

# Andisol dari Daerah Tondano, Sulawesi Utara: Sifat-Sifat dan Klasifikasi

Hikmatullah<sup>1</sup>

Makalah diterima 26 Juni 2006 / Disetujui 7 Februari 2007

## ABSTRACT

**Andisols from Tondano Area, North Sulawesi: Properties and Classification (Hikmatullah):** Three pedons of Andisol (TN-1, TN-2 and TN-3) developed from young volcanic materials of the Lokon, Soputan, and Lengkoan volcanoes respectively in the Tondano area, North Sulawesi, were studied in the field, and 18 soil samples were analysed in the laboratory for physical, chemical, and mineralogical properties, and they were classified according to Keys to Soil Taxonomy 2003. The results indicated that all the pedons meet the requirements of the andic soil properties, and thus classified into Andisol order. Pedon TN-1 meets bulk density  $\leq 0.90 \text{ g cm}^{-3}$ , P retention  $\geq 85\%$ , and  $(\text{Al}_o + 0.5\text{Fe}_o)$  content extracted by ammonium oxalate  $\geq 2.0\%$ , while pedons TN-2 and TN-3 meet the requirements of P retention  $\geq 25\%$ ,  $(\text{Al}_o + 0.5\text{Fe}_o)$  content  $\geq 0.4\%$ , volcanic glass content  $\geq 5\%$ , and value of  $[\%(\text{Al}_o + 0.5\text{Fe}_o) \times 15.625 + (\% \text{ volcanic glass})] \geq 36.25$ . Composition of sand mineral fraction indicate that pedon TN-1 and TN-3 show andesitic to basaltic volcanic materials, whereas pedon TN-2 with high olivine content belongs to basaltic volcanic materials. Clay minerals of all the pedons was dominated by hydrated-halloysite with few of disordered-kaolinite, which indicated a little weathering of the pedons. The pedons were classified at family level as Typic Hapludand, medial, amorphic, isothermic (TN-1), Humic Udivitrand, ashy, amorphic, isothermic (TN-2), and Alfic Hapludand, medial, glassy, isothermic (TN-3).

**Keywords:** Andisols, andic soil properties, North Sulawesi, phosphate retention, volcanic glass.

## PENDAHULUAN

Wilayah Sulawesi Utara banyak diliputi vulkan muda yang masih aktif, diantaranya di daerah Tondano terdapat G. Soputan (1.830 m), G. Lengkoan (1.282m), G. Lokon (1.579 m), dan G. Mahawu (1.311 m). Salah satu ordo tanah yang dijumpai adalah Andisol dengan penyebaran cukup luas dan banyak dimanfaatkan sebagai lahan pertanian sayuran dataran tinggi, palawija, dan tanaman tahunan (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, 1998).

Andisol adalah tanah-tanah yang mempunyai sifat-sifat andik pada  $\geq 60\%$  dari lapisan atas setebal  $\geq 60 \text{ cm}$  dari permukaan tanah apabila tidak terdapat kontak densik, litik, atau paralitik, duripan, atau horison petrokalsik pada kedalaman tersebut, atau  $\geq 60\%$  dari lapisan atas setebal  $< 60 \text{ cm}$  dari permukaan tanah apabila terdapat kontak densik, litik, atau paralitik, duripan, atau horison petrokalsik (Soil Survey Staff, 2003). Andisol

umumnya terbentuk dari bahan vulkan muda, seperti abu, tuf vulkan, dan lahar, dengan ciri-ciri morfologi yang khas, seperti warna lapisan atas gelap, konsistensi gembur dan tekstur berpasir sampai berdebu.

Penelitian Andisol di Indonesia telah banyak dilakukan, antara lain di Jawa (Yatno dan Zauyah, 2005; Van Ranst *et al.*, 2002; Arifin dan Hardjowigeno, 1997), di Sumatera (Fiantis dan Van Ranst, 1997), dan di Pulau Flores (Hikmatullah *et al.*, 2003; Sukarman dan Subardja, 1997). Akan tetapi penelitian tanah-tanah Andisol di wilayah Sulawesi Utara masih sangat sedikit dan belum banyak dipublikasikan.

Tujuan penelitian adalah untuk mempelajari sifat-sifat fisika, kimia dan komposisi mineral Andisol dari tiga vulkan muda di daerah Tondano. Hasil penelitian ini diharapkan dapat menambah pengetahuan tentang sifat-sifat dan klasifikasi Andisol di Indonesia, khususnya di wilayah Sulawesi Utara.

