

Karakteristik Tanah Vulkanik di Kabupaten Wonosobo dan Pengelolaannya untuk Pertanian

Characteristics of Volcanic Soils at Wonosobo District and their Management for Agriculture

Rachmat Abdul Gani*, Setiyo Purwanto, Sukarman

Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Jalan Tentara Pelajar No. 12, Cimanggu, Bogor 16124, Jawa Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 25 Juni 2020
Disetujui: 16 Desember 2020
Dipublikasi online: 4 Januari 2021

Kata Kunci:

Karakteristik tanah
Tanah vulkanik
Kesuburan tanah
Fosfor

Keywords:

Soil characteristics
Volcanic soils
Soil fertility
Phosphorus

Direview oleh:

I G.M. Subiksa, Surono

Abstrak. Tanah vulkanik di daerah Kabupaten Wonosobo berkembang dari bahan abu dan pasir vulkan andesitis dan basalt. Jenis tanah di wilayah tersebut didominasi oleh Andosol. Pengkajian lanjut mengenai tanah-tanah vulkanik perlu dilakukan untuk memahami karakteristik, kesuburan, dan pengelolaannya untuk pertanian. Penelitian bertujuan mendapatkan informasi karakteristik morfologi dan kesuburan tanah. Tujuan penelitian ini untuk mengevaluasi karakteristik kesuburan dan pengelolaan tanah di lahan pertanian dataran tinggi daerah vulkanik. Penelitian dilaksanakan sebagai bagian dari survei tanah untuk pemetaan semidetil pada tahun 2016 dan survei korelasi peta tanah semidetil tahun 2018. Dua puluh enam contoh tanah dari tujuh buah profil perwakilan telah dideskripsikan morfologi tanahnya dan dianalisis kesuburan tanahnya. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tanah memiliki kedalaman dangkal, sedang, hingga dalam. Tekstur tanah agak kasar, sedang, dan agak halus dengan drainase tanah sedang hingga baik. Tingkat kesuburan tanah sedang dengan nilai kejenuhan basa bersifat rendah hingga tinggi, kapasitas tukar kation rendah hingga sedang, dan pH tanah bersifat agak masam hingga masam. Pemupukan P dan K serta penambahan bahan organik yang intensif pada lahan pertanian tanaman hortikultura menyebabkan tingginya kadar P dan K tersedia serta C-organik. Pemupukan P secara berimbang dengan hara lainnya dan penambahan bahan organik diperlukan pada lahan yang dimanfaatkan untuk pertanian hortikultura, baik yang memiliki kadar P tersedia tinggi terlebih pada lahan dengan kadar P tersedia rendah. Profil P-12 menunjukkan retensi P yang tinggi, sehingga memerlukan perhatian khusus untuk pengelolaan pupuk P. Penerapan pemupukan P dan penambahan bahan organik merupakan kunci pengelolaan lahan untuk tanah vulkanik di wilayah ini.

Abstract. Volcanic soils in Wonosobo Regency were developed from andesite, basaltic, and volcanic sand materials. The land in the area is dominated by Andosol soil types. Further studies on volcanic soils are needed to understanding characteristics, fertility, and soil management for agricultural purposes. The aim of this research was to evaluate soil characteristics, morphology, physical, and chemical properties. The study was part of the semi detail soil map surveys in 2016 and the semi detail soil map correlation surveys in 2018. Twenty six soil samples from seven representative profiles have been characterized and sampled for soil analysis. The results found that soil in this region has shallow, moderate, and deep depths. Soil texture is slightly coarse, medium, and slightly fine with moderate to well soil drainage, moderate soil fertility levels with low to high base saturation, low to moderate cation exchange capacity, and slightly acidic to acidic soil pH. Fertilization of P and K and intensive addition of organic matter for horticultural crops seemd to have caused high levels of available P, available K, and organic C. Fertilization of P, balanced with other nutrients, and addition of organic matter is required on land that is used for horticultural crops, both those with high available P levels, and especially those with low available P levels. Soil Profile 12 has a high P fixation, and hence need a special P fertilization treatment. The application of P fertilization and the addition of organic matter is the key to land management for volcanic soils in this region.

Pendahuluan

Kabupaten Wonosobo, Jawa Tengah merupakan wilayah yang dikelilingi oleh pegunungan muda yang aktif. Gunung Sindoro dan Gunung Sumbing menjadi

batas wilayah kabupaten ini di bagian timur dan dataran tinggi Dieng di bagian utara. Tanah-tanah subur di wilayah dataran tinggi ini telah diolah oleh petani menjadi lahan pertanian produktif. Tanah tersebut berasal dari material yang dikeluarkan pada saat terjadinya erupsi gunung

* Corresponding author: ganisoil79@gmail.com

berapi di sekitarnya. Tanah di wilayah tersebut menurut Sukarman dan Dariah (2014) didominasi oleh jenis tanah Andosol. Andosol tersebar pada sisi timur dan utara Kabupaten Wonosobo. Secara geologi tanah subur tersebut berkembang dari bahan induk abu dan pasir vulkan andesitik dan basaltik (BBSDLP 2018).

