

# Karakteristik Mineralogi dan Fisiko-Kimia Tanah-Tanah dari Abu Vulkanik di Halmahera, Maluku Utara, Indonesia

*Mineralogical and Physico-Chemical Characteristics of Volcanic Ash Soils in Halmahera, North Maluku, Indonesia*

Erna Suryani\*, Hikmatullah, Suratman

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jl. Tentara Pelajar No. 12 Bogor 16114, Indonesia

---

## INFORMASI ARTIKEL

---

### Riwayat artikel:

Diterima: 22 Juni 2015

Direview: 26 Juni 2015

Disetujui: 6 Oktober 2015

---

### Kata kunci:

Abu vulkanik

Cadangan mineral

Sifat andik

Potensi tanaman pangan

### Keywords:

Volcanic ash

Mineral reserve

Andic properties

Upland food crop

**Abstrak.** Informasi tentang sifat-sifat tanah dari abu vulkanik di Pulau Halmahera bagian utara Maluku, masih sedikit. Untuk itu sifat morfologi, fisiko-kimia dan mineralogi dari enam profil tanah telah diteliti untuk menentukan jika tanah memenuhi sifat tanah andik. Penelitian dilaksanakan pada tahun 2013-2014. Komposisi mineral pasir ditentukan dengan metode *line counting*, dan mineral liat dengan *X-Ray Diffractometer* melalui penjuanan  $Mg^{2+}$ . Analisis sifat fisiko-kimia tanah meliputi: tekstur (metode pipet), pH tanah diukur di dalam  $H_2O$  dan 1 M KCl (rasio tanah dan larutan 1:5); C organik (Walkley and Black); N total (Kjeldahl); P dan K total (ekstraksi HCl 25%), P tersedia (ekstraksi Olsen dan Bray I); Ca, Mg, K, Na dapat tukar dan KTK (ekstraksi  $NH_4OAc$  pada pH 7,0), kejenuhan basa (persentase jumlah basa-basa); total hara mikro Fe, Mn, Cu, Zn, B, Ni, Cr, dan Mo (ekstraksi  $HNO_3 + HClO_4$ ). Hasil penelitian menunjukkan tanah berwarna coklat gelap sampai hitam pada lapisan atas, konsistensi gembur, tekstur sedang dengan kandungan pasir >40%. Mineral pasir didominasi oleh gelas vulkanik, labradorit, bitownit, augit dan hiperstin, sedikit andesin dan olivin yang menunjukkan abu vulkanik bersifat andesit-basalt. Fraksi liat didominasi oleh alofan dan haloisit. Tanah memiliki C organik tinggi (>3,0%) pada lapisan atas dan menurun dengan kedalaman. Reaksi tanah agak masam (pH  $H_2O$  6,0-6,5), KTK tanah rendah sampai tinggi (4-29  $cmol_c\ kg^{-1}$ ) dan kejenuhan basa tinggi (>35%). Retensi P tinggi (31-78%), demikian juga dengan pH NaF (9,23-10,92).  $Al_0+0,5Fe_0$  bervariasi dari 0,32-5,56% dan indeks sifat tanah andik:  $[(Al_0+0,5Fe_0) \times 15,625 + (\% \text{ gelas vulkanik})] >36,25$ . Retensi air pada 1.500 kPa <15%. Lima profil memenuhi sifat tanah andik diklasifikasi sebagai Andisols, dan profil lainnya sebagai Inceptisols. Kelas kesesuaian lahan termasuk sangat sesuai (S1) sampai sesuai marginal (S3) untuk tanaman pangan lahan kering, dengan faktor pembatas KTK rendah di sebagian profil, disamping bahaya erosi pada daerah berlereng >3%.

**Abstract.** Information of soil properties formed on volcanic ashes in the northern Halmahera Island, Maluku, is rather scanty. We studied the morphological, physico-chemical characteristics and mineralogical of six soil profiles to determine whether these soils meet the andic soil properties. This study was conducted in 2013-2014. Sand mineral composition was determined using line counting, and clay mineral by X-Ray Diffractometer with  $Mg^{2+}$  saturation. Analysis of physico-chemical properties are: texture (pipette method), soil pH was measured in  $H_2O$  and 1 M KCl at a 1:5 soil/solution ratio; organic C (Walkley and Black); total-N (Kjeldahl), total-P and total K (HCl 25% extraction); available-P (Olsen or Bray I extraction), and exchangeable bases and CEC ( $NH_4OAc$  pH 7.0); base saturation (sum of bases percentage); total-micronutrients Fe, Mn, Cu, Zn, B, Ni, Cr, and Mo ( $HNO_3 + HClO_4$  extraction). The topsoil was dark brown to black in color, medium texture (sand content > 40%) and friable in consistency. The composition of sand fraction was dominated by volcanic glasses, labradorite, bitownite, augite and hypersthene, with some andesine and olivine, indicating that the volcanic ash has andesit-basaltic properties. The clay fraction dominated by allophane and halloysite. These soils had a high organic C content (> 3.0%) in the topsoil which decreased with depth, slightly acidic in reaction (pH  $H_2O$  6.0-6.5), low to high CEC (4-29  $cmol_c\ kg^{-1}$ ) and high base saturation (>35%). The P retention was high (31-78%) and so was pH NaF (9.23-10.92).  $Al_0+0.5Fe_0$  varied from 0.32-5.56%, and  $[(Al_0+0.5Fe_0) \times 15.625 + (\% \text{ volcanic glasses})]$  was >36.25. Water retention at 1.500 kPa was <15%. Five profiles met the andic soil properties; thus, classified as Andisols, and the rests were classified as Inceptisols. Suitability evaluation showed that the land was very suitable to marginally suitable for upland food crops, whith the low CEC and high erosian hazard on land with slopes >3% as the limiting factors.

---

\* Corresponding author: [erna\\_suryani2004@yahoo.com](mailto:erna_suryani2004@yahoo.com)

## Pendahuluan

Data sifat-sifat tanah mempunyai peranan penting dalam perencanaan dan pengelolaan lahan pertanian. Di wilayah timur Indonesia, seperti Kepulauan Maluku, data sifat-sifat tanah belum banyak diteliti dan didokumentasikan dibandingkan dengan wilayah Indonesia barat. Dalam usaha menyediakan data tersebut, Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) telah melakukan survei dan pemetaan tanah pada skala 1:50.000 di wilayah Halmahera bagian utara seluas 578.120 ha. Sekitar 130.660 ha dari luas tersebut merupakan tanah-tanah yang terbentuk dari abu vulkanik hasil erupsi beberapa gunung api muda yang sebagian masih aktif (BBSDLP 2014a). Tanah-tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik muda mempunyai peranan penting dalam pertanian, karena mempunyai kesuburan cukup tinggi dan sangat potensial untuk pengembangan komoditas tanaman pangan, perkebunan, dan hortikultura, serta menjadi tempat konsentrasi penduduk.

Tanah-tanah yang berkembang dari abu vulkanik umumnya mengandung bahan organik dan mineral non-kristalin (amorf) tinggi. Tingginya kadar mineral amorf tersebut menyebabkan tanah-tanah mempunyai pH NaF tinggi, kadar Al dan Si ekstraksi asam oksalat tinggi, retensi fosfat tinggi, berat isi (BD) rendah, konsistensi gembur, terasa licin (*smearly*) bila dipirid, dan tanah yang terbentuk umumnya diklasifikasikan sebagai Andisols (Shoji *et al.* 1993). Sifat bahan vulkanik dapat dibedakan berdasarkan kadar SiO<sub>2</sub>: (i) masam (liparit, dasit, riolit) dengan mineral dominan kuarsa, sanidin, biotit, dan gelas vulkanik, (ii) intermedier (andesitik) dengan mineral andesin, labradorit, amfibol, hiperstin, dan augit, serta gelas vulkanik, (iii) intermedier-basa (andesit-basaltik) dengan mineral dominan augit, hiperstin, amfibol, andesin, labradorit, dan gelas vulkanik, dan (iv) basa (basaltik) dengan mineral dominan olivin, augit, hiperstin, amfibol, dan gelas vulkanik (Mohr *et al.* 1972; Shoji *et al.* 1975). Masing-masing jenis mineral tersebut memiliki tingkat kemudahan melapuk (*weatherability*) yang berbeda-beda dan merupakan sumber hara di dalam tanah (Buurman 1990; Prasetyo *et al.* 2004).

Di Indonesia, penelitian tanah-tanah yang berkembang dari bahan vulkanik telah dipeloporkan oleh Van Schuylenborgh (1957) yang meneliti tanah-tanah vulkanik bersifat andesitik di Jawa. Kemudian Tan (1965) meneliti sifat-sifat tanah Andosols dari abu vulkanik di Sumatera, dan Dudal dan Soepraptohardjo (1960) meneliti hubungan genetik antara Latosol dan Andosols dari bahan vulkanik di Jawa. Penelitian sifat-sifat morfologi, fisiko-kimia dan susunan mineral dari abu vulkanik telah pula dilaporkan

oleh peneliti terdahulu, seperti abu vulkanik Gunung Marapi dan Gunung Talamau, Sumatera Barat (Fiantis dan Van Ranst 1997; Suryani dan Prasetyo 2002), Gunung Dempo, Sumatera Selatan (Hikmatullah *et al.* 1994), Gunung Salak, Bogor (Hardjoesastro *et al.* 1983), Gunung Lawu, Malang (Subagjo dan Buurman 1980), Gunung Tangkuban Perahu, Bandung (Yatno dan Zauyah 2005), daerah perkebunan teh Ciater, Bandung (Arifin dan Hardjowigeno 1997), Gunung Merapi, Yogyakarta (Afiy dan Partoyo 2001), dan beberapa daerah vulkanik di Jawa (Van Ranst *et al.* 2002). Sedangkan di wilayah timur Indonesia, penelitian sifat-sifat tanah dari abu vulkanik masih sedikit, antara lain dilaporkan oleh Sukarman dan Subardja (1997); Hikmatullah dan Nugroho (2010) yang meneliti beberapa daerah di Pulau Flores; Minahasa, Sulawesi Utara oleh Hikmatullah (2008).

