II mempunyai kandungan alofan yang lebih tinggi dari pedon lainnya, dengan kisaran antara 0,50% hingga 34,29%, sedang pada pedon EY 105 kandungan alofannya berkisar antara 0,07-0,71%. Rendahnya alofan pada pedon ini disebabkan pedon ini sudah mengalami perkembangan dan proses desilifikasi sehingga kandungan alofan berkurang dan terbentuk mineral kristalin haloisit hidrat. Rendahnya kandungan alofan di lapisan atas, baik pada EY 151 maupun KR 139 disebabkan oleh tingginya kandungan bahan organik di lapisan ini.

Di lapisan atas yang kaya bahan organik, pembentukan alofan terhambat oleh pembentukan kompleks humik aluminium (Mizota and Chapelle, 1988). Komposisi mineral yang hanya terdiri atas bahan amorf (alofan) menunjukkan bahwa kedua

pedon EY 151 dan KR 139 tergolong tanah dengan muatan *variable* yaitu muatan yang tergantung pH.

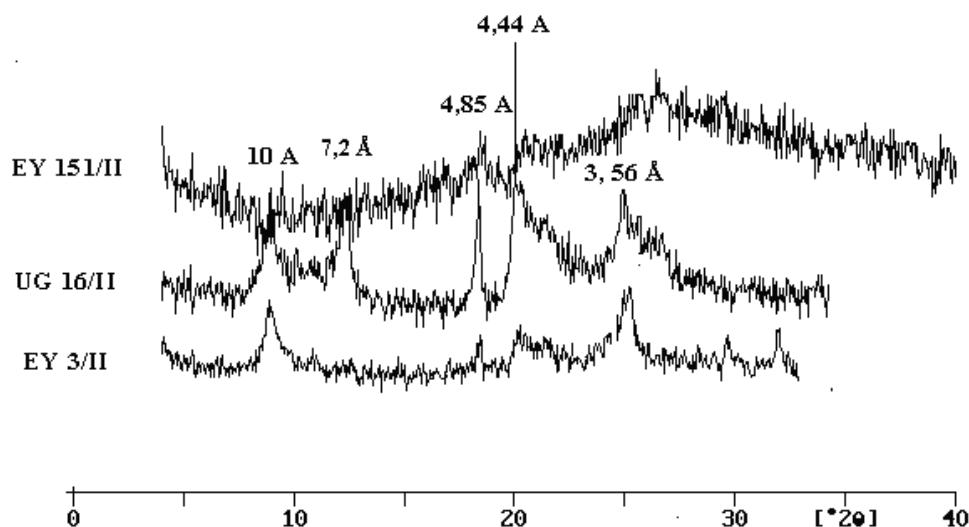
Beberapa hasil penelitian pada tanah-tanah yang bersifat andik menunjukkan bahwa kandungan alofan dari abu vulkan gunung Marapi dan Talamau adalah sekitar 3-27% (Fiantis and van Ranst, 1997), dan di daerah gunung Dempo sekitar 10-32% (Hikmatullah *et al.*, 1994). Umumnya kandungan alofan dalam tanah sekitar 15% (Parfitt, 1983).

Tabel 3. Komposisi mineral liat dari pedon-pedon yang diteliti

Table 3. Clay mineral composition of pedons investigated

Hori- son	Haloisit hidrat	Haloit- sit	Gibb- sit	Alofan	
				XRD	Perhitungan (%) (% Si oksalat x7,1)
Pedon EY 151					
A					1,28
Bw				+ + + +	6,18
BC					19,53
C					24,42
Pedon KR 139					
A					0,50
Bw1					1,70
Bw2				+ + + +	5,40
BC					15,27
C					34,29
Pedon EY 105					
A	+ + + +		+		0,07
Bw1					0,71
Bw2					0,43
BC					0,07
C					0,07
Pedon MD 86					
A					0,00
Bw1	+ + + +		++		0,00
Bw2					0,00
BC					0,00
Pedon UG 16					
A					0,00
Bw1	+ + + +	++	++		0,00
Bw2					0,00
BC					0,00
C					0,00
Pedon EY 3					
A					0,00
Bt1					0,00
Bt2	+ + + +	+	+		0,00
Bt3					0,00
BC					0,00

Keterangan: + + + + = dominan; + + = sedang; + = sedikit; (+) = sangat sedikit.



Gambar 2. Difraktogram XRD perlakuan penjenuhan dengan Mg dari pedon EY 151, UG 16, dan EY 3

Figure 2. XRD diffractograms of EY 151, UG 16, dan EY 3 with Mg saturation treatment

Pada pedon MD 86, UG 16, dan EY 03 komposisi mineralnya sudah berupa mineral kristalin yaitu haloisit dan gipsit, tidak terdeteksi adanya alofan, baik dengan XRD maupun berdasarkan rumus Parfitt dan Henmi (1982). Kondisi ini menunjukkan bahwa ketiga pedon tersebut lebih berkembang dari pedon EY 151 dan KR 139.

Komposisi mineral liat pada pedon EY 105, MD 86, UG 16, dan EY 03 didominasi oleh mineral haloisit hidrat yang dicirikan oleh puncak difraksi pada 10Å , dalam jumlah relatif lebih sedikit juga terdeteksi mineral liat meta haloisit yang ditunjukkan oleh puncak difraksi $7,2\text{ Å}$ dan $4,44\text{ Å}$ dan Gipsit yang ditunjukkan oleh puncak difraksi $4,85\text{ Å}$ (Gambar 2).