Penelitian mengenai tanah-tanah vulkanik khususnya Andosol di Indonesia telah dilakukan oleh Fiantis *et al.* (1998) mengenai pH tanah Andosol lapisan atas lebih masam dibandingkan lapisan bawahnya (horison B) yang berdampak penting terhadap pengelolaan tanah yang berasal dari abu vulkanik; Soewandita (2009) yang mengkaji tentang intensifnya pemanfaatan lahan di lahan berlereng untuk lahan budidaya pertanian memberi implikasi pada kondisi status hara yang rendah; Hikmatullah (2010) meneliti sifat-sifat tanah yang berkembang dari bahan vulkan yang berpotensi untuk pengembangan pertanian; Putra *et al.* (2014) melakukan studi tingkat perkembangan tanah pada kelerengan yang berbeda pada toposekuen gunung Anjasmoro yang mempengaruhi perkembangan dan jenis tanahnya; Devnita *et al.* (2016) mengidentifikasi jenis mineral pasir pada tanah Andosol hasil erupsi gunung berapi dan hara yang dapat dihasilkan dari pelapukan mineral tersebut; Wibisono *et al.* (2016) studi pada tanah Andosol yang memiliki kandungan basa-basa yang rendah dan tingkat retensi P yang tinggi; Arifin *et al.* (2017); dan Suratman *et al.* (2018) mengkaji tingkat perkembangan dan klasifikasi tanah Andosol.

Material vulkanik memberikan pengaruh pada proses perkembangan tanah dan kesuburannya (Anda dan Sarwani 2012; Fiantis *et al.* 2009). Tanah-tanah tersebut mengandung abu vulkanik dan memiliki potensi yang tinggi untuk produksi pertanian khususnya tanaman pangan dan sayuran (Yatno *et al.* 2016).

Tafakresnanto *et al.* (2012) dalam penelitiannya menyatakan kualitas dan karakteristik tanah sangat dipengaruhi oleh faktor bahan induk tanah. Tingginya aktifitas pertanian dan intensitas curah hujan di lahan dataran tinggi Kabupaten Wonosobo menyebabkan meningkatnya pencucian dan degradasi kandungan hara yang berasal dari mineral tanah berbahan induk vulkanik di wilayah tersebut.

Menurut Sukarman *et al.* (2020) pengelolaan tanah vulkanik berlereng perlu mengacu pada tingkat kesesuaian lahan dan diikuti oleh usaha konservasi sejak awal agar tanah dapat digunakan untuk pertanian secara berkesinambungan. Sementara Yatno *et al.* (2016) dan Purwanto *et al.* (2018) menyatakan bahwa pengelolaan

hara lahan pada tanah vulkanik sangat perlu diarahkan khususnya peningkatan kadar bahan organik dan ketersediaan hara P. Lebih lanjut Anda dan Dahlgren (2020) dalam penelitian tanah Andosol menyatakan bahwa fraksi koloid relatif tahan terhadap perubahan penggunaan lahan namun karakteristik muatan dari koloid bermuatan variable dapat dengan mudah berubah sebagai dampak dari pengelolaan tanah.

Penelitian karakteristik kesuburan tanah sangat penting dilakukan karena dijadikan bahan dasar dalam rangka strategi pengelolaan tanah, seperti pemupukan (Simamora *et al.* 2015). Penelitian bertujuan mendapatkan informasi karakteristik kesuburan tanah seperti fisika-kimia tanah, dan morfologi serta pengelolaan tanah untuk pertanian yang berada di daerah vulkanik Kabupaten Wonosobo. Hasil penelitian ini diharapkan akan memberikan informasi mengenai karakteristik kesuburan dan penanganan tanah vulkanik dalam aktifitas pertanian di lahan dataran tinggi kawasan vulkanik.

Bahan dan Metode

Bahan

Contoh studi dilakukan pada tahun 2018 dalam rangka kegiatan korelasi pemetaan tanah semi detail skala 1:50.000 di Kabupaten Wonosobo yang dilaksanakan oleh Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP) Badan Litbang Pertanian, Kementerian Pertanian.

Peralatan yang digunakan pada penelitian ini antara lain: pH *stick*, buku warna tanah/*Munsell Soil Colours Chart*, meteran, cangkul, pisau lapang, ajir, kantong plastik, dan seperangkat personal komputer/PC.