<sup>1</sup> Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Ir. H. Juanda No. 98 Bogor 16123, Telp. 0251-323012

## BAHAN DAN METODE

Daerah penelitian termasuk daerah Tondano, Kabupaten Minahasa Utara, Provinsi Sulawesi Utara. Daerah ini beriklim basah dengan curah hujan rata-rata tahunan sebesar 1.616 mm di Langowan (805 m dpl), 1.715 mm di Tondano (683 m dpl.) dan 1.702 mm di Tomohon (800 m dpl). Menurut Schmidt dan Ferguson (1951) daerah penelitian termasuk tipe hujan A, dengan bulan kering (< 60 mm) satu bulan dan bulan basah (> 100 mm) 8-10 bulan. Suhu udara rata-rata bulanan di Langowan bervariasi antara 22,0-22,7 °C, dan di Tomohon 19,8-21,7 °C (Pusat Penelitian

Tanah dan Agroklimat, 1997). Prediksi rejim kelembaban tanah dan suhu tanah menurut *New Simulation Model* (Van Wambeke *et al.*, 1986) menunjukkan daerah penelitian termasuk rejim kelembaban tanah udik dan rejim suhu tanah isotermik.

Menurut peta geologi Manado (Effendi, 1976), daerah penelitian termasuk formasi gunung api muda yang masih aktif, antara lain G. Soputan, G. Lengkoan, G. Lokon dan G. Mahawu (Gambar 1). Susunan bahan erupsi volkan tersebut terdiri atas abu, tuf, lava, dan lapili dengan sifat bahan andesitik sampai basaltik.



Gambar 1. Peta geologi dan lokasi penelitian.

Tabel 1. Pedon Andisol dari Daerah Tondano yang diteliti.

Pedon	Bentuk Wilayah	Lereng (%)	Elevasi (m, dpl)	Penggunaan Lahan	Jumlah Contoh	Lokasi Desa
TN-1 (G. Lokon)	Agak landai	8	880	Palawija, cengkeli, kelapa	5	Wailan
TN-2 (G. Soputan)	Datar	2	860	Jagung, kacang tanah	7	Kanonang
TN-3 (G. Lengkoan)	Agak landai	8	750	Cengkeh, palawija	6	Lengkoan

Tiga pedon Andisol, yaitu TN-1 (G. Lokon), TN-3 (G. Lengkoan), dan TN-2 (G. Sopotan) telah diteliti di lapangan dan 18 contoh tanah telah dianalisis di laboratorium. Analisis sifat fisika tanah meliputi penetapan berat isi atau BD (*bulk density*) pada retensi 33 kPa, kadar air pada retensi 1500 kPa kering udara, dan tekstur 3 fraksi dengan metode pipet. Analisis kimia meliputi penetapan pH-H<sub>2</sub>O (1:2,5) dan pH-NaF (1:50). Kadar C organik ditetapkan dengan metode Walkley and Black. Kation dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah ditetapkan dengan penjuanan ammonium asetat (NH<sub>4</sub>OAc) pH 7.0. Kadar Fe, Al dan Si ditetapkan dengan ekstraksi amonium oksalat (Al<sub>o</sub>, Fe<sub>o</sub>, Si<sub>o</sub>), dan retensi P dengan metode Blakemore (1981). Metode analisis contoh tanah tersebut diuraikan dalam *Soil Survey Laboratory Method Manual* (Soil Survey Laboratory Staff 1991). Analisis mineral fraksi pasir ditetapkan dengan metode *line counting* dengan menggunakan mikroskop polarisasi, sedangkan mineral fraksi liat ditetapkan dengan difraksi sinar X (X-ray diffractometer) dengan penjuanan Mg<sup>2+</sup>. Klasifikasi tanah ditetapkan menurut *Keys to Soil Taxonomy* sampai tingkat famili (Soil Survey Staff, 2003).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat-sifat Morfologi dan Fisika Tanah