Alofan, haloisit hidrat maupun meta haloisit sudah lama dikenal sebagai mineral liat yang terbentuk dari bahan abu vulkan yang kaya silika, dengan sekuen pembentukan mineral abu vulkan----- alofan-----haloisit hidrat-----meta haloisit (Dudas and Harward, 1975). Haloisit umumnya merupakan mineral filosilikat yang pertama kali terbentuk apabila tanah yang didominasi alofan berubah

menjadi lebih berkembang. Gipsit pada tanah ini bukan merupakan hasil pelapukan intensif dari kaolinit, akan tetapi merupakan hasil pembentukan langsung dari mineral primer. Gipsit dapat terbentuk secara langsung dari mineral primer (Wada and Aomi, 1966; Young and Stephen, 1965) atau melalui mineral liat (Bates, 1962).

Sifat fisik tanah

Berat isi dari beberapa lapisan tanah nilainya $< 0,9\text{ g cm}^{-3}$ (Tabel 4), kecuali horison BC pada pedon MD 86, menunjukkan bahwa pedon-pedon yang diteliti ringan. Berat isi dari ketiga pedon EY 151, MD 86, dan EY 3 yang mewakili sifat fisik pedon-pedon yang diteliti nilainya $< 0,9\text{ g cm}^{-3}$ menunjukkan bahwa pedon-pedon yang diteliti memenuhi salah satu kriteria sifat andik (Soil Survey Staff, 2003). Kandungan air pada umumnya meningkat dengan kedalaman, hal ini disebabkan oleh kandungan fraksi pasir yang lebih tinggi di lapisan atas, kecuali lapisan atas pedon MD 86 mempunyai kandungan air yang tinggi di lapisan atasnya yang disebabkan oleh tingginya bahan

Tabel 4. Sifat fisik dari pedon-pedon yang diteliti*Table 4. Physical properties of pedons investigated*

Horison	Kedalaman	KA	BI	RPT	Perm.	Tekstur			
						Liat	Debu	Pasir halus	Pasir kasar
	cm	% vol	g cc ⁻¹	% vol	cm jam ⁻¹		%		
EY 151									
A	0-10	41,6	0,77	66,3	4,43	18		3	79
Bw	10-40					30		3	67
BC	40-60	55,8	0,62	73,9	1,39	22		2	76
C	60-20	52,0	0,54	74,9	11,17	19		3	78
KR 139									
A	0-9					7	20	29	44
Bw1	9-24					6	34	2	58
Bw2	24-41						39	2	59
BC	41-49					31		2	67
C	49-80					27		2	71
EY 105									
A	0-11					22	12	2	64
Bw1	11-37						44	2	54
Bw2	37-65						43	2	55
BC	65-125					16	26	2	56
C	125-150					13	24	2	71
MD 86									
A	0-9	64	0,31	85,1	30,10	29	12	1	58
Bw1	9-31					25	15	1	59
Bw2	31-58	57	0,86	60,8	2,39	33	20	1	46
BC	58-80	51	1,29	51,8	0,50	25	24	1	50
UG 16									
A	0-14					47	10	1	41
Bw1	14-35					30	25	1	44
Bw2	35-60					5	53	1	41
BC	60-85					33	23	1	43
C	85-120					30	26	1	43
EY 03									
A	0-16	43,1	0,86	58,1	2,39	24	8	1	66
Bt1	16-35					30	18	1	51
Bt2	35-70	56,3	0,80	61,1	2,14	38	13	1	47
Bt3	70-100					35	17	1	47
BC	100-35					32	23	1	43

Keterangan : KA = kandungan air, BI = berat isi, RPT = ruang pori total, Perm = permeabilitas

organik di lapisan tersebut. Ruang pori total umumnya lebih tinggi di lapisan atas bila dibandingkan dengan lapisan bawahnya, kecuali pada lapisan atas pedon EY 03 yang mempunyai kandungan C-organik paling rendah. Demikian pula permeabilitas umumnya lebih tinggi di lapisan atas. Tampaknya struktur tanah yang granuler di lapisan atas dan kandungan pasir yang relatif tinggi sangat berpengaruh pada sifat fisik tanah.

Tanah-tanah yang terbentuk dari bahan liparit (EY 151, KR 139, dan EY 105) tanahnya sulit

terdispersi, sehingga pada beberapa horison pemisahan fraksi hanya berhasil memisahkan fraksi pasir, sedang fraksi liat dan debu sering tidak dapat dipisahkan. Terlihat pada Tabel 5 kandungan fraksi pasir pada tanah-tanah dari bahan liparit berada di atas 55%, sedangkan pada tanah lainnya di atas 42%. Tingginya kandungan fraksi pasir mengakibatkan permeabilitas tanah menjadi cepat dan kondisi ini termasuk hal yang kurang menguntungkan karena dapat mengintensifkan terjadinya pencucian hara hasil pelapukan mineral.

Sifat kimia

Reaksi tanah berkisar dari masam ($\text{pH} > 4,5$) hingga sangat masam ($\text{pH} < 4,5$). Muatan tanah yang di hitung berdasarkan selisih antara pH KCl dengan pH H_2O umumnya negatif, walaupun beberapa horison tanah nilainya 0 (nol) atau mendekati 0 (Tabel 5).