Dua puluh enam contoh tanah dari tujuh profil perwakilan telah dideskripsikan morfologi tanahnya dan diambil contoh tanahnya untuk dilakukan analisis tanahnya. Lokasi, penggunaan lahan, jenis tanah, dan formasi geologi lokasi penelitian disajikan dalam Tabel 1 dan 2 (tekstur tanah).

Metodologi

Penelitian awal dimulai dengan mengumpulkan dan mengkompilasikan data sekunder berupa citra *SPOT* tahun 2017, peta tanah (BBSDLP 2018), data iklim (BPS, www.climat.org), data kontur (*DEM/SRTM*), peta geologi lembar Banjarnegara dan Pekalongan (Condon *et al.* 1996), data survei morfologi tanah dan analisis kesuburan tanah yang berkaitan di lokasi penelitian. Titik pengamatan di buat transek dari arah utara menuju selatan

Tabel 1. Lokasi dan penggunaan lahan pada pedon yang diteliti

Table 1. Location and land use on the observed pedon

Pedon	Koordinat lokasi (UTM)		Desa	Penggunaan	Macam tanah	Ketinggian	Lereng	
	Timur	Selatan		Lahan	(Subardja <i>et al.</i> 2016)	(m dpl)	(%)	Posisi
P-1	109.974836	-7.396606	Maduretno	Tanaman hutan akasia	Andosol Okrik	892	10	Lereng bawah Gunung Sumbing
P-2	110.007583	-7.399168	Wonosari	Tanaman hutan akasia	Andosol Okrik	1147	13	Lereng tengah Gunung Sumbing
P-6	109.932033	-7.226156	Parikesit	Hutan dan tanaman kubis	Andosol Litik	1879	40	Punggungan lereng tengah Gunung Dieng
P-7	109.948054	-7.238241	Serang	Hutan dan tanaman kubis	Andosol Litik	1552	32	Lereng tengah Gunung Dieng
P-8	109.949756	-7.261887	Tlogo	Hutan dan tanaman kubis	Andosol Umbrik	1336	32	Lereng tengah Gunung Dieng
P-9	109.962685	-7.268003	Jengkol	Hutan dan tanaman kubis	Andosol Okrik	1498	34	Lereng tengah Gunung Sindoro
P-12	109.911041	-7.233143	Sikunang	Tegalan, tanaman kentang dan bawang	Andosol Umbrik	2086	6	Lereng atas Gunung Dieng

Tabel 2. Formasi geologi dan bahan induk di Kabupaten Wonosobo

Table 2. Geological formations and parent materials in Wonosobo Regency

Simbol	Formasi	Keterangan
Qd	Batuan Gunungapi Dieng	Lava andesit dan andesit-kuarsa, serta batuan klastika gunungapi
Qj	Batuan Gunungapi Jembangan	Lava andesit dan batuan klastika gunungapi
Qsu	Batuan Gunungapi Sundoro	Lava andesit hipersten-augit dan basal olivin-augit, breksi aliran, breksi piroklastika dan lahar
QTlb	Anggota breksi Formasi Ligung	Breksi gunungapi (aglomerat) bersusun andesit, lava andesit horeblendita dan tuf, merupakan bagian atas Formasi Ligung
Qtd	Formasi Damar	Batulempung tufan, breksi gunungapi, batupasir, tuf, dan konglomerat, setempat mencangkup endapan lahar
Qsm	Batuan Gunungapi Sumbing	Lava andesit augit-olivin, breksi aliran, breksi piroklastika dan lahar
Tptb	Anggota breksi Formasi Tapak	Breksi gunungapi dan batupasir tufan
Tmw	Formasi Waturanda	Batupasir, breksi, konglomerat, lahar dan sisipan batulempung
Tmp	Formasi Penosogan	Perselingan konglomerat, batupasir, batulempung, napal, tuf, dan riolit, berlapis baik
Tpp	Formasi Peniron	Breksi, bersisipan tuf, setempat mengandung sisa tumbuhan dan terkarsikan
Tmpb	Anggota breksi Formasi Halang	Breksi dengan komponen andesit, basal dan batugamping, masa dasar batupasir tufan, sisipan batupasir dan lava basal

Sumber: Condon *et al.* (1996) Peta Geologi Skala 1:100.000 Lembar Banjarnegara dan Pekalongan

kabupaten Wonosobo mengikuti kontur ketinggian tempat dan lereng yang berbeda. Lokasi pedon penelitian ditampilkan pada Gambar 1. Pengamatan di lapang meliputi penggunaan lahan, topografi, relief, morfologi tanah lapang, dan kondisi lingkungan sekitarnya. Profil tanah dibuat dan dideskripsikan sesuai Buku Pedoman Pengamatan Tanah di Lapangan (Sukarman *et al.* 2017).