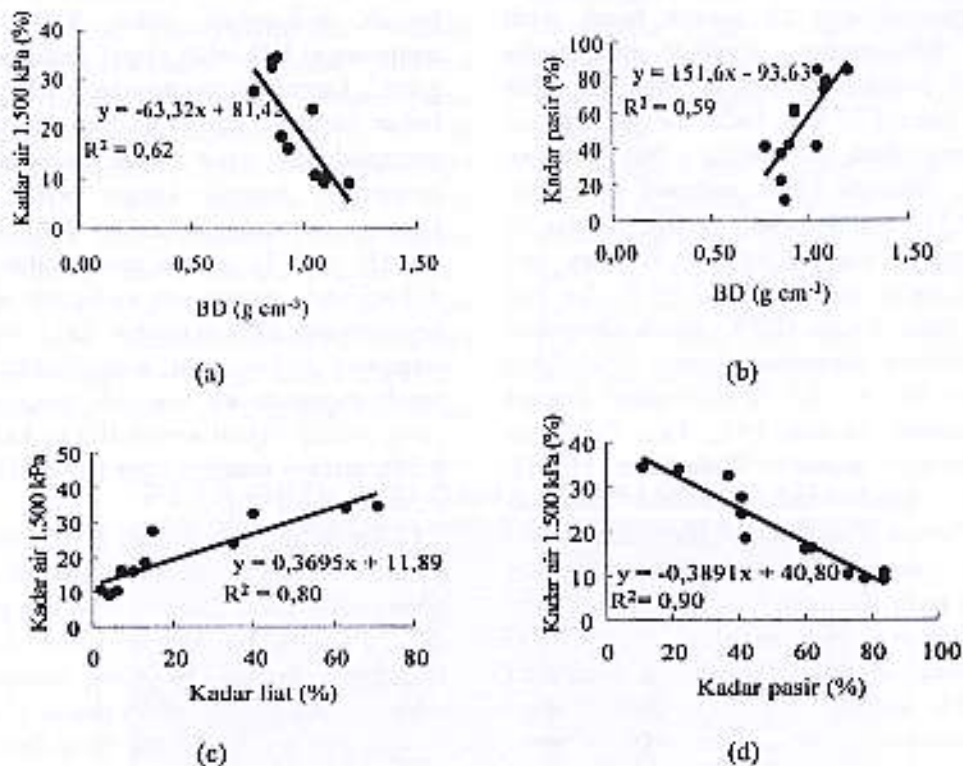
Ketiga pedon Andisol mempunyai solum sangat tebal ( $\geq 150$  cm), berwarna coklat sangat tua sampai coklat tua (10YR2/2-3/2; 7.5YR3/2) di lapisan atas, dan coklat tua sampai coklat kekuningan (7.5YR 3/3-3/4), kecuali pedon TN-2 berwarna lebih gelap (10YR3/1) di lapisan bawah (Tabel 2). Pedon TN-1 dan TN-2 bertekstur pasir berlempung sampai lempung di lapisan atas dan lempung berpasir sampai lempung di lapisan bawah. Sedangkan pedon TN-3 bertekstur lempung berliat di lapisan atas dan liat di lapisan bawah, dan kadar liat cenderung meningkat dengan kedalaman tanah. Struktur umumnya gumpal bersudut dan konsistensi gembur sampai sangat gembur di seluruh penampang tanah. Pedon TN-1 dan TN-2 memperlihatkan tutupan bahan baru dengan stratifikasi bahan erupsi yang cukup jelas. Pada pedon TN-1, perbedaan cukup jelas yang ditunjukkan oleh warna dan tekstur antara lapisan kedua dan lapisan di bawahnya, sedangkan pedon TN-2 pada lapisan ke empat dan lapisan di bawahnya.

Bobot isi atau BD tanah pedon TN-1 dan TN-3  $< 0,90$  g cm<sup>-3</sup>, baik di lapisan atas maupun lapisan bawah, sedangkan pedon TN-2 (G. Sopotan) mempunyai BD lebih tinggi yaitu antara 1,05-1,20 g cm<sup>-3</sup>, karena tekstur tanahnya lebih kasar, dimana bahan erupsi dari G. Sopotan lebih banyak mengandung pasir agak kasar. Berdasarkan persamaan regresi, ketiga pedon menunjukkan hubungan yang negatif antara BD vs kadar air 1.500 kPa ( $R^2 = 0,62$ ), artinya peningkatan nilai BD akan diikuti oleh penurunan kadar air dengan tingkat kepercayaan 62% (Gambar 2a). Dalam kasus ini, tingginya kadar pasir menyebabkan kemampuan tanah menahan air menjadi menurun. Hubungan yang positif terjadi antara BD vs kadar pasir ( $R^2 = 0,59$ ), artinya makin tinggi BD makin tinggi kadar pasir (Gambar 2b).

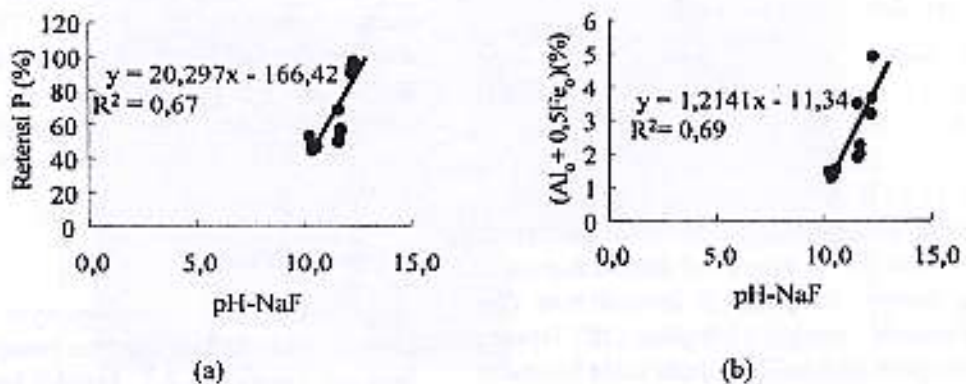
Kadar air pada retensi 1.500 kPa (pF<sub>4,2</sub>) dalam kondisi kering udara menunjukkan nilai tertinggi pada pedon TN-3 (23,9-34,0%) dan terendah pedon TN-2 (9,1-10,7%). Hal ini karena kadar liat yang tinggi pada pedon TN-3 yang mampu menahan air lebih banyak dibandingkan pedon TN-2 yang kadar liatnya rendah. Kadar air tampaknya dipengaruhi oleh tekstur tanah, makin halus tekstur makin tinggi kadar air. Hal tersebut terlihat pada hubungan kadar air vs kadar liat yang berkorelasi positif ( $R^2 = 0,80$ ) pada Gambar 2c, sedangkan kadar air vs kadar pasir menunjukkan korelasi negatif ( $R^2 = 0,90$ ) seperti pada Gambar 2d. Pedon TN-1 dan TN-3 mempunyai kadar air  $> 15\%$ , dan pada pedon TN-2 kadar air  $< 15\%$  pada retensi 1500 kPa, yang memenuhi salah syarat sifat vitrik yang menjadi pembeda pada tingkat subordo (Soil Survey Staff, 2003).