Kemasaman dapat dipertukarkan (Al_{dd}) menunjukkan hubungan yang negatif dengan pH H_2O , pada nilai pH sekitar 5,00 konsentrasi Al_{dd}

hampir tidak terdeteksi. Pada pedon dari bahan liparit (EY 151 dan KR 139) yang mempunyai pH $\text{H}_2\text{O} \geq 5,0$ hampir tidak terdeteksi adanya Al_{dd} , namun konsentrasi Al_{dd} meningkat seiring dengan penurunan pH H_2O . Konsentrasi Al_{dd} terjadi pada pH antara 4 hingga 5. Demikian pula kejenuhan aluminium nampak berkorelasi dengan Al_{dd} , kejenuhan Al yang tinggi (> 60) terjadi bila konsentrasi Al_{dd} sekitar 0,5 hingga 3 $\text{cmol}_\text{c} \text{ kg}^{-1}$. Dengan rendahnya basa-basa dapat dipertukarkan maka nilai kejenuhan Al menunjukkan bahwa kompleks pertukaran kation di dominasi oleh Al.

Tabel 5. Reaksi tanah, delta pH, Al dapat dipertukarkan, dan kejenuhan Al dari pedon-pedon yang diteliti

Table 5. Soil reaction, delta pH, exchangeable Al, and Al saturation of pedons investigated

Horison	Kedalaman cm	pH H_2O (1:5)	pH KCl (1:5)	Delta-pH	Al^{3+} $\text{cmol}_\text{c} \text{ kg}^{-1}$	Kejenuhan Al %
Pedon EY 151						
A	0-10	4,6	4,4	-0,2	0,44	57,51
Bw	10-4	5,0	4,9	-0,1	0,00	0,00
BC	40-60	5,0	5,0	0,0	0,00	0,00
C	60-20	5,7	5,2	-0,5	0,00	0,00
Pedon KR 139						
A	0-9	5,5	4,7	-0,9	0,71	48,60
Bw1	9-24	5,3	5,1	-0,2	0,00	0,00
Bw2	24-41	5,4	4,7	-0,6	0,00	0,00
BC	41-49	5,5	5,4	-0,1	0,00	0,00
C	49-80	5,5	5,3	-0,1	0,00	0,00
Pedon EY 105						
A	0-11	3,6	3,3	-0,4	3,04	79,15
Bw1	11-37	4,4	4,2	-0,2	0,21	34,96
Bw2	37-65	4,7	4,5	-0,2	0,00	0,00
BC	65-125	4,4	4,1	-0,3	2,84	91,23
C	125-150	4,5	4,3	-0,2	2,41	89,08
Pedon MD 86						
A	0-9	4,1	4,1	0,0	9,52	97,64
Bw1	9-31	4,2	4,2	0,0	1,43	91,36
Bw2	31-58	4,3	4,1	-0,2	0,88	86,52
BC	58-20	4,5	4,2	-0,3	1,45	92,31
Pedon UG 16						
A	0-14	4,4	4,0	-0,4	0,89	78,62
Bw1	14-35	4,6	4,1	-0,5	1,32	91,24
Bw2	35-60	4,7	4,1	-0,5	1,10	91,83
BC	60-85	4,9	4,1	-0,8	1,21	94,97
C	85-120	4,9	4,0	-0,9	1,47	93,56
Pedon EY 03						
A	0-16	4,5	4,3	-0,3	1,05	86,81
Bt1	16-35	4,4	4,3	-0,1	0,73	85,52
Bt2	35-70	4,3	4,3	0,0	0,58	84,10
Bt3	70-100	4,1	3,8	-0,4	1,94	94,24
BC	100-35	4,4	3,8	-0,5	2,27	96,19

Kandungan basa-basa dapat dipertukarkan pada semua pedon tergolong sangat rendah (Tabel 6). Rendahnya basa-basa dapat dipertukarkan ini dapat disebabkan oleh beberapa hal, antara lain bahan induk tanah miskin sumber hara, tingkat pelapukan mineral masih sangat awal sehingga belum banyak kation yang dilepas dari struktur mineral dan tingkat pencucian basa-basa yang tinggi, mengingat tanah cenderung bertekstur agak kasar. Nilai basa-basa dapat dipertukarkan dan kejenuhan basa yang umumnya tergolong rendah

pada tanah bersifat andik disebabkan oleh proses-proses pencucian yang kuat (Driessen dan Dudal, 1989).

Kapasitas tukar kation tanah (KTK tanah) tergolong rendah pada semua pedon ($< 16 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$), kecuali lapisan atas pedon MD 86 mempunyai KTK tinggi karena kandungan C-organiknya juga sangat tinggi. Kapasitas tukar kation (KTK) efektif pada pedon EY 151 dan KR 139 tergolong sangat rendah di seluruh horison tanahnya, sedangkan pada pedon tanah yang lain nilainya bervariasi. Rendahnya KTK

Tabel 6. Basa-basa dapat dipertukarkan, kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan C-organik dari pedon-pedon yang diteliti