Penelitian sifat-sifat tanah vulkanik di daerah yang masih sedikit datanya sangat diperlukan untuk memahami lebih baik tentang sifat-sifat tanah tersebut dalam mendukung pengelolaan lahan yang rasional dan untuk memperkaya serta melengkapi data yang sudah ada. Penelitian bertujuan untuk mempelajari sifat morfologi, fisiko-kimia, susunan mineral pada tanah-tanah yang berkembang dari abu vulkanik di Halmahera bagian utara, Maluku, menguji sifat-sifat andik tanah, dan menetapkan klasifikasi tanah menurut Soil Taxonomy 2014 (Soil Survey Staff 2014) serta menilai kesesuaiannya untuk tanaman pangan.

## Bahan dan Metode

Daerah penelitian termasuk daerah beriklim kering dengan curah hujan rata-rata tahunan 1.616 mm di stasiun Tobelo (10 m dpl) dan 1.715 mm di stasiun Jailolo (12 m dpl). Sebaran curah hujan rata-rata bulanan di Stasiun Jailolo dan Tobelo disajikan pada Gambar 1. Daerah Tobelo termasuk zone agroklimat C1, yang dicirikan oleh jumlah bulan kering (BK < 100 mm) < 2 bulan, dan bulan basah (BB ≥ 200 mm) 5-6 bulan, sedangkan daerah Jailolo termasuk zone D1 dengan BK < 2 bulan, dan BB 3-4 bulan (Oldeman *et al.* 1980). Suhu udara rata-rata bulanan di stasiun Jailolo berkisar antara 26,3-26,9°C. Prediksi menggunakan *New Simulation Model* (Van Wambeke *et al.* 1986) menunjukkan daerah penelitian mempunyai rejim kelembaban tanah *udic* dan rejim suhu *isohyperthermic*.

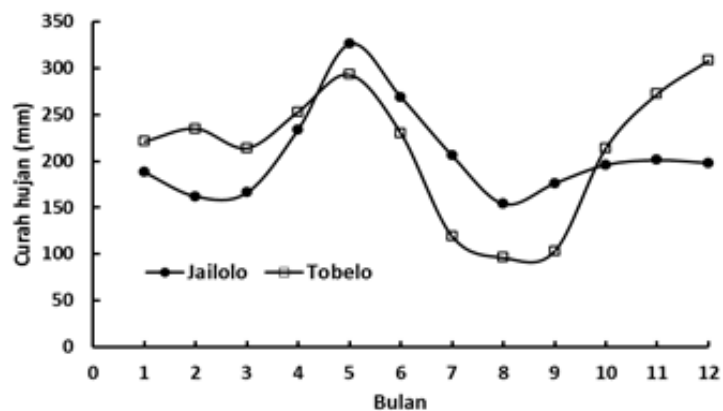
Pulau Halmahera bagian utara banyak dipengaruhi oleh aktivitas gunung api berumur Kuartar yang membentuk formasi batuan vulkanik (Supriatna 1980), yaitu abu, tuf, lava dan breksi andesit (*Qhva*), lava basalt (*Qhvb*), dan

tufa bersusunan lempung tufaan (*Qht*). Diantara gunung api yang masih aktif di wilayah tersebut adalah Gunung Kiarang (1.185 m), Gunung Gamkonora (1.611 m), dan Gunung Ibu (1.500 m). Gunung api lainnya adalah Gunung Gotlamo (500 m), Gunung Togohi (1.288 m), dan Gunung Sahu (1.300 m).

Penelitian di lapangan dilakukan melalui survei dan pemetaan tanah pada tahun 2013 sampai 2014. Sebanyak enam profil tanah yang berkembang dari abu vulkanik (PD5, PD8, HT3, HT4, AR80, dan WG26) di daerah Halmahera bagian utara telah diteliti sifat-sifat morfologinya di lapangan mengacu pada *Guideline for Soil Profile Description* (FAO 1990). Lokasi profil dan kondisi lingkungannya disajikan pada Tabel 1.

Sebanyak 25 contoh tanah yang berasal dari profil tersebut telah dipilih dan dianalisis di laboratorium Balai Penelitian Tanah. Analisis sifat-sifat fisiko-kimia tanah meliputi: penetapan tekstur tiga fraksi (metoda pipet), pH tanah diukur di dalam H<sub>2</sub>O dan 1 M KCl (rasio tanah dan larutan 1:5) dan pH NaF (rasio 1:50). Kadar C organik (Walkley and Black). Kation dapat ditukar (Ca, Mg, K dan Na) dan kapasitas tukar kation (KTK) tanah menggunakan penjenuhan ammonium asetat (NH<sub>4</sub>OAc) pH 7,0.

Kadar Fe, Al dan Si ekstraksi amonium oksalat (Al<sub>o</sub>, Fe<sub>o</sub>, Si<sub>o</sub>) dan retensi P (Blakemore *et al.* 1987), kadar alofan tanah diduga dari kadar Si<sub>o</sub> dengan rumus: %Si<sub>o</sub> x 7,1 (Parfitt dan Henmi 1982). Metode analisis sifat fisiko-kimia tanah mengacu Petunjuk Teknis Analisis Kimia,



Gambar 1. Grafik curah hujan rata-rata bulanan di stasiun Jailolo dan Tobelo

Figure 1. Mean monthly rainfall distribution at Jailolo and Tobelo stations

Tabel 1. Lokasi profil tanah-tanah dari abu vulkanik di Halmahera

Table 1. Locations of the volcanic ash soil profiles in Halmahera

Profil	Koordinat geografis	Landform	Relief	Elevasi	Penggunaan lahan	Lokasi
PD5	1° 49' 58" LU 127° 47' 14" BT	Lereng bawah	% lereng Agak datar (3%)	m dpl 100	Pisang, pala	Dukolamo, Galela Barat
PD8	1° 43' 3" LU 127° 58' 22" BT	Lereng bawah	Landai (10%)	200	Kelapa, pala	Gamsungi, Tobelo
HT3	1° 10' 6" LU 127° 26' 29" BT	Lereng bawah	Landai (8%)	160	Pala, pisang	Tacim, Jailolo
HT4	1° 10' 17" LU 127° 28' 42" BT	Lereng bawah	Landai (8%)	145	Padi, cabe, pisang	Gamsungi, Jailolo
AR80	1° 29' 30" LU 127° 36' 20" BT	Lereng bawah	Agak landai (6%)	158	Kb. campuran	Ds Podol, Kec. Ibu
WG26	1° 08' 20" LU 127° 07' 30" BT	Lereng bawah	Agak landai (5%)	150	Kb. campuran	Tacim, Jailolo

dpl = di atas permukaan laut

Air, Pupuk dan Tanaman (Suleman dan Eviati 2012). Retensi air pada 1.500 kPa (kering udara) diduga dari formula pedotransfer menurut Rawl (1983) [Retensi air 1.500 kPa = - 0,188 x % pasir + 26,09].

Analisis mineral fraksi pasir ditetapkan dengan metode *line counting* menggunakan mikroskop polarisasi, dan mineral liat dengan analisis difraksi sinar-X melalui penjujukan Mg<sup>2+</sup> (Van Reeuwijk 1987; Buurman 1990). Jumlah cadangan mineral mudah lapuk dihitung dari persentase mineral mudah lapuk dalam susunan mineral fraksi pasir total (Pramuji dan Bastaman 2009). Sifat-sifat andik dan klasifikasi tanah ditetapkan menurut *Keys to Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2014).

## Hasil dan Pembahasan

### Sifat-sifat morfologi

Berdasarkan pengamatan sifat-sifat morfologi tanah di lapangan bahwa semua profil tanah abu vulkanik yang diteliti mempunyai solum tebal (> 100 cm), berwarna hitam sampai kelabu sangat gelap di horizon A dan horizon B bagian atas, dan pada beberapa profil menunjukkan adanya perbedaan bahan vulkanik yang diendapkan dari hasil erupsi (Tabel 2). Ketebalan horizon A bervariasi antara 16 sampai 42 cm, dan horizon B umumnya tebal (> 75 cm). Warna hue umumnya 7,5YR sampai 10YR dengan value 2 sampai 2,5 dan khroma 1