### Sifat-sifat Kimia

Semua pedon mempunyai pH-H<sub>2</sub>O agak masam, baik di lapisan atas maupun bawah, yang berkisar antara 5,5-6,1, kecuali lapisan atas pedon TN-1 dan TN-2 termasuk masam (pH 4,8-5,4). Sedangkan pH-NaF cukup tinggi berkisar antara 11,6-12,3, yang mencerminkan bahwa tanah mengandung kadar bahan amorf tinggi pada tanah-tanah vulkan muda. Kadar C organik pada semua pedon bervariasi dari rendah sampai tinggi dan menurun tidak teratur dengan kedalaman tanah. Kadar C organik di lapisan ke 5 dan 6 pedon TN-2 lebih tinggi dari lapisan di atasnya, sebagai indikasi terjadinya tutupan bahan erupsi yang lebih muda (Tabel 2).



Gambar 2. Hubungan: (a) BD vs kadar air 1500 kPa, (b) BD vs kadar pasir, (c) kadar air vs kadar liat, dan (d) kadar air vs kadar pasir.



Gambar 3. Hubungan: (a) pH-NaF vs retensi P, dan (b) retensi P vs kadar ( $Al_0 + 0,5Fe_0$ ).

Dari Tabel 2 tampak bahwa retensi P pada pedon TN-1 tinggi (> 85 %), pedon TN-2 sedang (50-68%) dan pedon TN-3 paling rendah (45-48%). Rendahnya retensi P pada pedon TN-3 berkaitan dengan rendahnya kadar  $Al_0$ ,  $Fe_0$  dan  $Si_0$ . Tingginya kadar  $Al_0$  dan  $Fe_0$  menjadi penyebab tingginya retensi P pada Andisol (Prasetyo, 2005). Retensi P tinggi merupakan salah satu ciri tanah dari bahan

volkan muda yang kaya bahan alofan (Ping *et al.*, 1988). Retensi P yang tinggi dapat mengikat (fiksasi) fosfat, sehingga hara P kurang tersedia untuk tanaman. Retensi P berkorelasi positif dengan pH-NaF ( $R^2 = 0,67$ ), artinya makin tinggi retensi P makin tinggi pH Na-F dengan tingkat kepercayaan 67% (Gambar 3).

Tabel 2. Sifat-sifat fisika dan kimia Andisol di daerah penelitian.

Pedon	Horison	Tebal horison cm	Warna matriks	Bobot isi (BD) g cm <sup>-3</sup>	Kadar air 1500 kPa %	Tekstur				pH H <sub>2</sub> O	pH NaF	C organik %	Retensi P %
						Pasir	Debu	Liat	Kelas				
<b>G. Lokon</b>													
TN-1/I	Ap	0-21	10 YR 2/2	0,90	18,5	42	45	13	I	4,8	12,3	3,70	94
	II	A2	7,5 YR 3/2	0,78	27,6	41	44	15	I	5,1	12,3	5,57	97
	III	2Bw1	7,5 YR 3/4	0,93	16,0	60	30	10	SL	5,5	12,2	3,24	90
	IV	2Bw2	7,5 YR 3/4	0,93	16,2	62	31	7	SL	5,6	12,1	2,97	-
	V	2Bw3	7,5 YR 4/4	-	-	54	36	10	SL	5,5	12,2	3,06	-
<b>G. Soputan</b>													
TN-2/I	Ap	0-13	10 YR 3/2	1,20	9,1	84	13	4	LS	5,4	11,6	1,24	50
	II	A2	10 YR 3/2	1,09	9,3	78	18	4	LS	5,8	11,7	1,41	57
	III	A3	10 YR 3/2	1,05	10,7	84	14	2	LS	6,0	11,7	1,20	56
	IV	A4	10 YR 3/1	1,08	10,2	73	21	6	LS	6,0	11,6	1,39	68
	V	2Bw1	10 YR 3/1	-	-	52	35	13	SL	6,1	11,9	2,96	82
	VI	2Bw2	10 YR 3/1	-	-	48	36	16	L	6,1	12,1	3,15	95
	VII	2Bw3	10 YR 3/4	-	-	57	32	11	SL	6,1	12,2	1,70	97
<b>G. Lengkoan</b>													
TN-3/I	Ap	0-18	7,5 YR 3/2	1,04	23,9	41	24	35	CL	6,1	10,6	1,54	47
	II	A2	7,5 YR 3/2	0,86	32,5	37	23	40	CL	5,9	10,4	1,64	45
	III	Bw1	7,5 YR 3/3	0,86	34,0	22	15	63	C	6,0	10,4	1,30	48
	IV	Bw2	7,5 YR 3/3	0,88	34,5	11	18	71	C	5,9	10,3	0,85	53
	V	Bw3	7,5 YR 3/4	-	-	12	25	63	C	6,2	10,4	0,59	*
	VI	Bw4	7,5 YR 4/4	-	-	9	20	71	C	5,9	10,7	0,44	*