Contoh tanah diambil dari setiap horison pada profil tanah perwakilan untuk di analisis di laboratorium tanah Balingtan, Jakenan, Pati dan Balittanah Bogor. Jenis analisis tanah terdiri atas analisis fisika dan kimia tanah serta khusus/tambahan. Analisis fisika tanah meliputi: analisis mineral (fraksi pasir total), yang disesuaikan dengan kebutuhan. Analisis tekstur tiga fraksi (pasir, debu,

dan liat) metode pipet dan kadar air kapasitas lapang metode *Alhricks* (Kurnia *et al.* 2006). Analisis kimia tanah meliputi reaksi tanah dengan metoda pipet; pH (H₂O dan KCl) rasio 1:5; C-organik (*Walkley and Black*); N total (*Kjeldahl*); P₂O₅ total (ekstraksi HCl 25%); K₂O total (ekstraksi HCl 25%); P₂O₅ tersedia (ekstraksi *Bray 1* untuk tanah masam pH <5,5 dan ekstraksi *Olsen* untuk tanah tidak masam, pH >5,5); Kation dapat ditukar (Ca, Mg, K, Na) ekstraksi NH₄OAc 1N pH 7,0 dan kejenuhan basa; KTK tanah dalam ekstrak ammonium asetat pH 7 (NH₄OAc 1N pH 7,0); dan Al dan H dapat ditukar (ekstraksi KCl 1N) untuk tanah masam pH <5,5, kejenuhan Al, serta penetapan analisis tanah khusus retensi P dan pH NaF rasio 1:50 untuk 1 dan 60 menit.

Klasifikasi tanah yang digunakan adalah Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja *et al.* 2016) sampai kategori macam tanah. Sedangkan padanannya mengikuti klasifikasi *Soil Taxonomy* (Soil Survey Staff 2014).

Hasil dan Pembahasan

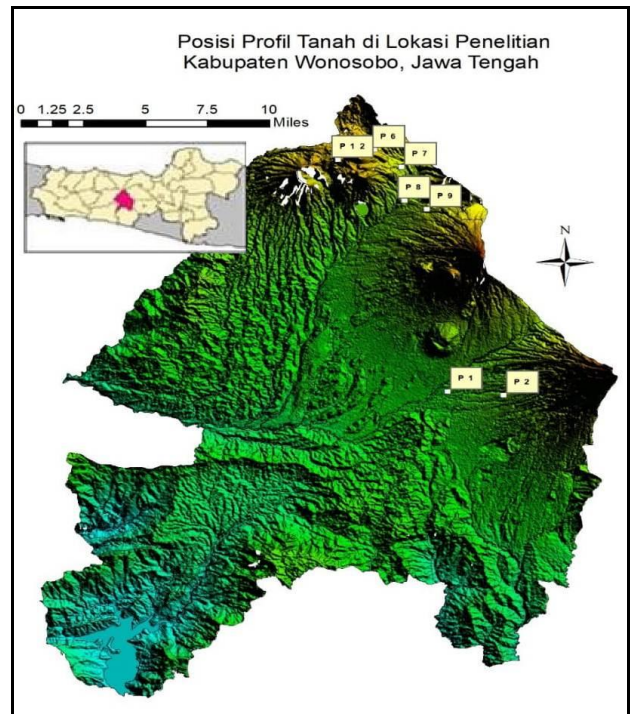
Kondisi Iklim

Wonosobo beriklim tropis dengan dua musim yaitu kemarau dan penghujan. Suhu udara rata-rata 24-30 °C di siang hari, turun menjadi 20 °C pada malam hari. Pada bulan Juli-Agustus turun menjadi 12-15 °C pada malam hari dan 15-20 °C di siang hari. Rata-rata hari hujan adalah 196 hari, dengan curah hujan rata-rata 3.400 mm, tertinggi di Kecamatan Garung (4.802 mm) dan terendah di Kecamatan Watumalang (1.554 mm). Sepanjang tahun 2014 terjadi curah hujan yang fluktuatif selama 183 hari dan beragam menurut bulan. Curah hujan tertinggi tercatat pada bulan Desember dengan 798 mm, sedangkan terendah terjadi pada bulan September sebesar 0 mm (BPS Kabupaten Wonosobo 2015-2018).

Curah hujan rata-rata tahunan selama lima tahun terakhir (periode 2013-2017) di Kabupaten Wonosobo sekitar 3.345 mm tahun⁻¹ (BPS Kabupaten Wonosobo, 2014-2018).