Tabel 2. Sifat-sifat morfologi tanah-tanah abu vulkanik di Hamahera

Table 2. Morphological characteristics of volcanic ash soils in Halmahera

Horison	Kedalaman cm	Warna matrik	Tekstur <sup>1</sup>	Struktur <sup>2</sup>	Konsistensi <sup>3</sup> lembab; basah	Rasa licin	Batas horison
<b>Profil PD5</b>							
Ap	0-23	Hitam (7,5YR 2,5/1)	SiL	1-m-sb	vf; ss, sp	-	Jelas rata
Bw1	23-60	Coklat gelap kekuningan (10YR 4/4)	L	1-m-sb	f; ss, sp	-	Jelas rata
2Bw2	60-95	Coklat (7,5YR 4/2)	L	1-m-sb	f; ss, sp	-	Jelas rata
2Bw3	95-120	Coklat gelap (7,5YR 3/2)	SiL	1-m-sb	f, ss, sp	Agak licin	
3Bw4	120-140	Coklat sangat gelap (10YR 3/2)	SiCL	1-m-sb	f, ss, sp	Agak licin	
<b>Profil PD8</b>							
A1	0-16	Hitam (10YR 2/1)	L	1-m-gr	vf; ns, np	-	Jelas rata
2A2	16-42	Hitam (2,5YR 2,5/1)	SL	1-m-gr	vf; ns, np	-	Jelas rata
3Bw1	42-65	Coklat gelap kekuningan (10YR 3/4)	L	1-m-ab	f; ns, np	-	Jelas rata
3Bw2	65-120	Coklat gelap kekuningan (10YR 4/4)	L	1-m-ab	f; ss, sp	Agak licin	
<b>Profil HT3</b>							
A	0-18	Kelabu sangat gelap (7,5YR 2,5/2)	L	1-f-gr	vf; ns, np	-	Jelas rata
Bw1	18-32	Kelabu sangat gelap (7,5YR 2,5/3)	L	1-m-ab	f; ns, np	-	Jelas rata
Bw2	32-58	Coklat (7,5YR 5/3)	SL	1-m-gr	f; ns, np	-	Jelas rata
Bw3	58-85	Coklat gelap (7,5YR 3/4)	L	1-m-gr	f; ns, np	-	Jelas rata
Bw4	85-120	Coklat gelap (7,5YR 3/4; pink 7,5YR 7/3)	L	1-m-sb	f; ns, np	-	
<b>Profil HT4</b>							
Ap	0-28	Kelabu sangat gelap (7,5YR 2,5/2)	SL	1-m-sb	vf; ns, np	-	Jelas rata
Bw1	28-54	Kelabu sangat gelap (7,5YR 2,5/3)	SL	1-m-gr	vf; ns, np	-	Jelas rata
Bw2	54-80	Coklat gelap (7,5YR 3/3)	SL	1-m-gr	vf; ns, np	-	Jelas rata
Bw3	80-120	Coklat gelap (7,5YR 3/4)	SL	1-m-gr	f; ns, np	-	
<b>Profil AR80</b>							
A	0-17	Coklat sangat gelap (10YR 3/2)	CL	1-m-ab	f; ns, np	-	Jelas rata
2Bw1	17-38	Coklat gelap (10YR 3/3)	L	2-m-ab	f; ss, sp	-	Jelas rata
2Bw2	38-90	Coklat gelap kekuningan (10YR 3/4)	L	2-m-sb	f; ss, sp	Agak licin	
<b>Profil WG26</b>							
A	0- 35	Coklat gelap ( 10YR 3/3)	SL	1-f-gr	f; ns, np	-	Jelas rata
Bw1	35-60	Coklat gelap (7,5YR 3/4)	SL	1-f-gr	f; ns, np	-	Jelas rata
2Bw2	60-95	Coklat (7,5YR 4/4)	SL	1-f-gr	f; ns, np	Agak licin	Jelas rata
2Bw3	95-140	Coklat kuat (7,5YR 4/6)	SL	-	f; ns, np	Agak licin	

<sup>1</sup> Tekstur: L = lempung (*loam*); SL = lempung berpasir (*sandy loam*); SiL = lempung berdebu (*silt loam*); SiCL = lempung liat berdebu (*silty clay loam*).

<sup>2</sup> Struktur, tingkat: 1 = lemah; 2 = cukup; 3 = kuat; Ukuran: f = halus (*fine*); m = sedang (*medium*); c = kasar (*coarse*); Bentuk: sb = gumpal membulat (*subangular blocky*); ab = gumpal bersudut (*angular blocky*); gr = remah (*granular*).

<sup>3</sup> Konsistensi, lembab: vf = sangat gembur (*very friable*); f = gembur (*friable*); Basah: ss = agak lekat (*slightly sticky*); ns = tidak lekat (*not sticky*); sp = agak plastis (*slightly plastic*); np = tidak plastis (*not plastic*).

sampai 2 di horizon A dan 2,5 sampai 4 di horizon B. Horizon A berwarna lebih gelap daripada horizon B, karena pengaruh kadar bahan organik yang lebih tinggi. Hasil penelitian serupa telah dilaporkan dari bahan abu vulkanik Gunung Kimangbuleng Flores (Sukarman dan Subardja 1997), Gunung Kelimutu, Flores (Hikmatullah *et al.* 2003), dan Gunung Soputan, Sulawesi Utara (Hikmatullah 2008).

Semua profil mempunyai drainase baik dan konsistensi gembur sampai sangat gembur dalam keadaan lembab, yang sangat mendukung kemudahan pengolahan tanah dan perakaran tanaman. Konsistensi dalam keadaan basah tidak lekat sampai agak lekat, dan tidak plastis sampai agak plastis. Tekstur tanah bervariasi dari lempung sampai lempung berpasir atau termasuk kelas sedang. Tingkat perkembangan tanah masih lemah yang ditandai oleh struktur yang mudah pecah, ukuran sedang sampai halus, dan bentuk gumpal agak bersudut sampai granular. Sifat *smearly* (rasa licin jika dipirid) tanah-tanah tersebut tidak terdeteksi, hal ini diduga karena pengaruh fraksi pasir yang cukup tinggi. Hasil serupa dijumpai pada sifat morfologi abu vulkanik dari erupsi Gunung Merapi (Afany dan Partoyo 2001) dan Gunung Soputan yang banyak mengandung pasir (Hikmatullah 2008). Hanya sebagian lapisan bawah dari profil PD5, PD8 dan AR80 yang mempunyai sedikit sifat *smearly*. Beberapa profil menunjukkan perbedaan bahan yang diendapkan yang dicirikan oleh perbedaan warna, tekstur, dan beberapa sifat kimia. Keadaan ini merupakan gejala umum morfologi tanah dari bahan abu vulkanik yang diendapkan dari beberapa kali erupsi (Ping *et al.* 1988).

### Komposisi mineral

Data susunan mineral fraksi pasir berguna untuk mengetahui sifat dan sumber bahan induk, tingkat pelapukan, dan jumlah cadangan mineral mudah lapuk sebagai sumber hara tanah (Tafakresnanto dan Prasetyo 2001). Hasil analisis mineral fraksi pasir menunjukkan bahwa empat profil tanah didominasi oleh gelas vulkanik dan mineral mudah lapuk. Kadar gelas vulkanik bervariasi antara 10-49%, kecuali profil HT3 dan HT4, 1-5%. Gelas vulkanik (kaya silika) bersifat mudah larut dan cepat melapuk pada kondisi tanah lembab dan membentuk mineral non kristalin. Kadar mineral mudah lapuk terdiri dari grup plagioklas (andesin, labradorit, bitownit) bervariasi antara 1-27%, grup piroksen (augit, hiperstin, enstatit) berkisar antara 1-16%, dan olivin (1-2%). Mineral plagioklas dan piroksen mempunyai sebaran yang mendominasi semua profil. Mineral olivin dijumpai hanya sedikit pada profil PD8, HT3, HT4, yang diduga sebagian

besar telah melapuk, karena mineral ini paling mudah lapuk (Buurman 1990). Mineral amfibol (hornblende) tidak dijumpai pada semua profil. Kadar fragmen batuan masih cukup tinggi (>20%), kecuali pada profil PD8 dan AR80. Di dalam fragmen batuan masih mengandung mineral mudah lapuk, tetapi jenisnya tidak terdeteksi. Berdasarkan asosiasi susunan mineral tersebut menunjukkan bahwa tanah-tanah yang diteliti berkembang dari bahan abu vulkanik bersifat andesit-basalt (andesit basaltik). Mineral mudah lapuk antara lain plagioklas merupakan sumber hara Ca, Na; mineral piroksen sebagai sumber hara Mg, Fe dan Ca; dan mineral olivin sebagai sumber hara Mg dan Fe dalam tanah (Prasetyo *et al.* 2004).

Jumlah cadangan mineral mudah lapuk (*weatherable minerals*) tergolong tinggi sampai sangat tinggi (48-89%), yang mencerminkan cadangan unsur hara dalam tanah untuk tanaman dapat tersedia untuk jangka panjang. Sedangkan mineral tahan lapuk (resisten) seperti opak dan kuarsa umumnya rendah, kecuali pada profil HT3 dan HT4 kadar mineral opak cukup tinggi, yang mencerminkan kedua profil tersebut lebih melapuk dibandingkan lainnya.

Mineral mudah lapuk adalah jenis mineral yang dapat melapuk dan melepaskan unsur-unsur penyusunnya ke dalam tanah pada waktu proses pembentukan tanah. Sedangkan mineral resisten merupakan mineral yang sukar lapuk, sehingga walaupun tanah telah mengalami perkembangan lanjut (mineral mudah lapuk telah habis), mineral resisten masih tetap ada dan mendominasi mineral fraksi pasir.

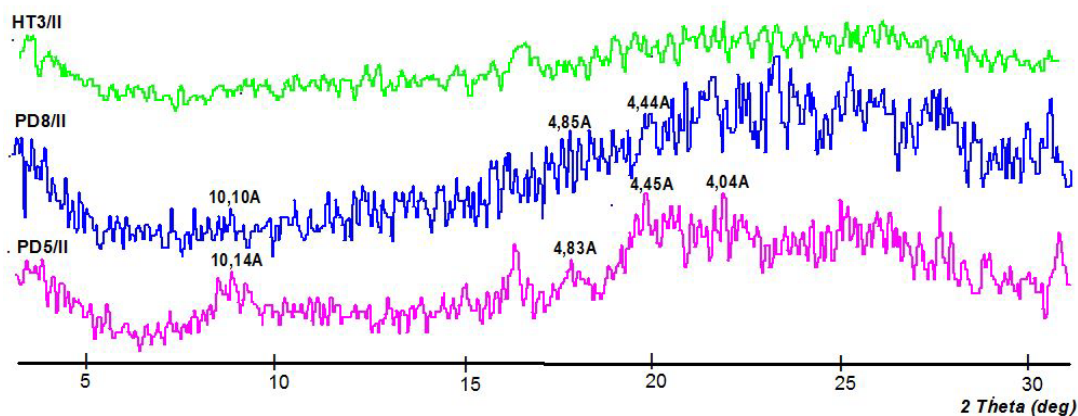
Mineral liat merupakan hasil pelapukan secara kimia mineral primer atau hasil pembentukan baru (*neoformation*) di dalam tanah (Allen dan Hajek 1989). Eswaran (1979); Delvaux *et al.* (1989) mengemukakan bahwa pelapukan bahan vulkanik di daerah tropis menghasilkan alofan, haloisit, smektit, kaolinit, goetit dan gibsit. Di antara mineral liat tersebut alofan dan haloisit merupakan fraksi liat dominan. Komposisi mineral liat pada beberapa profil yang diteliti disajikan pada Gambar 2. Pada gambar tersebut terlihat bahwa difraktogram sinar X profil PD5, PD8 dan HT3 pada perlakuan  $Mg^{2+}$  menghasilkan grafik dengan puncak-puncak rendah/kecil dan tidak runcing (*big and broad shoulder diffraction peak*), yang menandakan mineral liat mengandung banyak mineral amorf (alofan). Hardjoesastro *et al.* (1983) menyebutkan bahwa difraktogram tidak berbentuk atau puncak-puncak yang tidak runcing mengindikasikan fraksi didominasi oleh mineral amorf. Penelitian serupa pada tanah-tanah dari abu vulkanik di Flores telah pula dilaporkan Sukarman dan Subardja (1997), Hikmatullah *et al.* (1999).