Keterangan: LS=pasir berlempung, SL=lempung berpasir, L=lempung; CL=lempung berliat, C=liat.

Kadar kation dapat-tukar, terutama Ca termasuk sedang sampai tinggi pada semua pedon, sedangkan kadar Mg rendah sampai sedang. Kejenuhan basa tinggi pada pedon TN-2 dan TN-3 pada semua lapisan, sedangkan pedon TN-1 rendah sampai sedang. Kapasitas tukar kation (KTK) tanah semua pedon termasuk sedang sampai tinggi, dengan variasi antara 8-20 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> di lapisan atas dan antara 14-38 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> di lapisan bawah.

Kadar Fe<sub>o</sub> dan Al<sub>o</sub> bervariasi antara 1,01-1,21% untuk Fe<sub>o</sub>, dan 0,43-4,31% untuk Al<sub>o</sub>. Kadar (Al<sub>o</sub> + 0,5Fe<sub>o</sub>) > 2% pada pedon TN-1, dan <2% pada pedon TN-3 dan TN-2 tetapi masih >0,4% sebagai salah satu persyaratan sifat andik. Kadar (Al<sub>o</sub> + 0,5Fe<sub>o</sub>) juga berkorelasi positif dengan pH-NaF dengan cukup nyata (R<sup>2</sup> = 0,52) seperti pada Gambar 3b. Kadar Si ekstraksi amonium oksalat (Si<sub>o</sub>) pada pedon TN-1 cukup tinggi antara 1,65-2,67%, sedangkan pada pedon TN-2 dan TN-3 rendah, antara 0,04-0,89%. Menurut Parfitt dan Henmi (1982) kadar Si<sub>o</sub> dapat digunakan untuk menduga kadar alofan dalam tanah dengan formula:

% Alofan = %Si<sub>o</sub> x 7,1. Makin tinggi kadar alofan, tanah relatif belum banyak melapuk atau belum berkembang. Menurut Klages (1978) tingkat pelapukan atau perkembangan relatif tanah dapat dilihat dari rasio kation Ca<sup>2+</sup>/Mg<sup>2+</sup>, makin rendah nilai rasio tersebut, tanah relatif makin berkembang. Berdasarkan rasio tersebut, maka pedon TN-3 relatif paling berkembang (Tabel 3).

### Komposisi Mineral

Komposisi mineral fraksi pasir total ketiga pedon Andisol didominasi oleh mineral mudah lapuk termasuk gelas vulkan yang cukup tinggi (Tabel 4). Kandungan mineral mudah lapuk seperti andesin, labradorit, augit, hiperstin dan olivin masih cukup tinggi pada semua horison dari ketiga pedon. Jumlah mineral mudah lapuk, termasuk gelas vulkan, masing-masing pada pedon TN-1 sebesar 43-55%, pedon TN-2 sebesar 61-78%, dan pedon TN-3 sebesar 28-60%. Dengan demikian, ketiga pedon Andisol tersebut mempunyai

cadangan unsur hara yang cukup tinggi. Kandungan mineral resisten, seperti kuarsa dan opak relatif sedikit, yang menunjukkan tanah belum banyak melapuk.

Komposisi mineral fraksi berat menunjukkan asosiasi mineral augit, hiperstin, dan olivin, yang memperkuat dugaan bahwa bahan induk bersifat andesitik sampai basaltik, kecuali pedon TN-2 (G. Sopotan) cenderung bersifat basaltik, karena kandungan olivin yang sangat tinggi, terutama pada lapisan pertama sampai keempat. Hal ini sejalan dengan pendapat Effendi (1976) yang menyatakan bahwa bahan vulkan di wilayah Tondano bersifat andesitik sampai basaltik.

Komposisi mineral liat menunjukkan bahwa ketiga pedon yang diteliti mengandung haloisit-hidrat yang jumlahnya bervariasi dari sedikit sampai banyak, sedangkan kaolinit-disorder jumlahnya sangat sedikit sampai cukup (Tabel 5). Haloisit-hidrat merupakan mineral liat utama pada tanah-tanah yang berkembang dari bahan vulkan muda, yang diduga berasal dari lapukan alofan. Pada pedon TN-1 dan TN-2 jumlah haloisit-hidrat

banyak dengan sangat sedikit atau tanpa kaolinit-disorder. Pada pedon TN-3 jumlah kaolinit-disorder cukup banyak, yang mencerminkan pedon ini relatif lebih berkembang dari yang lainnya. Mineral alofan ternyata tidak terdeteksi pada penjujukan dengan  $Mg^{2+}$ , tetapi kadarnya dapat diduga dari kandungan  $Si_0$  seperti disajikan pada Tabel 3.