Data curah hujan rata-rata bulanan (Tabel 3) berdasarkan 3 stasiun iklim di tiga kecamatan (Kepil, Mojotengah, dan Sukoharjo) pada tahun 2016 berkisar 239 mm/bulan pada tahun tersebut (diolah dari www.climate-data.org). Berdasarkan data tersebut maka *zone* agroklimatnya tergolong B2 yang dicirikan terdapat tujuh bulan basah, tiga bulan kering secara berturut-turut (Oldeman 1975). Hasil ini dapat digunakan sebagai dasar dalam menentukan pola kegiatan usaha tani padi sawah atau tanaman palawija. Kebutuhan air untuk tanaman padi

sawah irigasi adalah 150 mm per bulan sedangkan untuk tanaman palawija adalah 70 mm bulan⁻¹ (Oldeman 1975).



Gambar 1. Lokasi pedon penelitian di Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah

Figure 1. Location of research pedons in Wonosobo Regency, Central Java Province

Geologi dan Bahan Induk

Menurut Condon *et al.* (1996) Kabupaten Wonosobo tersusun atas formasi batuan gunungapi Sundoro (Qsu) berumur holosen tersusun atas lava andesitik augit-hipersten dan basaltik augit-olivin, breksi aliran, breksi piroklastik dan lahar. Formasi batuan gunungapi Sumbing (Qsm) terdapat di sisi timur berumur plistosen-holosen tersusun atas lava andesitik augit-olivin, breksi aliran, breksi piroklastik dan lahar. Formasi batuan gunungapi Dieng (Qd) terdapat di bagian utara berumur holosen tersusun atas lava andesitik dan andesitik-kuarsa, dan klastika gunungapi, kandungan silika bertambah ke arah selatan. Di sisi bagian barat terdapat formasi batuan gunungapi Jembangan (Qj) berumur holosen tersusun atas aliran lava dan breksi, dan breksi piroklastik, lahar.

Karakteristik Morfologi Tanah

Tabel 4 menyajikan karakteristik morfologi dari tujuh profil tanah yang diamati, memiliki solum dengan kedalaman beragam, bervariasi dari 40-190 cm. Ketebalan horison Ap bervariasi antara 11-32 cm dan horison B antara 30-158 cm. Profil P-12 merupakan profil yang memiliki solum tanah paling dalam (190 cm). Warna tanah

Tabel 3. Curah hujan bulanan dirinci menurut kecamatan di Kabupaten Wonosobo tahun 2016

Table 3. Monthly rainfall by district in Wonosobo Regency in 2016

Stasiun hujan	Curah hujan (mm)												Tahunan (mm tahun ⁻¹)
	Jan	Feb	Mar	Apr	Mei	Jun	Jul	Agt	Sep	Okt	Nop	Des	
Kepil	431	392	439	318	227	121	90	72	103	226	355	436	3.210
Mojotengah	380	325	372	259	185	107	91	75	101	174	261	365	2.695
Sukoharjo	396	349	393	280	206	117	78	52	69	138	266	349	2.693
Rata-rata	402	355	401	286	206	115	86	66	91	179	294	383	2.866

Sumber: *www.climate-data.org* (2018)