Tabel 3. Komposisi mineral fraksi pasir pada tanah-tanah abu vulkanik di Halmahera

Table 3. Composition of the sand fraction of the volcanic ash soils in Halmahera

Profil	Kedalaman	Opak	Zirkon	Kuarsa keruh	Kuarsa bening	Limoniit	Zeolit	Lapukan mineral	Fragmen batuan	Gelas vulkanis	Oligoklas	Andesin	Labradorit	Bitownit	Anortit	Sanidin	Hornblende injau	Augit	Hiperstin	Olivin	Diopsid	Cad. Mineral*
	cm	..... % .....																				
PD5	0-23	11	-	-	-	1	sp	1	30	18	-	-	22	4	-	-	-	4	9	sp	-	57
	23-60	10	-	-	-	1	sp	3	26	19	-	sp	24	4	-	-	-	6	7	sp	-	60
	60-90	10	-	-	-	sp	sp	5	27	24	-	sp	20	2	-	-	-	3	9	sp	-	58
	90-120	9	-	-	-	sp	sp	6	25	25	-	sp	21	1	-	-	-	5	8	sp	-	60
PD8	0-16	6	-	-	-	sp	-	sp	6	43	-	-	17	3	sp	-	-	15	9	sp	1	88
	16-41	5	-	-	-	sp	-	sp	6	47	-	-	16	2	sp	-	-	14	9	sp	1	89
	41-65	4	-	-	-	sp	-	sp	7	49	-	-	16	2	sp	-	-	14	7	1	sp	89
	65-120	4	-	-	-	sp	-	sp	8	48	-	-	15	3	sp	-	-	13	8	1	sp	88
HT3	0-18	46	-	-	sp	5	1	sp	29	1	-	1	3	10	1	-	-	2	1	sp	-	19
	18-32	45	-	-	sp	8	sp	-	31	1	-	sp	sp	11	sp	-	-	1	1	2	-	16
	32-58	40	-	-	1	9	sp	-	32	1	-	1	1	11	-	-	-	1	2	1	-	18
	58-85	40	-	-	1	10	sp	-	28	2	-	1	1	12	-	-	-	1	3	1	-	21
HT4	0-28	31	sp	-	3	6	2	1	22	5	-	2	19	2	sp	-	-	1	4	2	-	35
	28-54	30	-	-	1	6	sp	sp	22	5	-	3	20	3	sp	-	-	4	6	sp	-	41
	54-80	30	sp	-	3	4	sp	2	19	5	-	4	17	4	sp	1	-	4	6	1	-	42
	80-120	32	sp	-	2	5	sp	1	20	4	-	3	20	3	sp	sp	-	4	5	1	-	40
AR80	0-17	13	-	-	sp	1	sp	1	6	37	-	-	25	2	-	-	-	7	8	sp	-	79
	17-38	15	-	-	sp	sp	sp	sp	6	39	-	sp	27	sp	-	-	-	4	9	sp	-	79
	38-90	14	-	-	2	1	-	-	2	46	-	sp	17	-	-	-	-	6	12	sp	-	81
WG26	0-35	6	-	1	4	1	-	4	25	20	sp	9	13	-	-	-	sp	5	12	-	-	59
	35-60	7	-	3	11	2	-	4	25	10	1	3	13	-	-	-	sp	5	16	sp	-	48
	60-95	9	-	sp	22	sp	-	5	6	22	1	3	11	sp	-	-	sp	6	15	-	-	58

Keterangan: sp = sporadis; \* = cadangan mineral mudah lapuk sebagai sumber hara dalam tanah



Gambar 2. Difraktogram sinar-X mineral liat pada tanah abu vulkanik di Halmahera

Figure 2. X-ray diffractograms of the clay fraction of the volcanic ash soils in Halmahera

Selain alofan grafik menunjukkan adanya haloisit yang terdeteksi pada puncak difraksi 10,10-10,14°A dan 4,44-4,45°A, terutama pada profil PD5 dan PD8. Wada (1989) mengemukakan bahwa haloisit terbentuk dari pelapukan alofan, namun banyak peneliti mengungkapkan haloisit terbentuk langsung dari abu vulkanik sama halnya dengan alofan (Parfitt *et al.* 1983, Parfitt *et al.* 1984, Singleton *et al.* 1989). Adanya haloisit menurut Dixon (1989), Allen dan Hajek (1989) merupakan indikasi bahwa tanah masih tergolong muda. Beberapa studi menyatakan bahwa haloisit merupakan bentuk awal dari sistem pelapukan aktivitas larutan silika tinggi sebelum akhirnya ditransformasi ke bentuk yang lebih stabil (McIntosh 1979, Singleton *et al.* 1989). Selain mineral liat, juga ditemukan gipsit pada puncak difraksi 4,83-4,85°A, dan kristobalit pada 4,04°A.

### Sifat-sifat kimia

Kadar C organik tanah di lapisan atas umumnya tinggi (>3,0%) dan menurun sejalan bertambahnya kedalaman

tanah. Pada beberapa profil terdapat lapisan yang mempunyai kenaikan kadar C organik, pola ini merupakan cerminan dari sifat pengendapan bahan erupsi vulkanik secara periodik. Reaksi tanah (pH H<sub>2</sub>O) termasuk agak masam dengan kisaran yang kecil, yaitu 6,0 sampai 6,5 dan tidak menunjukkan pola kenaikan atau penurunan dengan kedalaman tanah. Nilai pH tersebut cukup ideal untuk pertumbuhan sebagian besar tanaman, karena unsur hara tersedia dalam keadaan seimbang.

Kation dapat ditukar didominasi oleh Ca<sup>2+</sup> dan Mg<sup>2+</sup>, dengan urutan sebagai berikut: Ca<sup>2+</sup>>Mg<sup>2+</sup>>K<sup>+</sup>≈Na<sup>+</sup>. Kadar kation Ca<sup>2+</sup> berkisar antara 3,98-17,01; Mg<sup>2+</sup> 0,37-3,80; K<sup>+</sup> 0,10-3,71; dan Na<sup>+</sup> 0,12-1,36 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. Kejenuhan basa umumnya sedang sampai tinggi (45-100%) pada semua lapisan profil, menunjukkan tanah masih mengalami tingkat pelapukan awal, dimana pencucian basa-basa belum intensif.

Kapasitas tukar kation (KTK) tanah bervariasi antara 4-29 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>, termasuk rendah sampai tinggi. Nilai KTK bervariasi dari rendah sampai tinggi diduga berkaitan

Tabel 4. Sifat fisiko-kimia tanah-tanah abu volkan di Halmahera

Table 4. Physical and chemical characteristics of the volcanic ash soils in Halmahera

Profil	Horison cm	Tekstur				pH H <sub>2</sub> O	C org. %	Eks. HCl 25%		Nilai Tukar Kation (NH <sub>4</sub> OAc pH 7,0)							
		Pasir %	Debu %	Liat %	Kelas <sup>1</sup>			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mg 100g <sup>-1</sup>	K <sub>2</sub> O mg 100g <sup>-1</sup>	Ca	Mg	K	Na	Jumlah cmol <sub>c</sub> kg <sup>-1</sup>	KTK <sup>2</sup> %	Kej basa %	
PD5/I	0-23	61	20	19	SL	6,0	4,07	158	75	13,64	2,65	1,56	0,18	18,03	18,78	96	
	II	23-60	63	23	14	SL	6,3	1,04	71	98	11,76	2,37	2,00	0,57	16,70	15,22	>100
	III	60-95	74	20	6	SL	6,4	0,11	29	61	6,83	1,60	0,96	0,33	9,72	10,28	95
	IV	95-120	73	21	6	SL	6,4	0,10	30	62	6,45	1,50	1,03	0,35	9,33	6,94	>100
	V	120-140	71	20	9	SL	6,4	0,48	157	177	15,43	2,58	3,71	1,36	23,08	23,98	96
PD8/I	0-16	83	13	4	LS	6,2	3,70	66	22	10,23	2,21	0,43	0,29	13,16	10,55	>100	
	II	16-42	77	10	13	SL	6,1	0,39	107	15	1,31	0,37	0,10	0,08	1,86	3,87	48
	III	42-65	66	22	12	SL	6,0	1,24	53	13	4,86	1,25	0,22	0,25	6,58	6,30	>100
	IV	65-120	69	14	17	SL	6,1	0,74	31	20	4,21	0,86	0,34	0,25	5,66	8,37	68
HT3/I	0-18	62	21	17	SL	6,5	3,19	22	63	9,96	2,42	1,26	0,35	13,99	12,10	>100	
	II	18-32	63	20	17	SL	6,2	1,00	10	25	5,03	1,17	0,50	0,26	6,96	9,23	75
	III	32-58	70	17	13	SL	6,2	1,17	7	36	8,60	1,27	0,72	0,35	10,94	11,22	98
	IV	58-85	65	20	15	SL	6,1	0,83	4	19	10,86	1,45	0,38	0,84	13,53	11,87	>100
	V	85-120	67	21	12	SL	6,1	0,88	2	10	11,15	1,62	0,20	0,94	13,91	12,38	>100
HT4/I	0-28	53	27	20	SL	6,1	3,24	68	51	9,89	1,75	0,99	0,26	12,89	11,94	>100	
	II	28-54	59	27	14	SL	6,0	0,82	27	13	4,24	0,88	0,26	0,27	5,65	7,50	75
	III	54-80	73	14	13	SL	6,2	0,66	26	23	8,75	1,56	0,46	0,39	11,16	11,69	95
	IV	80-120	66	23	11	SL	6,2	0,80	14	13	9,24	1,55	0,25	0,50	11,54	11,07	>100
AR80	0-17	43	30	27	CL	6,4	3,89	43	30	10,50	1,26	0,53	0,12	12,41	26,89	46	
	II	17-38	50	32	18	L	6,4	4,86	44	24	17,01	3,80	0,44	0,14	21,39	28,69	75
	III	38-90	49	31	20	L	6,2	1,52	16	7	4,56	0,56	0,14	0,58	5,84	23,68	25
WG26	0-35	40	39	21	L	6,0	4,60	19	15	8,20	2,39	0,17	0,17	10,93	24,52	45	
	II	35-60	38	45	17	L	6,1	3,21	12	10	8,34	1,42	0,09	0,24	10,09	22,28	45
	III	60-95	52	31	17	SL	6,1	2,32	5	7	9,80	1,47	0,09	0,31	11,67	21,74	54
	IV	95-140	66	21	13	SL	6,3	0,44	2	6	3,98	0,64	0,09	0,17	4,88	9,91	49