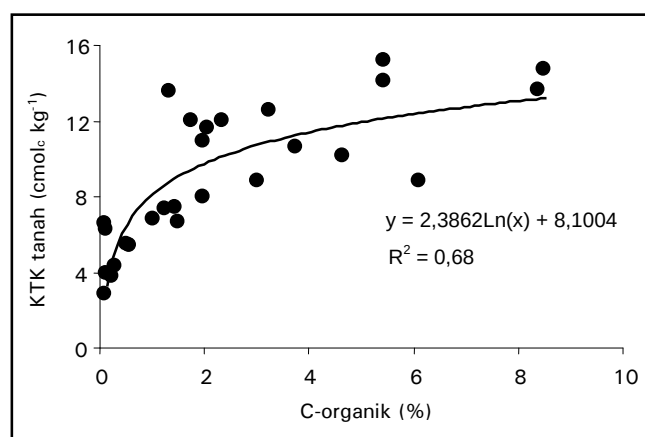
Table 6. Exchangeable bases, cation exchange capacity, base saturation, and organic C of pedons investigated

Horison	NH ₄ OAc 1N, pH 7				KTK tanah	KTK efektif	Kejenuhan basa	C organik
	K ⁺	Na ⁺	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺				
	cmolc kg ⁻¹						%	
Pedon EY 151								
A	0,132	0,036	0,109	0,050	14,61	0,77	2,24	8,53
Bw	0,115	0,029	0,049	0,013	10,49	0,21	1,97	3,79
BC	0,069	0,093	0,077	0,012	11,49	0,25	2,19	2,12
C	0,053	0,026	0,021	0,007	6,49	0,11	1,64	1,54
Pedon KR 139								
A	0,152	0,075	0,378	0,147	13,49	1,46	5,58	8,42
Bw1	0,148	0,058	0,063	0,050	8,69	0,32	3,67	3,06
Bw2	0,175	0,064	0,212	0,029	10,78	0,48	4,44	2,03
BC	0,113	0,060	0,045	0,015	11,87	0,23	1,96	1,81
C	0,091	0,075	0,040	0,006	13,43	0,21	1,59	1,39
Pedon EY 105								
A	0,231	0,067	0,337	0,167	15,06	3,84	5,32	5,48
Bw1	0,221	0,069	0,067	0,029	11,87	0,59	3,25	2,39
Bw2	0,224	0,076	0,055	0,021	7,30	0,38	5,16	1,49
BC	0,094	0,072	0,095	0,013	6,10	3,11	4,47	0,17
C	0,128	0,058	0,095	0,014	6,45	2,70	4,58	0,15
Pedon MD 86								
A	0,088	0,042	0,048	0,052	33,77	9,75	0,68	23,41
Bw1	0,030	0,041	0,038	0,028	10,05	1,57	1,35	4,70
Bw2	0,042	0,032	0,053	0,011	6,71	1,02	2,05	1,06
BC	0,024	0,039	0,047	0,010	5,35	1,57	2,26	0,55
Pedon UG 16								
A	0,10	0,03	0,05	0,06	13,95	1,13	1,73	5,47
Bw1	0,06	0,02	0,02	0,02	7,86	1,45	1,61	2,02
Bw2	0,03	0,03	0,02	0,01	5,30	1,20	1,85	0,62
BC	0,02	0,02	0,02	0,01	4,19	1,27	1,53	0,34
C	0,03	0,03	0,04	0,01	2,70	1,57	3,75	0,13
Pedon EY 03								
A	0,07	0,04	0,01	0,04	8,71	1,21	1,83	6,14
Bt1	0,04	0,07	0,00	0,01	12,42	0,85	0,99	3,29
Bt2	0,04	0,05	0,01	0,01	7,21	0,69	1,52	1,30
Bt3	0,03	0,05	0,04	0,00	3,66	2,06	3,24	0,28
BC	0,04	0,04	0,01	0,00	3,80	2,36	2,37	0,18

efektif ini disebabkan oleh rendahnya konsentrasi basa-basa dapat dipertukarkan dan Al_{ad} , hal ini tentu akan berpengaruh pada efisiensi pemupukan, karena pupuk yang diberikan akan mudah tercuci.

Kandungan C-organik di horison A pada seluruh pedon yang tergolong sangat tinggi ($>5\%$), sedangkan di horison B berkisar dari sedang hingga tinggi. Tingginya kandungan C-organik di lapisan atas disebabkan pedon-pedon yang diteliti adalah bekas hutan yang belum terlalu lama dibuka. Kandungan C-organik yang tergolong sedang hingga sangat tinggi sangat menguntungkan dalam pengelolaan lahan, terutama pedon-pedon yang mempunyai muatan variabel (tergantung pH) yaitu yang mineral liatnya didominasi oleh bahan amorf.

Gambar 3 menunjukkan bahwa bahan organik berkorelasi positif dengan kapasitas tukar kation tanah.



Gambar 3. Hubungan antara C-organik dengan kapasitas tukar kation tanah pada pedon-pedon yang diteliti.

Figure 3. Relationships between organic-C and CEC soils of pedons investigated

Kandungan P potensial dari semua pedon yang diteliti umumnya tergolong sangat rendah ($< 15 \text{ mg } 100\text{g}^{-1}$) mengindikasikan bahwa bahan induk tanah yang berupa tuf liparit, tuf riolit, dan riodasit miskin sumber P (Tabel 7). P tersedia (Bray) juga tergolong sangat rendah. Pedon-pedon yang diteliti, mempunyai retensi P yang tergolong sedang hingga sangat tinggi (23,67 hingga 95,52%). Tingginya retensi P disebabkan oleh tingginya kandungan bahan amorf,

yang ditunjukkan oleh nilai $Al + \frac{1}{2}Fe$ diekstrak dengan ammonium oksalat yang tinggi. Rendahnya P potensial ditambah nilai retensi P yang umumnya tinggi mengindikasikan bahwa kekurangan hara P merupakan salah satu kendala pertumbuhan tanaman di daerah ini.