Tabel 4. Morfologi tanah lokasi penelitian

Table 4. Soil morphology of the study sit

Pedon dan Horison	Kedalaman (cm)	Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja <i>et al.</i> 2016) dan Soil Taxonomy (Soil Survey Staff, 2014)	Warna tanah (lembab)	Tekstur (USDA)	Struktur	Konsistensi	Batas horison
Profil P-1							
Ap	0-17	Andosol Okrik/Typic	2,5 Y 5/6	SiL	1, f, g	vfr, ss, sp	gr, sm
Bw1	17-35	Hapludands	2,5 Y 5/6	SiL	2, f, g	fr, ss, sp	c, sm
Bw2	35-55		2,5Y 5/4	C	1, f, sb	fr, ss, sp	gr, sm
Bw3	55-75		2,5Y 5/4	SiL	1, f, sb	t, ss, sp	gr, sm
Bw4	75-120		2,5Y 5/4	SiL	2, f, sb	t, ss, sp	-
Profil P-2							
Ap	0-22	Andosol Okrik/Typic	10 YR 3/3	L	1, f, g	vfr, ss, sp	gr, sm
Bw1	22-58	Hapludands	10 YR 3/3	SL	2, f, g	fr, ss, po	c, sm
Bw2	58-95		7,5 YR 6/8	SiL	1, m, sb	t, ss, sp	gr, sm
Bw3	95-120		7,5 YR 5/6	SiL	1, m, sb	t, s, p	-
Profil P-6							
A	0-10	Andosol Litik/Lithic	10 YR 4/4	SL	1, f, sb	fr, ss, po	c, sm
Bw1	10-40	Hapludands	10 YR 5/3	L	1, f, sb	fr, ss, sp	-
Profil P-7							
Ap	0-14	Andosol Litik/Lithic	7,5 YR 3/3	L	1, f, sb	fr, ss, sp	-
Bw1	14-45	Hapludands	7,5 YR 3/2	SiL	1, f, sb	fr, ss, sp	-
BC	45-60		7,5 YR 4/3	SiL	2, f, sb	fr, ss, sp	-
Profil P-8							
Ap	0-12	Andosol Umbrik/Typic	10 YR 4/4	SiL	1, f, sb	fr, ss, sp	-
Bw1	12-40	Udivitrands	10 YR 4/6	SiL	2, f, sb	fr, ss, sp	-
BCr	40-70		10 YR 5/6	SL	2, f, sb	fr, so, sp	-
Profil P-9							
Ap	0-11	Andosol Okrik/Typic	10 YR 3/2	SiL	1, f, sb	fr, ss, sp	-
Bw1	11-35	Hapludands	7,5 YR 5/6	Si	1, m, sb	t, ss, sp	-
2BC1	35-65		5 YR 6/8	SL	1, m, sb	t, so, po	-
2BC2	65-100		2,5 Y 5/4	SL	1, m, sb	fr, so, po	-
Profil P-12							
Ap	0-32	Andosol Umbrik/Typic	10 YR 3/2	L	1, f, sb	fr, ss, po	c, sm
AB	32-75	Udivitrands	10 YR 3/3	L	1, f, sb	fr, ss, po	c, sm
Bw1	75-125		7,5 YR 4/3	L	1, f, sb	fr, ss, po	c, sm
Bw2	125-190		7,5 YR 4/4	SiL	1, f, sb	fr, ss, sp	c, sm
BC	190+		10 YR 5/6	td	1, f, sb	fr, ss, sp	-

Keterangan: L=lempung, SL=lempung berpasir, SCL=lempung liat berpasir, SiL=lempung berdebu; 1=lemah, 2=sedang, 3=kuat, vf=sangat halus, f=halus, m=ukuran sedang, sb=subangular blocky, ab=angular blocky, g=kersai/berbutir fr=gembur, vfr= sangat gembur, t=teguh, ss= agak lekat, sp=agak plastis, so=tidak lekat, po=tidak plastis, s=lekat, p=plastis, c=jelas, gr=berangsur, d=baur, sm=rata, w=bergelombang, td=tidak diukur, -=tidak ada data

lapisan atas coklat sangat gelap kekelabuan (10YR 3/2) dan semakin coklat ke bawah lapisan (7,5YR 4/4) hingga batas peralihan ke bahan induk tanah (10YR 5/6). Profil P-

6 dan P-7 memiliki solum yang dangkal (≤ 45 cm) dari lapisan atas hingga bahan induk dengan tekstur tanah agak kasar hingga sedang, warna tanah lapisan atas coklat gelap

kekuningan (1 YR 4/4) dan coklat gelap (7,5YR 3/3) dan warna tanah lapisan bawah semakin coklat (10YR 5/3) dan 7,5YR 3/2). Empat profil tanah lainnya (P-1, P-2, P-8 dan P-9) memiliki kedalaman solum 70-120 cm.

Warna tanah coklat gelap menunjukkan adanya kandungan bahan organik yang tinggi di lapisan tanah atas. Secara umum tekstur tanah di semua profil pengamatan termasuk bertekstur sedang (lempung hingga lempung berdebu) pada lapisan atas dan bertekstur sedang (lempung hingga lempung berdebu) hingga agak kasar (pasir berlempung) di lapisan bawah. Susunan horison dari ketujuh profil adalah A-Bw-BC-BCr, hal ini menunjukkan tanah di lokasi yang diamati merupakan tanah yang sudah berkembang.

Struktur tanah lapisan atas (horison Ap) pada profil P-1 dan P-2 umumnya memiliki struktur berbutir (g) berukuran halus (f) dengan kekuatan lemah (1) dan konsistensi sangat gembur (vfr). Untuk struktur tanah lapisan bawah (horison Bw) umumnya memiliki struktur berbutir (g) berukuran halus (f) dengan kekuatan sedang (2) dan konsistensi gembur (fr). Untuk kelima profil lainnya (P-6, P-7, P-8, P-9, dan P-12) memiliki struktur gumpal agak membulat (sb) berukuran halus (f) dengan kekuatan lemah (1) dan konsistensi gembur (fr) pada umumnya di semua lapisan atas (horison Ap). Untuk struktur tanah lapisan bawah (horison Bw) umumnya memiliki struktur gumpal agak membulat (sb) berukuran halus (f) dengan kekuatan lemah hingga sedang (1-2) dan konsistensi gembur (fr).