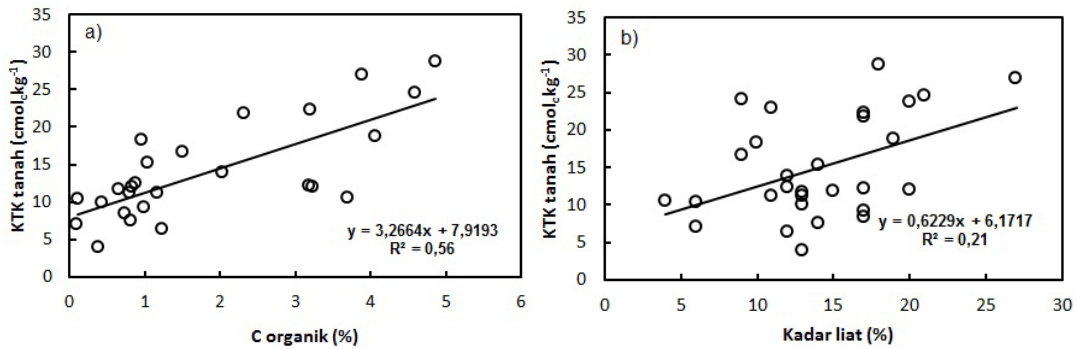
<sup>1</sup> Keterangan : SL = lempung berpasir (*sandy loam*); L = lempung (*loam*); CL = lempung berliat (*clay loam*); LS = pasir berlempung (*lomy sand*).

<sup>2</sup> KTK = kapasitas tukar kation tanah (*soil cation exchange capacity*)

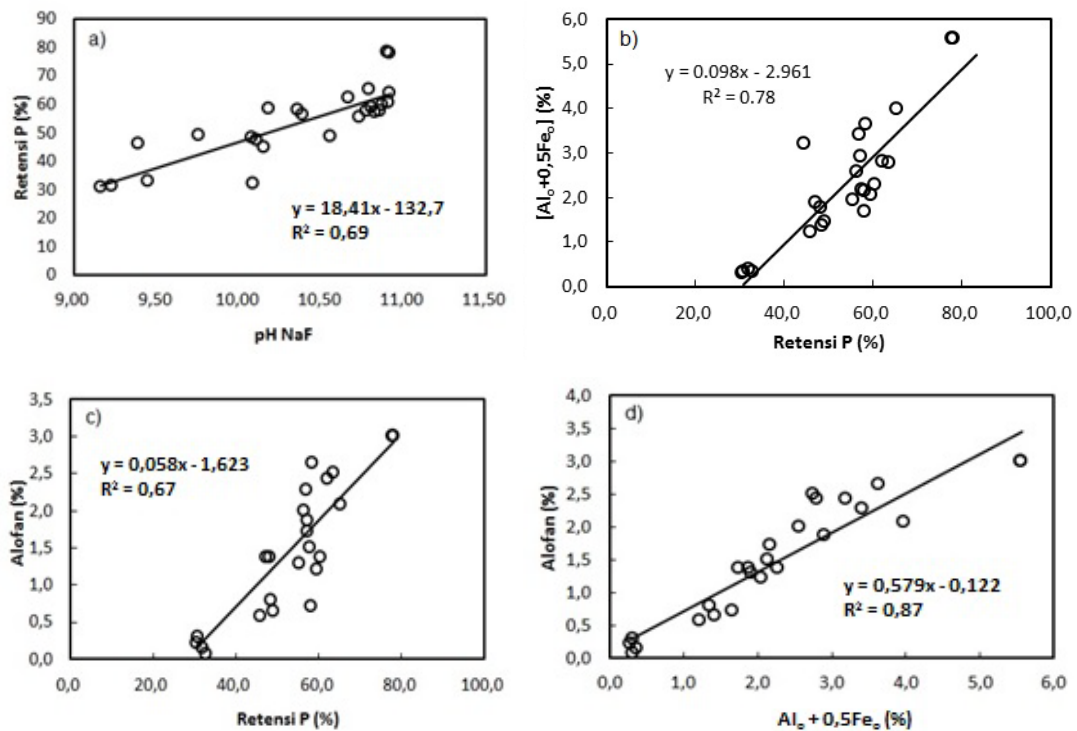
dengan kadar C organik yang juga rendah sampai tinggi di dalam tanah, sementara kadar liat rendah (4-27%). Gambar 3 menunjukkan hubungan antara KTK tanah dan C organik ( $R^2 = 0,56$ ), dan KTK tanah dan kadar liat ( $R^2 = 0,21$ ). Berdasarkan koefisien determinasi ( $R^2$ ) tersebut dibuktikan bahwa KTK tanah lebih ditentukan oleh C organik dibandingkan liat. Sumbangan liat terhadap KTK diduga berasal dari mineral haloisit. Berdasarkan puncak difraksi mineral tersebut terdeteksi (10,10-10,14°A), maka mineral liat haloisit yang dijumpai memiliki 4 H<sub>2</sub>O (Halloysite 4H<sub>2</sub>O). Menurut Grim (1968), haloisit 4H<sub>2</sub>O

mempunyai KTK sebesar 0,4-0,5 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup> atau setara dengan 40-50 cmol<sub>c</sub> kg<sup>-1</sup>. Karena jumlahnya yang sedikit di dalam tanah, maka sumbangannya terhadap KTK tanah juga kecil.

Nilai pH NaF pada semua profil tanah vulkanik yang diteliti bervariasi antara 9,16 sampai 10,92, yang menjadi salah satu indikator tanah mengandung bahan amorf cukup tinggi dalam kompleks pertukaran. Nilai pH NaF berkorelasi positif dengan retensi P ditunjukkan koefisien determinasi,  $R^2 = 0,69$  (Gambar 4), artinya bahwa kenaikan pH NaF akan diikuti oleh kenaikan retensi P. Perlu



Gambar 3. Hubungan antara KTK tanah dan C organik (a), dan KTK tanah dan kadar liat (b)  
 Figure 3. Relationship between CEC and organic C (a), and CEC and clay content (b)



Gambar 4. Hubungan pH NaF dan retensi P (a), retensi P dan kadar (Al<sub>o</sub>+0,5Fe<sub>o</sub>) (b), retensi P dan kadar alofan (c), dan kadar (Al<sub>o</sub>+0,5Fe<sub>o</sub>) dan kadar alofan (d)

Figure 4. Relationship of pH NaF and P retention (a), P retention and Al<sub>o</sub>+0.5Fe<sub>o</sub>, P retention and allophan content (c), and Al<sub>o</sub>+0.5Fe<sub>o</sub> and allophan content (d)



diketahui bahwa pH NaF bukan penentu adanya mineral amorf pada fraksi liat tanah vulkanik, tetapi sebagai indikator lapang adanya sifat andik pada tanah (Soil Survey Staff 2014). Retensi P umumnya tinggi (> 25%), tetapi masih lebih rendah dari 85%, yang mengindikasikan kadar bahan amorf (alofan) masih cukup tinggi dan terjadi fiksasi P dalam kompleks Al-P untuk tanah bereaksi masam, atau Ca-P untuk tanah yang bereaksi basa.

Menurut Wada (1989) penggunaan amonium oksalat ditujukan untuk mengekstrak: (a) aluminium dari alofan, imogolit, dan kompleks Al-humus ( $Al_o$ ), (b) besi dari ferihidrit dan kompleks Fe-humus ( $Fe_o$ ), dan (c) silika dari alofan dan imogolit ( $Si_o$ ). Hasil analisis menunjukkan kadar  $Fe_o$ ,  $Al_o$  and  $Si_o$  ekstraksi asam oksalat bervariasi cukup lebar dari rendah sampai tinggi. Kadar  $Fe_o$  berkisar antara 0,27-1,53%,  $Al_o$  antara 0,14-4,91%, dan  $Si_o$  antara

0,03-0,35%. Kadar  $Si_o$  umumnya rendah sebagai indikasi bahwa kadar alofan dalam tanah juga rendah, sedangkan kadar  $Al_o$  seperti pada profil AR80, WG26, dan HT3 cukup tinggi. Kadar ( $Al_o+0,5Fe_o$ ) sebagai salah satu indikator sifat andik, mempunyai korelasi positif dengan retensi P dengan nilai  $R^2 = 0,78$  (Gambar 4).