Kandungan K potensial bervariasi pada pedon yang diteliti, pada pedon dari bahan liparit kandungan K potensial cenderung meningkat dari tanah lapisan atas ke arah bahan induk tanah, mengindikasikan bahwa bahan induk tanah mempunyai mineral yang berfungsi sebagai sumber K tanah. Dari data mineral fraksi pasir terlihat bahwa pada tanah yang terbentuk dari bahan liparit kandungan mineral sanidin dan biotit yang merupakan sumber K dalam tanah tergolong tinggi. Pada tanah dari bahan tuf riolit dan riodasit, kandungan K potensialnya tergolong rendah, dan dari bahan induk tanahnya tidak terdeteksi adanya mineral biotit.

Di dalam Soil Taxonomy (2003) tanah yang mempunyai nilai $Al + \frac{1}{2}Fe$ diekstrak dengan ammonium oksalat $\geq 2\%$ merupakan tanah yang mempunyai kandungan bahan amorf (alofan) yang tinggi. Pada pedon EY 151 dan KR 139 nilai $Al + \frac{1}{2}Fe$ yang mengindikasikan kandungan bahan amorf tergolong tinggi dan relatif meningkat dengan kedalaman tanah menunjukkan bahwa bahan amorf pada tanah ini berasal dari pelapukan bahan induknya (liparit). Pada pedon tanah lainnya nilai $Al + \frac{1}{2}Fe$ relatif mengecil ke arah bahan induknya, diduga ini merupakan salah satu indikasi adanya tambahan abu vulkan di lapisan atas pedon-pedon tersebut.

Diantara Al, Fe dan Si yang diekstrak dengan ammonium oksalat, tanah dari bahan tufa liparit mempunyai kandungan Al lebih tinggi dibanding Fe, akan tetapi pada tanah dari bahan riolit dan riodasit konsentrasi Fe lebih tinggi dari Al. Sedangkan konsentrasi Si pada tanah dari bahan liparit lebih tinggi dibanding bahan lainnya. Kondisi ini nampaknya berkaitan erat dengan kandungan mineral liatnya, dimana tanah dari bahan liparit didominasi oleh mineral liat amorf (alofan), sedang tanah dari bahan riolit dan riodasit didominasi oleh mineral kristalin (haloisit).

Tabel 7. P dan K potensial, retensi P, P tersedia, dan Al, Fe, Si yang diekstrak dengan ammonium oksalat dari pedon-pedon yang diteliti*Table 7. Potential P and K, P retention, available P, and ammonium oxalate extractable Al, Fe, and Si of pedons investigated*

Horison	Bray II	HCl 25%		Retensi P	Ammonium oksalat			%
	P ₂ O ₅	P ₂ O ₅	K ₂ O		Al	Fe	Si	Al+ ½ Fe
	mg kg ⁻¹	... mg	100g ⁻¹ ...		%	 %		
Pedon EY 151								
A	6,05	17,00	29,51	86,72	4,29	4,99	0,18	6,78
Bw	0,84	7,06	59,60	95,52	6,94	4,86	0,87	9,37
BC	1,12	6,93	193,01	86,99	8,45	1,27	2,75	9,08
C	0,61	6,42	310,45	73,59	8,28	0,87	3,44	8,72
Pedon KR 139								
A	3,20	8,56	19,45	86,96	2,56	1,81	0,07	3,46
Bw1	2,45	4,01	26,61	74,53	3,08	2,20	0,24	4,18
Bw2	0,52	3,20	42,86	74,47	4,87	2,37	0,76	6,06
BC	0,81	3,57	85,72	80,94	6,79	1,71	2,15	7,65
C	0,70	4,09	232,78	86,53	9,51	1,13	4,83	10,08
Pedon EY 105								
A	5,70	16,71	28,22	69,53	1,11	1,68	0,01	1,95
Bw1	0,51	5,22	31,16	80,43	2,72	2,29	0,10	3,86
Bw2	0,51	5,00	56,63	74,35	2,02	1,77	0,06	2,90
BC	<0,25	1,49	199,61	23,67	0,42	0,14	0,01	0,50
C	0,60	1,47	218,03	30,87	0,41	0,15	0,01	0,49
Pedon MD86								
A	222,47	725,82	19,46	55,38	0,66	0,66	0,00	0,99
Bw1	2,43	5,12	2,01	85,18	2,25	5,41	0,00	4,96
Bw2	0,72	1,56	4,21	67,29	0,98	1,28	0,00	1,62
BC	0,92	1,35	3,38	39,65	0,53	0,08	0,00	0,57
Pedon UG 16								
A	69,36	7,13	7,97	68	0,88	0,99	0,00	1,38
Bw1	0,78	3,06	5,33	67	0,97	1,11	0,00	1,53
Bw2	1,48	3,12	6,13	47	0,56	0,78	0,00	0,95
BC	12,23	2,54	9,66	41	0,37	0,41	0,00	0,58
C	3,82	1,93	28,91	31	0,30	0,05	0,00	0,33
Pedon EY 03								
A	2,17	4,34	5,61	69	1,42	2,48	0,00	2,65
Bt1	<0,25	1,94	2,99	83	2,13	3,26	0,00	3,76
Bt2	<0,25	1,28	2,57	68	1,37	2,39	0,00	2,56
Bt3	0,39	1,77	3,44	32	0,38	0,29	0,00	0,52
BC	1,78	1,41	5,04	31	0,30	0,09	0,00	0,34