### Klasifikasi Tanah

Menurut Keys to Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2003), tanah-tanah dengan sifat andik harus mengandung <25% karbon organik dan memenuhi salah satu atau kedua dari persyaratan berikut:

1. Dalam fraksi halus harus memenuhi semua persyaratan berikut, yaitu: (a) Persentase ( $Al_0 + 0,5Fe_0$ ) sebesar > 2%; (b) Bobot isi (BD) tanah yang ditetapkan pada retensi 33 kPa adalah < 0,90 g cm<sup>-3</sup>; dan (c) Retensi fosfat adalah >85%; atau
2. Dalam fraksi halus mempunyai retensi fosfat >25%, fraksi ukuran 0,02-2 mm sebanyak

Table 3. Sifat-sifat kimia Andisol di daerah penelitian.

Pedon	Tebal horison cm	Rasio Ca/Mg	Nilai tukur kation						Ekstraksi umonium oksulut						
			Cu	Mg	K	Na	KTK	KB	Fe <sub>0</sub>	Al <sub>0</sub>	Si <sub>0</sub>	2Fe <sub>0</sub>	8Si <sub>0</sub>	(Al <sub>0</sub> +5Fe <sub>0</sub> )	Alofan
			----- cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup> -----						----- % -----						
<b>G. Lokon</b>															
TN-1/I	0-21	7,12	2,42	0,34	0,10	0,14	20	15	1,10	3,10	1,79	2,20	14,32	3,65	12,71
II	21-47	9,15	5,03	0,55	0,11	0,20	31	19	1,18	4,31	2,67	2,36	21,36	4,89	18,96
III	47-84	7,79	4,83	0,62	0,08	0,14	18	31	1,05	2,66	1,65	2,10	13,20	3,18	11,72
IV	84-155	7,15	5,08	0,71	0,06	0,11	18	33	-	-	-	-	-	-	-
V	155-180	8,00	5,76	0,72	0,10	0,16	25	27	-	-	-	-	-	-	-
<b>G. Sopotan</b>															
TN-2/I	0-13	8,35	4,59	0,55	0,49	0,12	8	71	1,11	1,33	0,61	2,22	4,88	1,89	4,33
II	13-30	11,53	8,88	0,77	0,47	0,08	21	50	1,01	1,48	0,75	2,02	6,00	1,97	5,33
III	30-44	10,65	7,24	0,68	0,15	0,06	14	58	1,02	1,73	0,89	2,04	7,12	2,24	6,32
IV	44-71	8,91	13,81	1,55	0,32	0,12	23	70	1,04	2,96	0,68	2,08	5,44	3,49	4,83
V	71-85	8,62	22,24	2,58	1,21	0,14	38	69	1,20	0,52	0,07	2,40	0,56	1,12	0,50
VI	85-110	9,87	18,76	1,90	1,29	0,13	37	60	-	-	-	-	-	-	-
VII	110-150	9,80	10,09	1,03	0,81	0,13	28	43	-	-	-	-	-	-	-
<b>G. Lengkoan</b>															
TN-3/I	0-18	2,12	6,29	2,97	0,73	0,09	18	56	1,17	0,69	0,19	2,35	1,52	1,52	1,35
II	18-45	2,69	7,98	2,97	0,34	0,31	23	51	1,08	0,43	0,04	2,15	0,32	1,29	0,28
III	45-61	2,55	8,64	3,39	0,21	0,56	23	55	1,13	0,50	0,09	2,26	0,72	1,38	0,64
IV	61-94	2,32	8,70	3,75	0,62	0,62	25	55	1,21	0,48	0,07	2,41	0,56	1,45	0,50
V	94-124	2,30	8,19	3,56	0,96	0,64	26	52	-	-	-	-	-	-	-
VI	124-160	2,38	8,06	3,38	1,01	0,58	13	20	-	-	-	-	-	-	-

Tabel 4. Komposisi mineral fraksi total dan fraksi berat pedon Andisol di daerah penelitian.