Kadar alofan yang diduga dengan rumus Parfitt dan Henmi (1982) menunjukkan nilai yang berkisar antara 0,07-3,0% yang tergolong rendah, karena kadar  $Si_o$  juga rendah. Rendahnya alofan tercermin pada konsistensi tanah yang umumnya tidak *meary* dan retensi air pada 1.500 kPa yang rendah (<15%). Kadar  $Si_o$  yang rendah diduga berhubungan dengan kondisi curah hujan di wilayah tersebut yang tidak terlalu tinggi, sehingga pencucian kurang intensif (Parfitt dan Kimble 1989). Kadar alofan berkorelasi positif dengan retensi P dan

Tabel 5. Persyaratan sifat-sifat tanah andik

Table 5. Requirements of the andic soils properties

Profil	Tebal horison cm	pH-NaF	Retensi P	Gelas volkan	Ekstr. asam oksalat			Kadar		Indeks andik <sup>1</sup>	Ret. air 1.500 kPa <sup>2</sup>
					$Al_o$	$Fe_o$	$Si_o$	( $Al_o+0,5Fe_o$ )	Alofan		
					%					%	
PD5/I	0-23	10,80	58,3	18	1,05	1,23	0,10	1,67	0,71	44,02	14,6
II	23-60	9,76	49,1	19	0,79	1,28	0,09	1,43	0,64	41,34	14,2
III	60-95	9,23	31,1	24	0,17	0,29	0,04	0,32	0,29	28,92	12,2
IV	95-120	9,16	30,7	25	0,14	0,27	0,03	0,28	0,21	29,30	12,4
V	120-140	9,39	46,0		0,51	1,42	0,08	1,22	0,57	19,06	12,7
PD8/I	0-16	9,45	33,0	43	0,17	0,30	0,01	0,32	0,07	48,00	10,5
II	16-42	10,09	32,0	47	0,19	0,35	0,02	0,37	0,14	52,70	11,6
III	42-65	10,56	48,7	49	1,01	0,69	0,11	1,36	0,79	70,17	13,7
IV	65-120	10,73	55,4	48	1,48	0,88	0,18	1,92	1,29	78,00	13,1
HT3/I	0-18	10,91	60,4	1	1,68	1,19	0,19	2,28	1,36	36,55	14,4
II	18-32	10,92	63,7	1	2,05	1,42	0,35	2,76	2,50	44,13	14,2
III	32-58	10,67	62,2	1	2,03	1,53	0,34	2,80	2,43	44,67	12,9
IV	58-85	10,39	56,4	2	1,82	1,50	0,28	2,57	2,00	42,16	13,9
V	85-120	10,36	58,0	2	1,70	0,88	0,21	2,14	1,50	33,44	13,5
HT4/I	0-28	10,87	59,7	5	1,48	1,13	0,17	2,05	1,21	36,95	16,1
II	28-54	10,78	57,5	5	1,52	1,30	0,24	2,17	1,71	37,91	15,0
III	54-80	10,08	48,4	5	1,00	1,50	0,19	1,75	1,36	32,34	12,4
IV	80-120	10,11	47,3	4	1,23	1,32	0,19	1,89	1,36	33,53	13,7
AR80/I	0-17	10,90	78,1	37	4,91	1,30	0,42	5,56	3,00	123,88	18,0
II	17-38	10,79	65,3	39	3,38	1,17	0,29	3,97	2,07	100,95	16,7
III	38-90	10,92	77,9	46	4,91	1,29	0,42	5,56	3,00	132,80	16,9
WG26/I	0-35	10,86	57,3	20	2,47	0,88	0,26	2,91	1,86	65,47	18,6
II	35-60	10,83	57,0	10	2,87	1,07	0,32	3,41	2,28	63,20	18,9
III	60-95	10,81	58,6	22	3,24	0,80	0,37	3,64	2,64	78,88	16,3
IV	95-140	10,15	44,6	-	2,99	0,41	0,34	3,20	2,43	-	13,7

<sup>1</sup> Indeks sifat andik:  $[(Al_o+0,5Fe_o) \times 15,625] + [\% \text{ gelas volkan}] = 36,25$  atau lebih

<sup>2</sup> Diduga dari formula: Kadar air 1.500 kPa =  $-0,188 \times \% \text{ pasir} + 26,09$

kadar ( $Al_0+0,5Fe_0$ ) dengan nilai  $R^2$  masing-masing 0,67 dan 0,87 (Gambar 4). Kadar alofan yang tinggi akan diikuti oleh tingginya retensi P dalam tanah, yang mengakibatkan fosfat menjadi kurang tersedia di dalam tanah. Kondisi ini merupakan gejala umum pada tanah-tanah yang berkembang dari abu vulkan muda (Prasetyo 2005).

**Sifat-sifat andik dan klasifikasi tanah**

Menurut Soil Survey Staff (2014), tanah dapat digolongkan mempunyai sifat-sifat andik apabila dalam fraksi halus (0,05-2,0 mm) mempunyai: Kadar C organik < 25% (berdasarkan berat) dan memenuhi salah satu atau kedua butir persyaratan berikut:

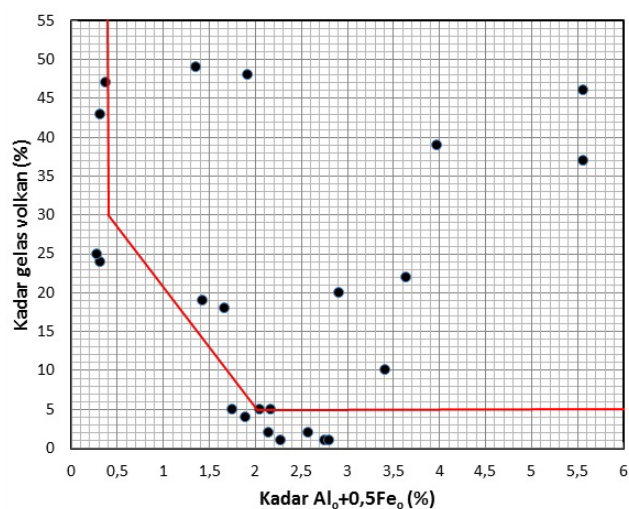
1. Semua persyaratan berikut: (a) berat isi (BD) pada tegangan 33 kPa sebesar  $\leq 0,90 \text{ g cm}^{-3}$ , (b) retensi fosfat  $\geq 85\%$ , dan (c) kadar  $Al_0+0,5Fe_0$  (ekstraksi asam oksalat)  $\geq 2,0\%$ , atau
2. Semua persyaratan berikut: (a) kadar pasir (0,02-2,0 mm)  $\geq 30\%$ , (b) retensi fosfat  $\geq 25\%$ , (c) kadar  $Al_0+0,5Fe_0$  (ekstraksi asam oksalat)  $\geq 0,4\%$ , (d) kadar gelas vulkan  $\geq 5\%$ ; dan (e) nilai indeks:  $[(Al_0+0,5Fe_0) \times 15,625] \times (\% \text{ gelas vulkan}) \geq 36,25$ .

Berdasarkan persyaratan andik tersebut, maka profil tanah PD5, PD8, HT4, AR80, dan WG26 termasuk mempunyai sifat andik yang memenuhi butir 1 dan 3 di atas. Oleh karena itu, kelima profil tersebut dapat diklasifikasikan sebagai *Andisols*. Profil PD8 dan HT4 memenuhi persyaratan minimum sifat andik (di daerah perbatasan). Profil PD8 memenuhi sifat andik mulai lapisan kedua dengan kadar ( $Al_0+0,5Fe_0$ ) minimum 0,4%, sedangkan profil HT4 memenuhi sifat andik dengan kadar gelas vulkan minimum 5%. Profil HT3 tidak memenuhi sifat andik maupun vitrandik, karena kadar gelas volkannya < 5%, walaupun persyaratan lainnya terpenuhi, sehingga diklasifikasikan sebagai *Inceptisols*.

Pada tingkat subgrup, ketiga profil PD5, PD8, dan HT4 diklasifikasikan sebagai *Humic Udivitrands*, karena mempunyai retensi air pada 1.500 kPa < 15% (kering udara) dan < 30% (kondisi lembab), rejim kelembaban tanah *Udic*, dan mempunyai epipedon molik dengan horison penciri kambik. Rejim kelembaban *Udic* adalah rejim kelembaban tanah yang ditunjukkan oleh penampang kontrol tanah tidak kering di sebarang bagiannya selama 90 hari kumulatif dalam tahun-tahun normal dengan curah hujan menyebar merata (Soil Survey Staff 2014). Menurut Klasifikasi Tanah Nasional (BBSDLP 2014b), profil di atas diklasifikasikan sebagai *Andosol Vitrik*. Sedangkan profil AR80 dan WG26 diklasifikasikan sebagai *Typic*

*Hapludands*, karena mempunyai rejim kelembaban tanah *Udic*, dan mempunyai retensi air pada 1.500 kPa >15% (kering udara) dan >30% (kondisi lembab), sehingga tidak memenuhi sifat subgrup *Vitric*. Sistem Klasifikasi Tanah Nasional (BBSDLP 2014b) mengklasifikasikannya sebagai Andosol Molik.

Profil HT3 mempunyai epipedon molik dan horison penciri kambik. Kadar gelas volkannya <5% pada semua lapisan, sehingga tidak memenuhi persyaratan sifat tanah andik. Kejenuhan basa tinggi ( $\geq 60\%$ ). Klasifikasi tanah pada tingkat subgrup *Molik Eutrudepts*. Padananya menurut Klasifikasi Tanah Nasional (BBSDLP 2014b) adalah Kambisol Molik.