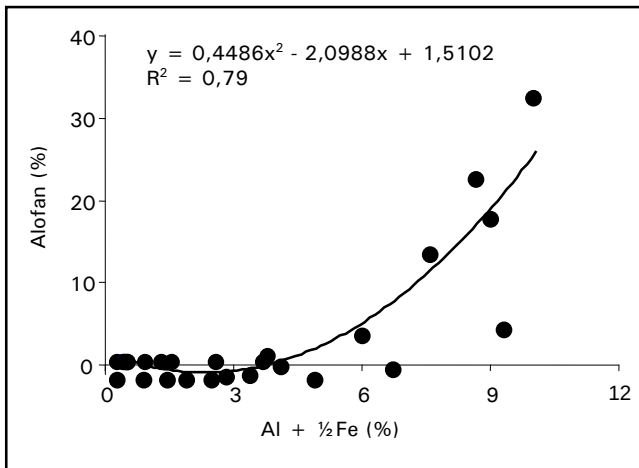
Kandungan bahan amorf dalam tanah yang dicirikan oleh nilai Al + ½Fe diekstrak dengan ammonium oksalat mempunyai hubungan yang positif dengan kandungan mineral alofan, semakin tinggi bahan amorf, semakin tinggi pula alofan (Gambar 4).

Dalam gambar tersebut terlihat jelas bahwa kenaikan kandungan alofan dalam tanah terjadi pada nilai Al + ½ Fe sebesar 6%. Demikian pula tingginya retensi P pada pedon-pedon yang diteliti sangat dipengaruhi oleh kandungan bahan amorf dalam

tanah (Gambar 5), semakin tinggi kandungan bahan amorf akan semakin tinggi pula retensi P-nya.

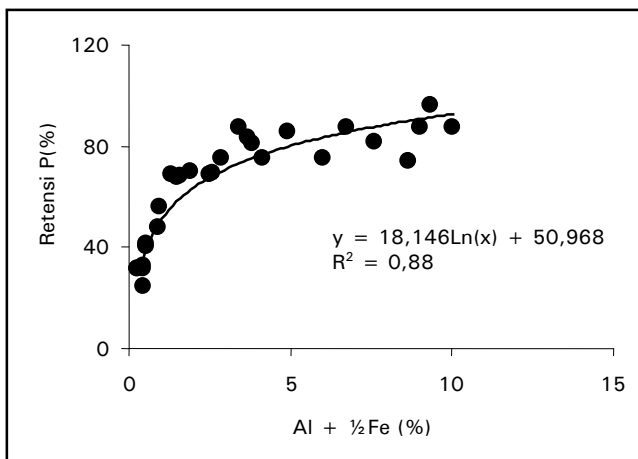
Klasifikasi tanah

Tanah-tanah yang diteliti telah diklasifikasikan menurut Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003). Klasifikasi ini dilakukan dengan terlebih dahulu menentukan sifat diagnostik dari horison permukaan (epipedon) dan horison bawah permukaan, dikombinasikan dengan data analisis laboratorium. Hasil klasifikasi tanah tersebut dicantumkan dalam Tabel 8.



Gambar 4. Hubungan antara bahan amorf dengan mineral alofan

Figure 4. Relationship between amorphous material and alofan



Gambar 5. Hubungan antara bahan amorf dengan retensi P

Figure 5. Relationship between amorphous materials and P retention

Dari enam pedon yang diteliti, dua pedon tergolong pada ordo Andisols (EY 151 dan KR 139), tiga pedon tergolong pada ordo Inceptisols (EY 105, MD 86, dan UG 16), serta satu pedon tergolong pada ordo Ultisols (EY 3). Perbedaan ordo tanah ini juga berdampak pada karakter tanahnya, karena perbedaan dalam tingkat perkembangan tanahnya.

Tabel 8. Klasifikasi tanah menurut Soil Taxonomy

Table 8. Soil classification according to Soil Taxonomy

Pedon	Epipedon, horison bawah, dan sifat lainnya	Klasifikasi tanah
EY 151	Okrik, kandungan karbon organik < 25%, mempunyai sifat <i>thixotropic</i> , mempunyai horison andik yang dicirikan oleh berat isi < 0,90 g cm ⁻³ , retensi P > 85%, jumlah persentase Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat > 2, KTK efektif < 2 cmolc kg ⁻¹ .	<i>Medial, amorphic, isothermic, Acrudoxic Hapludands</i>
KR 139	Okrik, kandungan karbon organik < 25%, mempunyai sifat <i>thixotropic</i> , mempunyai horison andik yang dicirikan oleh kandungan fraksi pasir > 30%, berat isi < 0,90 g cm ⁻³ , retensi P > 25%, gelas vulkan > 5%, jumlah persentase Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat > 2, KTK efektif < 2 cmolc kg ⁻¹ .	<i>Medial, amorphic, isothermic, Acrudoxic Hapludands</i>
EY 105, MD 86 dan UG 16	Okrik, kambik, kejenuhan basa < 60%, berat isi < 1 g cm ⁻³ , mempunyai sifat andik dengan jumlah persentase Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat > 1%, mineral liatnya didominasi haloisit.	<i>Fine loamy, haloisitic, isothermic, Andic Dystrudepts</i>
EY 3	Okrik, kandik, kejenuhan basa < 35%, berat isi < 1 g cm ⁻³ , mempunyai sifat andik dengan jumlah persentase Al dan Fe diekstrak dengan ammonium oksalat > 1%, mineral liatnya didominasi haloisit.	<i>Fine loamy, haloisitic, isothermic, Andic Kanhapludalts</i>