Tambunan (2008) dalam Rustam *et al.* (2016) menambahkan bahwa tekstur dan struktur tanah adalah karakteristik tanah yang saling terkait, dan dijadikan sebagai parameter dalam menentukan kesuburan tanah. Tekstur dan struktur tanah dapat menggambarkan kemampuan tanah dalam menyediakan unsur hara dan air. Hikmatullah (2010) dalam kajiannya mengenai tanah yang berkembang dari bahan vulkan mengatakan secara umum karakteristik morfologi tanah tersebut sangat menguntungkan karena lebih mudah diolah dan mudahnya perakaran tanaman untuk berkembang.

Warna tanah coklat gelap menunjukan adanya kandungan bahan organik yang tinggi di lapisan tanah atas. Secara umum tekstur tanah di semua profil pengamatan termasuk bertekstur sedang (lempung hingga lempung berdebu) pada lapisan atas dan bertekstur sedang (lempung hingga lempung berdebu) hingga agak kasar (pasir berlempung) di lapisan bawah. Susunan horison dari ketujuh profil adalah A-Bw-BC-BCr, hal ini menunjukkan tanah di lokasi yang diamati merupakan tanah yang sudah berkembang.

Karakteristik Fisika Tanah

Kadar Air Tanah

Kadar air tanah sangat terkait dengan tekstur tanah. Tekstur halus atau agak halus akan mengikat air tanah lebih baik dibandingkan tekstur agak kasar atau kasar. Pada lokasi penelitian tanah lapisan atas dengan tekstur sedang memiliki kadar air tanah lebih rendah dibandingkan dengan tanah lapisan bawahnya yang bertekstur sedang hingga agak kasar. Ini menandakan kadar air tanah pada lokasi penelitian semakin meningkat sejalan dengan bertambahnya kedalaman tanah (Tabel 5).

Karakteristik Kimia Tanah

pH Tanah

Nilai pH H₂O pada lapisan atas di lokasi penelitian berada pada kisaran masam (pH: 4,5-5,6) dan pH KCl sangat masam hingga masam (pH: 4,0-5,0). Nilai Δ pH tanah antara pH H₂O dan pH KCl bernilai negatif yang mengindikasikan bahwa tanah tersebut bermuatan net negatif (Sanchez 1992; Tan 1998). Tanah-tanah tersebut mampu menjerap kation-kation yang dapat dipertukarkan (Arabia *et al.* 2015). Secara umum nilai pH tanah meningkat dengan semakin dalamnya kedalaman tanah, begitu juga dengan nilai kejenuhan Al³⁺ dan Al dapat ditukar. Keberadaan Al menyebabkan tanah masam, namun jumlah yang ditemukan pada tiap lapisan profil tanah kadarnya sangat rendah. Menurut Hikmatullah (2010) nilai pH tanah yang relatif cukup tinggi (pH tanah 6,0-7,0) dapat menguntungkan pertumbuhan tanaman, karena kandungan hara yang cenderung seimbang di dalam tanah di samping itu diduga juga adanya pengaruh dari bahan induk setempat yang belum banyak terlupakan. Nilai kimia tanah lokasi penelitian secara umum disajikan pada Tabel 6.

Kadar C-organik, Nitrogen (N) dan C/N ratio

Berdasarkan kriteria penilaian hasil analisis tanah (Eviati dan Sulaeman 2012), kadar C-organik pada lapisan atas tanah di lokasi penelitian memiliki nilai yang sedang hingga sangat tinggi (C-organik: 2,02-6,13%), sedangkan kandungan Nitrogen (N) berada di kisaran sedang (0,30-0,51%). Secara umum kandungan C-organik dan N menurun menurut kedalaman tanah. Kandungan C-organik dan N yang tinggi di lokasi penelitian dikarenakan adanya mineral liat alofan, yang mampu mempertahankan (konservasi) kandungan C organik dalam tanah.