Hori- son	Fraksi total															Fraksi berat			
	op	kk	kj	kb	lm	fb	gv	ad	lb	an	hh	au	hi	ol	Total*	lh	au	hi	ol
----- % -----																----- % -----			
Pedon TN-1 (G. Lokon)																			
Ap	10	-	-	3	2	41	27	9	2	-	-	4	2	sp	44	sp	49	39	12
A2	11	-	-	2	1	42	27	6	3	1	-	3	2	1	43	20	10	61	9
Bw1	12	-	-	2	1	30	37	8	2	-	-	4	3	1	55	10	26	56	8
Bw2	10	-	-	3	1	32	39	6	2	-	-	3	4	sp	54	29	5	63	3
Pedon TN-2 (G. Sopotan)																			
Ap	10	-	sp	sp	-	12	24	3	22	2	-	5	2	20	78	-	9	12	79
A2	12	-	1	1	-	12	22	4	19	2	-	5	4	18	74	-	10	29	61
A3	7	sp	1	2	-	14	28	4	25	2	-	4	3	10	76	sp	24	20	56
A4	11	-	1	sp	-	13	21	4	26	2	-	4	3	15	75	sp	17	21	62
Bw1	18	sp	9	sp	1	6	10	15	3	1	-	12	21	4	66	-	27	67	6
Bw2	20	sp	13	sp	1	5	10	13	2	1	sp	11	22	2	61	-	27	68	5
Pedon TN-3 (G. Lengkoan)																			
Ap	14	1	2	3	1	21	33	6	6	sp	2	6	3	2	58	9	31	35	25
A2	5	1	-	2	1	31	42	7	4	1	1	2	2	1	60	11	37	47	5
Bt1	11	1	3	1	3	24	31	8	5	sp	2	4	6	1	57	12	30	51	7
Bt2	28	5	6	sp	6	25	6	7	sp	-	5	3	8	sp	29	25	12	62	1
Bt3	12	6	9	sp	8	31	5	10	sp	-	7	1	5	sp	28	55	5	35	5

Keterangan: op=opak, kk=kuarsa keruh, kb=kuarsa jernih, kb=konkresi besai, lm=lapukan mineral, fb=fragmen batuan; gv=gelas vulkan, ad=andesin, lb=labradorit, an=anortit, hh=hornblende hijau, au=augit, hi=hiperstin, ol=olivin, sp=sangat jarang/sedikit. \*) Total = jumlah mineral mudah lapuk (gelas vulkan, plagioklas, augit, hiperstin dan olivin).

Tabel 5. Komposisi mineral liat Andisol di daerah penelitian.

Pedon	Horison	Haloisit-hidrat	Kaolinit-disorder	Kelas mineralogi
TN-1 (G. Lokon)	Ap	+	-	Amorfik
	A1	+++	-	
	Bw1	+++	-	
TN-2 (G. Sopotan)	Ap	+++	(+)	Amorfik
	A3	+++	(+)	
	Bw1	+++	(+)	
TN-3 (G. Lengkoan)	Ap	++	++	Glassy
	Bt1	++	++	
	Bt3	++	++	

Keterangan: +++ = dominan; ++ = cukup; + = sedikit; (+) = sangat sedikit; - = tidak terdeteksi.

> 30%, dan semua persyaratan berikut: (a) Persentase  $(Al_2O_3 + 0,5Fe_2O_3)$  sebesar > 0,4%; (b) Persentase gelas vulkan > 5%; dan (c)  $[(Al_2O_3 + 0,5Fe_2O_3) \times (15,625)] + (\% \text{ gelas vulkan}) > 36,25$ .

Berdasarkan persyaratan tersebut, ketiga pedon memenuhi persyaratan sifat andik dan diklasifikasikan sebagai Andisol. Pedon TN-1 pada tiga lapisan pertama setebal 84 cm memenuhi persyaratan sifat andik pada butir 1 tersebut diatas,

sedangkan untuk pedon TN-2 pada empat lapisan pertama setebal 71 cm, dan pedon TN-3 pada tiga lapisan pertama setebal 61 cm memenuhi persyaratan sifat andik pada butir 2 tersebut diatas.

Pedon TN-1 mempunyai epipedon molik dan horison kambik. Rejim kelembaban tanah udik, dan rejim suhu tanah isotermik. Tekstur tanah lempungsampai lempung berpasir, tekstur modifier medial, kadar air pada retensi 1.500 kPa kering udara > 15% (16,0-27,6%) dan kadar fragmen batuan < 35%. Kelas mineralogi termasuk amorfik, karena memenuhi syarat:  $(8Si_o + 2Fe_o) > 5$  dan  $8Si_o > 2Fe_o$ . Klasifikasi tanah pada tingkat famili adalah Typic Hapludand, medial, amorfik, isotermik.

Pedon TN-2 mempunyai epipedon molik dan horison kambik. Rejim kelembaban tanah udik dan rejim suhu tanah isotermik. Tekstur pasir berlempung sampai lempung berpasir, tekstur modifier berabu dan bersifat vitrik, dengan kadar air pada retensi 1.500 kPa kering udara < 15% (9,1-10,7%), dan tanpa kering udara diasumsikan < 30%, serta kadar fragmen batuan < 35%. Kelas mineralogi termasuk amorfik. Klasifikasi tanah tingkat famili adalah Humic Udivitrant, berabu, amorfik, isotermik.

Pedon TN-3 mempunyai epipedon molik, dan horison argilik. Rejim kelembaban tanah udik dan rejim suhu tanah isotermik. Tekstur tanah liat, dan tekstur modifier medial, dengan kadar air pada retensi 1500 kPa > 15% (23,9-34,0%) dan kadar fragmen batuan < 35%. Kelas mineralogi termasuk glassy. Klasifikasi tanah tingkat famili adalah Alfic Hapludand, medial, glassy, isotermik.