Gambar 5. Sebaran data contoh tanah dengan sifat andik (bagian kanan garis merah)

Figure 5. Distribution of soil sample data with andic properties (right hand of the red line)

**Kesesuaian lahan untuk tanaman pangan**

Hasil evaluasi lahan terhadap komoditas tanaman pangan lahan kering, seperti jagung, kedele, kacang tanah dan ubi jalar dengan mengacu kepada Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (BBSDLP 2011) menunjukkan bahwa profil PD5 sangat sesuai (S1) untuk keempat komoditas tanaman pangan tersebut, sesuai marginal (S3) untuk profil PD8, dan cukup sesuai (S2) untuk profil lainnya (HT3, HT4, AR80 dan WG26). Sifat fisik-kimia tanah berupa retensi hara (nr) dan ketersediaan hara (na), kecuali KTK tanah rendah (< 16  $cmol_c \text{ kg}^{-1}$  pada profil HT3 dan HT4), drainase, tekstur, kejenuhan basa, pH, C organik,  $P_2O_5$  dan  $K_2O$  total sangat sesuai untuk pertumbuhan tanaman pangan. Selain KTK yang rendah, lereng >3% menjadi faktor pembatas kesesuaian lahan tanaman pangan lahan kering selain profil PD5. Hasil pe-

Tabel 6. Kesesuaian lahan untuk tanaman pangan lahan kering

Table 6. Land suitability for the upland annual food crops

Profil/klasifikasi tanah	Kelas kesesuaian lahan untuk komoditas*			
	Jagung	Kedele	Kac. tanah	Ubi jalar
PD5: Humic Udivitrands/Andosol Vitrik	S1	S1	S1	S1
PD8: Humic Udivitrands/Andosol Vitrik	S3eh	S3eh	S3eh	S3eh
HT3: Molik Eutrudepts/Kambisol Eutrik	S2nr/eh	S2nr/eh	S2nr/eh	S2nr/eh
HT4: Humic Udivitrands/Andosol Vitrik	S2nr/eh	S2nr/eh	S2nr/eh	S2nr/eh
AR80: Typic Hapludands/Andosol Molik	S2eh	S2eh	S2eh	S2eh
WG26: Typic Hapludands/Andosol Molik	S2eh	S2eh	S2eh	S2eh

\* Keterangan: S1 = sangat sesuai, S2 = cukup sesuai, dan S3 = sesuai marginal

Faktor pembatas: nr = retensi hara (*nutrient retention*); eh = bahaya erosi (*erosion hazard*)

nilai kesesuaian lahan untuk empat komoditas tanaman pangan disajikan pada Tabel 6.

### Implikasi pengelolaan lahan untuk pertanian

Tanah-tanah dari abu vulkanik di Halmahera mempunyai sifat-sifat fisika, kimia dan mineral yang cukup baik. Hal ini tercermin dari solum tebal, tekstur sedang, drainase baik, dan konsisten gembur, yang memudahkan pengolahan tanah dan perkembangan perakaran tanaman. Kadar bahan organik cukup tinggi di lapisan atas, reaksi tanah agak masam, dan kation dapat ditukar Ca dan Mg cukup tinggi merupakan keuntungan bagi ketersediaan hara untuk tanaman. Selain itu, cadangan mineral mudah lapuk yang sangat tinggi merupakan sumber suplai/pasokan unsur hara yang dapat menjamin ketersediaan hara untuk jangka panjang (Prasetyo 2005, Subardja dan Buurman 1980).

Tanah-tanah di daerah penelitian telah diusahakan untuk tanaman semusim, seperti jagung dan kacang-kacangan, serta tanaman tahunan, seperti kelapa, pala, dan cengkeh. Salah satu masalah penting adalah kemiringan lereng yang dapat mengakibatkan erosi dan longsor, terutama pada tanah yang diusahakan untuk tanaman semusim. Secara periodik, tanah-tanah berlereng yang diolah untuk tanaman semusim, permukaan tanah menjadi terbuka pada beberapa waktu, sehingga berpotensi erosi. Untuk itu diperlukan penerapan teknik konservasi tanah yang tepat, seperti pembuatan teras gulud, penanaman menurut kontur, dan sistem penanaman tanaman penutup tanah pada garis kontur (Suganda *et al.* 1997).

Sebagian tanah-tanah tersebut mempunyai retensi P tinggi yang dapat menghambat ketersediaan P tanah untuk tanaman. Oleh sebab itu, dosis P yang tinggi perlu dipertimbangkan untuk diterapkan. Selain itu, meskipun bahan organik yang relatif cukup tinggi di lapisan atas, penting

diperhatikan untuk dipertahankan statusnya dengan cara penambahan bahan organik yang berasal dari pupuk hijau, sisa tanaman, dan sumber bahan organik lainnya, untuk meningkatkan KTK tanah, sehingga kesuburan tanah tetap terpelihara. Disamping itu, pengaturan pola tanam juga perlu dilakukan agar kebutuhan air dari curah hujan selama masa tanam dapat terpenuhi.

### Kesimpulan

Tanah-tanah yang berkembang dari abu vulkanik di Pulau Halmahera bagian utara Maluku mempunyai solum tebal (> 100 cm), berwarna hitam sampai kelabu sangat gelap di horizon A dan horizon B bagian atas, di beberapa profil menunjukkan adanya perbedaan pengendapan bahan, dicirikan oleh perbedaan warna, tekstur, dan beberapa sifat kimia. Tekstur sedang, drainase baik dan konsistensi gembur sampai sangat gembur, yang sangat mendukung kemudahan pengolahan tanah dan perakaran tanaman. Mineral fraksi pasir didominasi oleh mineral mudah lapuk, seperti gelas vulkanik, grup plagioklas (andesin, labradorit, bitownit), dan grup piroksen (augit, hiperstin, enstatite), serta olivin dalam jumlah sedikit. Asosiasi mineral tersebut menunjukkan abu vulkanik bersifat andesit-basalt. Kecuali pada HT3 dan HT4, mineral-mineral tersebut dijumpai dalam jumlah tinggi sampai sangat tinggi (48-89%) yang menunjukkan cadangan unsur hara akan tersedia untuk jangka panjang.

Difraktogram sinar X pada perlakuan  $Mg^{2+}$  menunjukkan bahwa tanah banyak mengandung alofan. Selain alofan, terdapat haloisit hidrat, gibsit dan kristobalik. Identifikasi di lapang menunjukkan bahwa semua profil memiliki sifat tanah andik ditunjukkan oleh pH NaF yang berkisar antara 9,16-10,92. Namun analisis laboratorium menunjukkan bahwa hanya lima profil (PD5, PD8, HT4,

AR80, dan WG26) memiliki sifat tanah andik, dengan retensi P tinggi (31-78%), Al + 0,5Fe diekstrak amonium oksalat ( $Al_0+0,5Fe_0$ ) sebesar 0,32-5,56%, indeks sifat tanah andik [ $\% (Al_0+0,5Fe_0) \times 15,625 + (\% \text{ gelas vulkanik})$ ] >36,25; dan retensi air pada 1.500 kPa <15%. Oleh karena itu kelima profil diklasifikasikan sebagai *Andisols*, dan profil lainnya sebagai *Inceptisols*.

Sifat kimia tanah cukup subur untuk mendukung pertumbuhan tanaman pangan bila dilihat dari C organik tinggi (>3,0%), reaksi tanah agak masam (pH  $H_2O$  6,0-6,5), kation dapat ditukar bervariasi, kadar  $Ca^{2+}$  berkisar antara 3,98-17,01;  $Mg^{2+}$  0,37-3,80;  $K^+$  0,10-3,71; dan  $Na^+$  0,12-1,36  $cmol_c\ kg^{-1}$ . Kejenuhan basa umumnya sedang sampai tinggi (45-100%). Hasil evaluasi menunjukkan lahan tergolong sangat sesuai (S1) sampai sesuai marginal (S3) untuk tanaman jagung, kedelai, kacang tanah dan ubi jalar. Faktor pembatas untuk kelas S2 dan S3 adalah KTK tanah rendah (< 16  $cmol_c\ kg^{-1}$  pada profil HT3 dan HT4), dan bahaya erosi cukup tinggi pada daerah berlereng >3% sehingga diperlukan teknik konservasi.

## Ucapan Terima Kasih

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Badan Litbang Pertanian yang telah mendanai penelitian ini. Ucapan yang sama disampaikan kepada Sdr. Ponidi, SP dan Sdr. Soleh, SP yang telah membantu penelitian dan pengambilan contoh tanah di lapangan, dan kepada staf teknis laboratorium yang telah membantu analisis kimia dan mineral tanah.