(Soil Survey Staff, 2003)

Pengelolaan lahan

Masalah utama pada tanah-tanah yang bersifat andik yang diteliti adalah kesuburan tanahnya rendah, tanah bereaksi masam hingga sangat masam, kapasitas tukar kation efektif rendah dan retensi P yang tinggi.

Prinsip dasar utama dalam mengelola tanah ini adalah meningkatkan muatan negatifnya, dan melakukan pemupukan. Usaha ini dapat dilakukan dengan beberapa cara, antara lain dengan peningkatan pH tanah dan pemberian bahan organik.

Kesuburan tanah yang rendah dapat diatasi dengan pemupukan sesuai dengan kebutuhan tanaman, kecuali pemupukan P akan memerlukan

teknik tersendiri karena tingginya retensi P dalam tanah. Pemberian P selain menambah P tersedia untuk tanaman, juga dapat mengurangi peracunan tanaman oleh Al (Parfitt, 1978), dan meningkatkan KTK tanah (Sanchez, 1976).

Kemasaman pada tanah-tanah bersifat andik terutama disebabkan oleh bahan induknya, walaupun bahan organik dan pencucian basa-basa juga memberi andil pada pemasaman tanah. Peningkatan pH tanah dapat mencegah atau mengurangi terjadinya pencucian kation seperti Ca, Mg, Na, dan K (van Wambeke, 1992). Umumnya pengapuran merupakan solusi yang baik, namun jumlah yang diperlukan cukup banyak (Uehara and Gillman, 1981). Pemberian kapur pada tanah-tanah andik juga tidak selalu menguntungkan, karena tanah ini kaya kompleks Al-humus, sehingga pengapuran dapat menyebabkan dekomposisi bahan organik dan pembebasan Al yang dapat berakibat meningkatkan retensi P (Le Mare and Leon, 1989).

Beberapa teknik dapat digunakan untuk memenuhi kekurangan P dalam tanah antara lain menggunakan bahan organik untuk menutup muatan positif dan meningkatkan muatan negatif dalam tanah (Van Wambeke, 1992). Dengan cara ini disosiasi asam organik dalam bentuk anion organik dapat berkompetisi dengan anion fosfat dalam memblokir Fe dan Al dari alofan (Tisdale *et al.*, 1990). Namun pada kenyataannya penggunaan bahan organik dalam jumlah besar juga sulit dilakukan.

Guna memecahkan masalah retensi P oleh bahan amorf, perlu dilakukan penelitian yang mengarah pada percepatan proses-proses desilifikasi dalam tanah agar terjadi transformasi dari mineral amorf menjadi mineral kristalin

KESIMPULAN

1. Tanah-tanah bersifat andik di dataran tinggi Toba asosiasi mineral fraksi pasirnya dapat dikelompokkan menjadi asosiasi kuarsa-sanidin-biotit (bahan liparit), dan kuarsa-sanidin-lapukan (bahan riolit dan riodasit). Mineral liatnya didominasi oleh mineral amorf alofan (bahan liparit) dan haloisit hidrat dan gibsit (bahan riolit dan riodasit).
2. Tanah umumnya mempunyai berat isi $< 0,9 \text{ g cm}^{-3}$, struktur tanah yang granuler di lapisan atas dan kandungan pasir yang relatif tinggi sangat berpengaruh pada permeabilitas tanah.
3. Kandungan hara dalam tanah tergolong rendah, reaksi tanah masam hingga sangat masam dan tanah umumnya mempunyai retensi P tinggi yang disebabkan oleh tingginya kandungan bahan amorf.
4. Identifikasi kandungan mineral liat pada tanah-tanah andik diperlukan untuk mengetahui kristalinitas dari mineral liatnya karena ada kecenderungan bahwa terbentuknya mineral kristalin pada tanah-tanah bersifat andik berarti menurunkan retensi P.

DAFTAR PUSTAKA

- Bates, T.F. 1962.** Halloysite and gibbsite formation in Hawaii. *Clays and Clay Mineral* 9:315-328.
- Blackmore, L.C., P.L. Searle, and B.K. Daly. 1981.** Methods of chemical analyses of soils. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. 10A. Soil Bureau, Lower Hutt, New Zealand.
- Clarke, M.C.G., S.A. Ghazali, H. Harahap, Kusyono, dan B. Stephenson. 1982.** Geologi Lembar Pematangsiantar, Sumatra. Departemen Pertambangan dan Energi. Puslitbang Geologi.
- Darul, S.W.P., J. Dai, A. Hidayat, Y.A. Hidayat, H.J. Sumulyadi, H. Suhendra, P. Buurman, dan T. Balsem. 1989.** Buku keterangan peta satuan lahan dan tanah lembar Sidikalang, Sumatera. Puslitan, Badan Litbang Pertanian.
- Driessen, P.M. and R. Dudal. 1989.** Lecture notes on the geography, formation, properties and use of the major soils of the world. Agricultural University Wageningen, Katholieke Universiteit Leuven. P 296.
- Dudas, M.J. and M.E. Harward. 1975.** Weathering and authigenic halloysite in soil developed from Mazama ash. *Soil Sci. Soc. Am. Proc.* 39:571-577.
- Fiantis, D. dan E. Van Ranst. 1997.** Properties on volcanic ashsoils from the Marapi and Talamau volcanoes in West Sumatra, Hlm 1-16. *Dalam Subagyo et al. (Eds.), Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Buku II, Jakarta, 12-15 Desember 1995.*