### KESIMPULAN

Andisol dari daerah Tondano yang berkembang dari abu vulkan mempunyai variasi tekstur, BD, kadar air pada 1.500 kPa, kadar  $(Al_o + 0,5Fe_o)$ , retensi P, dan kadar gelas vulkan, yang memenuhi persyaratan sifat-sifat andik. Andisol dari G. Lengkoan dengan kadar liat tinggi cenderung paling berkembang dari dua pedon lainnya.

Andisol daerah Tondano mengandung mineral mudah lapuk, termasuk gelas vulkan, tinggi yang mencerminkan cadangan unsur hara tinggi. Bahan vulkan G. Lokon dan G. Lengkoan bersifat andesitik sampai basaltik, sedangkan bahan vulkan G. Soputan bersifat basaltik yang dicerminkan oleh

kadar olivin tinggi. Komposisi mineral liat didominasi haloisit-hidrat dan sedikit kaolinit-disorder yang menunjukkan bahwa bahan vulkan muda belum banyak melapuk.

Ketiga pedon Andisol diklasifikasikan pada tingkat famili sebagai Typic Hapludand, medial, amorfik, isotermik (Pedon TN-1), Humic Udivitrant, berabu, amorfik, isotermik (Pedon TN-2), dan Alfic Hapludand, glassy, amorfik, isotermik (Pedon TN-3).

### DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M., dan S. Hardjowigeno. 1997. Pedogenesis Andisols berbahan induk abu vulkan andesit dan basalt pada beberapa zone agroklimat di daerah perkebunan teh, Jawa Barat. Dalam: H. Subagjo et al (Eds), Pros. Kongres Nasional VI HITI. Buku II. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, Bogor, hal. 17-32.
- Blakemore, L.C., P.L. Searle, and B.K. Daly. 1981. Methods for chemical analysis of soil. N.Z. Soil Bureau Sci. Rep. 10A. Lower Hutt, New Zealand.
- Effendi, A.C. 1976. Peta geologi lembar Manado, Sulawesi Utara, skala 1:250.000. Direktorat Geologi, Bandung.
- Fiantis, D., and E. Van Runst. 1997. Properties of volcanic ash soil from the Merapi and Talamau Volcanoes in West Sumatra, Indonesia. Dalam: H. Subagjo et al. (Eds), Pros. Kongres Nasional VI HITI. Buku II. Himpunan Ilmu Tanah Indonesia, hal 1-15.
- Hikmatullah, H. Subagjo, and B.H. Prasetyo. 2003. Soil properties of the eastern toposequence of Mount Kelimutu, Flores island, East Nusa Tenggara and their potential for agricultural use. Indonesian J. of Agric. Sci. 4 (1): 1-11.
- Klages, M.G. 1978. Clay minerals of Montana soils formed on volcanic parent material. Soil Sci. Soc. Am. J. 42: 830-833.
- 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.
- Ping, C.L., S. Shoji, and T. Ito. 1988. Properties and classification of three ash-derived pedons from Aleutian islands and Alaska peninsula. Soil Sci. Soc. Am. J. 52: 455-462.
- Prasetyo, B.H. 2005. Andisol: Karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. J. Sumberdaya Lahan 1 (1): 1-9.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. 1998. Pemetaan sumberdaya tanah tingkat scmi detail daerah Tondano, Sulawesi Utara, untuk mendukung penyediaan air bersih dan pembangkit tenaga listrik. LREPP II Part C. Doc. No.01/98 (tidak diterbitkan).



- Schmidt, F.H., and J.H.A. Ferguson, 1951. Rainfall type based on wet and dry period ratios for Indonesia with Western New Guinea. Verh. No.42. Jawatan Met. dan Geofisik, Jakarta.
- Soil Survey Staff. 2003. Keys to soil taxonomy. 9<sup>th</sup>ed. Natural Soil Conservation Service, USDA, Washington DC.
- Soil Survey Laboratory Staff. 1991. Soil survey laboratory methods manual. Soil Survey Investigation Report No.42 Version 1.0. SCS-USDA, Washington DC.
- Sukarman, dan D. Subardja, 1997. Identifikasi dan karakterisasi tanah bersifat andik di Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur. *J. Tanah dan Iklim* 15:1-10.
- Van Ranst, E., S.R. Utami, and J. Shamsuddin. 2002. Andisols on volcanic ash from Java Island, Indonesia: Physico-chemical properties and classification. *Soil Sci.* 167:68-79.
- Van Wambeke, A., P.Hastings, and P. Tolomeo. 1985. New Simulation Model (NSM) for Moisture Regimes. Dep. Agric. Bradfield Hall. Cornell University, NY.
- Yatno, E., and S. Zuayah. 2005. Characteristics of volcanic ash soils from southern part of Mt. Tangkuban Perahu, West Java. *J. Tanah dan Iklim* 23: 24-37.