## Daftar Pustaka

- Afany, M.R. dan Partoyo. 2001. Pencirian abu vulkanik segar Gunung Merapi Yogyakarta. *J. Tanah dan Air* 2(2):88-96.
- Allen, B.L. dan B.F. Hajek. 1989. Mineral occurrence in soil environments. Pp 199-278. In Dixon, J.B. dan S.B. Weed, editors. *Minerals in Soil Environments*. 2<sup>nd</sup> Edition. SSSA Book series No. 1. Madison: Wisconsin.
- Arifin, M. dan S. Hardjowigeno. 1997. Pedogenesis Andisol berbahan induk abu vulkan andesit dan basalt pada beberapa zone agroklimat di daerah perkebunan teh Jawa Barat. Hlm 17-32. *Dalam Subagyo et al. (Eds.)* Prosiding Kongres Nasional VI Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), Jakarta 12-15 Des. 1995. Buku II.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2014a. Identifikasi Potensi Sumberdaya Lahan untuk Pengembangan Pertanian di Kalimantan, Sulawesi, Nusa Tenggara, dan Maluku. Dok. No. 24/LA/BBSDLP/2014.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2014b. Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Edisi 1. Badan Litbang Pertanian, Bogor 45 hal.
- BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2011. Petunjuk teknis evaluasi lahan untuk komoditas pertanian. Edisi Revisi. Badan Litbang Pertanian, Bogor. 161 hal.
- Blakemore, L.C., P.L. Searle, dan B.K. Daly. 1987. *Methods for chemical analysis of soils*. N.Z. Soil Bureau Scientific Report 80. N.Z. Soil Bureau. Lower Hutt. New Zealand. 103p.
- Buurman, P. 1990. Chemical, Physical, dan Mineralogical Characteristics for The Soil Data Base. Technical Report No.7, Version 2.1. Land Resource Evaluation and Planning Project, Soil Data Base Management. Center for Soil and Agroclimate Research, Bogor.
- Delvaux, B., J.E. Dufey, L. Vievoeye, dan A.J. Herbillon. 1989. Potassium exchange behavior in a weathering sequence of volcanic ash soils. *Soil Science Society of America Journal* 53:1679-1684.
- Dixon, J.B. 1989. Kaolin and serpentine group minerals. In: Dixon, J.B., S.B. dan Weed., editors. *Minerals in Soil Environments*. 2<sup>nd</sup> Edition. SSSA Book series No. 1. Madison: Wisconsin. Pp. 199-278.
- Dudal, R. dan M. Soeprahardjo. 1960. Some considerations on the genetic relationship between Latosols and Andosols in Java (Indonesia). *Trans. of the 7<sup>th</sup> Int. Congr. of Soil Sci.* IV. Madison. Wisconsin. USA. Vol. 4:229-237.
- Eswaran, H. 1979. The alteration of plagioclases and augites under differing pedo-environmental conditions. *Soil Science Society of America Journal* 30:547-555.
- FAO. 1990. *Guidelines for Soil Profile Description*. FAO/UNESCO. Rome, Italy.
- Fiantis, D. dan E. Van Ranst. 1997. Properties of volcanic ash soil from the Merapi and Talamau volcanoes in West Sumatra, Indonesia. Hlm 1-15. *Dalam Subagyo et al. (Eds.)* Prosiding Kongres Nasional VI Himpunan Ilmu Tanah Indonesia (HITI), Jakarta 12-15 Des. 1995. Buku II.
- Grim, R.E. 1968. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill. New York, 596 pp.
- Hardjoesastro, R., H. Suyanto, dan A.M. Satari. 1983. Andosols dari daerah Sukamantri Kabupaten Bogoe. *Pemberitaan Penel. Tanah dan Pupuk* 2:18-29.
- Hikmatullah, H. Djohar, dan A. Hidayat. 1994. Identifikasi sifat andik pada tanah berbahan induk abu vulkanik muda Gunung Dempo di Sumatera Selatan. Hlm 117-126. *Dalam Djohar et al. (Eds.)* 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, Nusa Tenggara Timur. *J. Tanah dan Iklim* 17:1-3.

- Hikmatullah, H. Subagyo, dan B.H. Prasetyo. 2003. Soil properties of the eastern toposequence of Mt. Kelimutu, Flores Island, East Nusa Tenggara and their potential for agricultural use. *Indon. J. of Agric. Sci.* 4(1):1-11.
- Hikmatullah. 2008. Andisol dari daerah Tondano Sulawesi Utara: sifat-sifat dan klasifikasi. *J. Tanah Tropika* 13(1):77-85.
- Hikmatullah dan K. Nugroho. 2010. Tropical volcanic soils from Flores Island. *Indonesian Journal of Tropical Soils* 15:83-93.
- McIntosh, P. 1979. Halloysite in a New Zealand tephra and paleosol less than 2500 years old. *New Zealand Journal Science* 22:49-54.
- Mohr, E.C.J., F.A. Van Baren, dan J. Van Schuylenborgh. 1972. Tropical soils. A comprehensive study of their genesis. third edition. Mouton-Ichtiar Baru-Van Hoeve, The Hague, Paris, Jakarta.
- Oldeman, L.R., Irsal Las, dan Muladi. 1980. An Agroclimatic map of Maluku and Irian Jaya, scale 1:4.500.000. *Contr. Centr. Res. Inst. Agric.* No. 60, Bogor. 20p.
- Parfitt, R.L. dan J.M. Kimble. 1989. Conditions for formation of allophane in soils. *Soil Sci Soc. Am. J.* 53:971-977.
- Parfitt, R.L. dan T. Henmi. 1982. Comparison of an oxalate extraction method and infrared stereoscopic method for determining allophane in soil clays. *Soil Sci. Plant Nutr.* 28:183-190.
- Parfitt, R.L., M. Russell, dan G.E. Orbell. 1983. Weathering sequence of soils from volcanic ash involving allophane and halloysite, New Zealand. *Geoderma* 29:41-57.
- Parfitt, R.L., M. Saigusa, dan J.D. Cowie. 1984. Allophane and halloysite formation in a volcanic ash bed under different moisture conditions. *Soil Science* 138:360-364.
- Ping, C.L., S. Shoji, dan T. Ito. 1988. Properties and classification of three volcanic ash-derived pedons from Aleutian Islands and Alaska peninsula, Alaska. *Soil Sci. Soc. Am. J.* 52:455-462.
- Pramuji dan M. Bastaman. 2009. Teknik analisis mineral tanah untuk menduga cadangan sumber hara. *Bulletin Teknik Pertanian* 14(2):80-82.
- Prasetyo, B.H., J.S. Adiningsih, K. Subagyo, dan R.D.M. Simanungkalit. 2004. Mineralogi, kimia, fisika, dan biologi lahan sawah. Hlm 29-82. *Dalam F. Agus (Eds.) Tanah Sawah dan Teknologi Pengelolannya.* Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Prasetyo, B.H. 2005. Andisol: karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. *J. Sumberdaya Lahan* 1(1):1-9.
- Rawl, W.L. 1983. Estimating soil bulk density from particle size analysis and organic matter content. *Soil. Sci.* 135:123-125.
- Shoji, S., S. Kobayashi, I. Yamada, dan J. Masui. 1975. Chemical and mineralogical studies on volcanic ashes: I. Chemical composition of volcanic ashes and their classification. *Soil Sci. Plant Nutr.* 21(4):311-318.
- Shoji, S., M. Nanzyo, dan R.A. Dahlgren. 1993. Volcanic ash soils: Genesis, properties and utilization. *Development in Soil Science* Vol. 21, Elsevier. 288 pp.
- Singleton, P.L., M. McLeod, dan H.J. Percival. 1989. Allophane and halloysite content and soil solution silicon in soils from rhyolitic volcanic material, New Zealand. *Aust. Journal Soil Res* 27:67-77.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. 12<sup>th</sup> Edition. United States Departement of Agriculture. Natural Resources Conservation Service.
- Subagjo, H. dan P. Buurman. 1980. Soil catena on the west and north-east slopes of the Lawu Volcano, East Java. Pp 49-70. *In P. Buurman (ed) Red Soils in Indonesia.* Agric. Res. Report 889, Bulletin No. 5, Soil Research Institute, Bogor. Centre for Agric. Publ. and Doc. Wageningen.
- Subardja, D.S. P. dan Buurman. 1980. A toposequence of Latosols on volcanic rocks in the Bogor-Jakarta areas. Pp 25-48. *In Buurman P, editor. Red Soils in Indonesia.* Bogor: Soil Research Institute.
- Suganda, H., M. Sodik Djunaedi, D. Santoso, dan S. Sukmana. 1997. Pengaruh cara pengendalian erosi terhadap aliran permukaan, tanah tererosi dan produksi sayuran pada Andisols. *J. Tanah dan Iklim* 15:38-50.
- Sukarman dan D. Subardja. 1997. Identifikasi dan karakteristik tanah bersifat andik di Kabupaten Sikka, Flores, Nusa Tenggara Timur. *J. Tanah dan Iklim* 15: 1-10.
- Sulaeman dan Eviati. 2012. *Petunjuk Teknis Analisa Kimia, Air, Tanaman dan Pupuk.* Edisi 2. Balai Penelitian Tanah, Bogor.
- Supriatna, S. 1980. Peta geologi lembar Morotai Maluku Utara skala 1:250.000. Pusat Penelitian dan Pengembangan Geologi, Bandung.
- Suryani, E. dan B.H. Prasetyo. 2002. Karakteristik dan klasifikasi tiga pedon berbahan vulkanik di Kabupaten Pasaman, Sumatera Barat. *Jurnal Penelitian Pertanian* 21:33-43.
- Tafakresnanto, C. dan B.H. Prasetyo. 2001. Peranan data mineral tanah dalam menunjang interpretasi sumberdaya tanah. *J. Tanah dan Air* 2(1):47-56.
- Tan, K.H. 1965. The Andosols in Indonesia. *Soil Sci.* 99:375-378.
- Van Ranst, E., S.R. Utami, dan J. Shamshuddin. 2002. Andisols on volcanic ash from Java Island, Indonesia: Physico-chemical properties and classification. *Soil Sci.* 167:68-79.
- Van Reeuwijk, L.P. 1987. *Procedures for Soil Analysis.* Second Edition. International Soil Reference and Information Centre, Wageningen, The Netherlands.
- Van Schuylenborgh, J. 1957. On the genesis and classification of soils derived from andesitic tuffs under humid tropical conditions. *Neth. J. of Agric. Sci.* 5:99-123.
- Van Wambeke, A., P. Hastings, dan P. Tolomeo. 1986. *New Simulation Model (NSM) for Moisture Regimes.* Dep. Agr. Bradfield Hall. Cornell University. NY.

- Wada, K. 1989. Allophane and imogolite. Pp. 1051-1087. *In* Dixon J.B., Weed, S.B. (Eds.) Minerals in Soil Environments. Soil Sci. Soc. Am. Madison, Wisconsin.
- Yatno, E. dan S. Za uyah. 2005. Characteristics of volcanic ash soils from Southern Part of Mt. Tangkuban Perahu, West Java. *J. Tanah dan Iklim* 23:24-37.