- Hikmatullah, H.H. Djohar, dan A. Hidayat. 1994.** Identifikasi sifat andik pada tanah berbahan induk abu vulkanik muda Gunung Dempo di Provinsi Sumatera Selatan. Hlm 117-126. *Dalam* Risalah Seminar Hasil Penelitian Tanah dan Agroklimat. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Hikmatullah, H. Subagjo, Sukarman, dan B.H. Prasetyo. 1999.** Karakteristik Andisols berkembang dari abu vulkanik di Pulau Flores, Propinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* (17):1-13. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Le Mare, P.H. and A. Leon. 1989.** The effect of lime on adsorption and desorption of phosphate in five Colombian soils. *J. Soil Sci.* 40:59-69.
- Mizota, C. and J. Chapelle. 1988.** Characterization of some Andepts and andic soils in Rwanda, Central Africa. *Geoderma* 41:193-209.
- Mohr, E.G.J., F.A. Van Barren, and J. Van Schuylenborgh. 1972.** *Tropical Soils*. 3rd edition. The Hague, Paris.
- Moore, D.M. and R.C. Reynolds Jr. 1989.** X-ray diffraction and the identification and analysis of clay minerals. Oxford University Press.
- Oldeman, L.R. 1975.** An agroclimatic map of Java. *Contr. Centr. Res. Inst. Agric. Bogor*. No. 17.
- Parfitt, R.L. and T. Henmi. 1982.** Comparison of an oxalate extraction method and infrared spectroscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.* (28):183-190.
- Parfitt, R.L. 1983.** Identification of allophane in Inceptisols and Spodosols. *Soil Taxonomy News* No. 5, 2p.
- Parfitt, R.L. 1978.** Anion adsorption by soil and soil material. *Advn. Agron.* 30:1-50.
- Prasetyo, B.H. 2005.** Andisols : Karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 1(1). Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Sanchez, P.A. 1976.** Properties and management of soils in the tropics. John Wiley & Sons, New York. P 618.
- Schmidt, F.H. and J.H.A. Fergusson. 1951.** Rainfall Types based on Wet and Dry Period Ratios for Indonesia with Western New Guinea. *Verh.*
- Soil Survey Laboratory Staff. 1991.** Soil Survey Laboratory Methods Manual. SSIR Number 42. Version 1.0. United States Dept. of Agric. P 611.
- Soil Survey Staff. 1993.** Soil Survey Manual. USDA Handbook No. 18. United States Department of Agriculture, Washington DC.
- Soil Survey Staff. 2003.** Keys to Soil Taxonomy. Eight Edition. USDA. Natural Resources Conservation Service, Washington DC.
- Subagjo, H., B.H. Prasetyo, and A.M. Sudihardjo. 1997.** Pedogenesis of soils developed from andesitic volcanic materials at medium altitude in Mount Manglayang, Bandung Area, West Java. *AGRIVITA* 20(4):204-219.
- Sudihardjo, A.M., N. Tejoyuwono, dan D. Mulyadi. 1997.** Andisolisasi tanah-tanah di wilayah karst Gunung Kidul. Hlm 41-58. *Dalam* Subagjo *et al.* (Eds.). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI*. Buku II, Jakarta, 12-15 Desember 1995.
- Suganda, H., H. Kusnadi, dan S. Sukmana. 1994.** Pengaruh arah barisan tanaman dan bedengan dalam pengendalian erosi pada budidaya sayuran dataran tinggi. *Jurnal Tanah dan Iklim* (17):55-64. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor
- Sukarman dan D. Subardja. 1997.** Identifikasi dan karakterisasi tanah bersifat andik di Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* (15):1-10. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. Bogor.
- Tisdale, S.L., W.L. Nelson, and J.D. Beaton. 1990.** *Soil Fertility and Fertilizers*. MacMillan Publishing Company, New York.
- Uehara, G. and G. Gillman. 1981.** The mineralogy, chemistry and physics of tropical soils with variable charge clays. *Westview Tropical Agriculture Series*, No. 4. Westview Press, Boulder, CO. P 231.
- Van Reeuwijk, L.P. 1993.** Procedure for soil analysis. 4th edition. Wageningen.
- Van Wambeke, A. 1992.** Soil of the Tropic. Properties and appraisal. McGraw-Hill, Inc. P 343.
- Wada, K. and H. Aomine. 1966.** Occurrence of gibbsite in weathering of volcanic materials at Kuroishibaru, Kumamoto. *Soil Sci. Plant Nutr.* 12:151-157.
- Wada, K. and H. Aomine. 1973.** Soil development on volcanic materials during the Quaternary. *Soil Sci.* 116:170-177.
- Young, A. and I. Stephen. 1965.** Rock weathering and soil formation on high altitude plateau of Malawi. *J. Of Soil Sci.* 16:322-333.