Kandungan C-organik yang tinggi pada beberapa lokasi penelitian sebagai akibat adanya penambahan bahan organik pada lahan pertanian hortikultura. Bahan organik yang tinggi dalam tanah dapat meningkatkan kadar P

Tabel 5. Karakteristik fisika tanah di lokasi penelitian

Table 5. Soil physical characteristics at the study site

No.	Horison	Solum	Klasifikasi Tanah Nasional (Subardja <i>et al.</i> 2016) dan Soil Taxonomy (Soil Survey Staff 2014)	Kadar air Kapasitas Lapang	Tekstur			Kelas Tekstur Tanah
					Pasir	Debu	Liat	
		...cm...			%			
Profil P-1	Ap	0-17	Andosol Okrik/ <i>Typic Hapludands</i>	10,85	26	51	23	SiL
	Bw1	17-35		12,95	15	49	36	SiL
	Bw2	35-55		14,65	28	22	50	C
	Bw3	55-75		16,50	38	30	32	SiL
	Bw4	75-120		14,09	28	40	32	SiL
Profil P-2	Ap	0-22	Andosol Okrik/ <i>Typic Hapludands</i>	9,19	46	21	33	L
	Bw1	22-58		7,44	51	25	24	SL
	Bw2	58-95		24,21	18	49	33	SiL
	Bw3	95-120		30,80	5	76	19	SiL
Profil P-6	A	0-10	Andosol Litik/ <i>Lithic Hapludands</i>	5,18	53	45	2	SL
	Bw1	10-40		6,15	42	43	15	L
Profil P-7	Ap	0-14	Andosol Litik/ <i>Lithic Hapludands</i>	6,49	42	43	15	L
	Bw1	14-45		8,07	43	53	4	SiL
	BC	45-60		6,61	39	57	4	SiL
Profil P-8	Ap	0-12	Andosol Umbrik/ <i>Typic Udivitrandis</i>	6,63	43	57	0	SiL
	Bw1	12-40		7,38	41	59	0	SiL
	BCr	40-70		7,73	50	49	1	SL
Profil P-9	Ap	0-11	Andosol Okrik/ <i>Typic Hapludands</i>	10,47	24	74	2	SiL
	Bw1	11-35		11,49	12	87	1	Si
	2BC1	35-65		20,72	56	35	9	SL
	2BC2	65-100		12,07	58	28	14	SL
Profil P-12	Ap	0-32	Andosol Umbrik/ <i>Typic Udivitrandis</i>	td	30	47	23	L
	AB	32-75		td	36	44	20	L
	Bw1	75-125		td	34	40	26	L
	Bw2	125-190		td	24	52	24	SiL
	BC	190+		td	td	td	td	td

Keterangan: Si= silt, SiL= silty loam, SL= sandy loam, L= loam, C=clay, td= tidak diukur

tersedia (Djuniwati *et al.* 2007). Nilai C/N ratio tanah bervariasi antar lokasi profil tanah. Pada Profil P-1, P-8 dan P-12 tanah lapisan atas menunjukkan nilai yang rendah, berturut-turut yaitu: 3,97, 6,48, dan 10,08. Di lima profil lainnya menunjukkan kenaikan nilai C/N ratio seiring dengan kedalaman tanah. Kenaikan tingkat C/N ratio ini mengindikasikan tingginya tingkat humifikasi di lokasi penelitian (Wibisono *et al.* 2016).

Kadar P_2O_5 dan K_2O Tersedia

Kadar P_2O_5 tersedia pada lapisan atas lokasi penelitian bernilai sangat tinggi (71,6-266,2 ppm) kecuali pada Profil P-1 dan Profil P-9 yang bernilai rendah (18,7 ppm) dan sangat rendah (1,20 ppm). Sedangkan kadar K_2O tersedia bernilai sangat tinggi di semua lapisan atas (61,2-184,6 ppm). Hal ini menunjukkan masih tingginya kandungan hara P dan K pada tanah-tanah tersebut. Kondisi ini diduga akibat pemupukan dan penambahan bahan organik yang

intensif pada lahan yang digunakan budidaya pertanian tanaman hortikultura.

Asam-asam Dapat Ditukar (Al-dd dan H-dd) dan Kejenuhan Al

Secara umum, tanah di lokasi penelitian memiliki nilai Al-dd berkisar antara 0,05-1,68 $cmol^{(+)} kg^{-1}$ dan nilai H-dd berkisar antara 0,01-4,64 $cmol^{(+)} kg^{-1}$. Tanah lapisan atas di semua profil tanah menunjukkan kadar Al-dd dan H-dd relatif sangat rendah (Al-dd: 0,05-1,68 $cmol^{(+)} kg^{-1}$ dan H-dd: 0,01-0,54 $cmol^{(+)} kg^{-1}$). Nilai kejenuhan Al di semua lapisan pada Profil berkadar rendah hingga sangat rendah (<5% hingga 5-10%).

pH NaF Tanah dan Retensi P (%)

pH NaF tanah dapat dijadikan sebagai indikator tanah-tanah yang mengandung bahan amorf tinggi (Hikmatullah 2010). Hasil analisis pH NaF tanah pada Profil P-12

Tabel 6. Nilai pH, C-organik, N-total, P dan K tersedia, P dan K potensial, kapasitas tukar kation (KTK), kation dapat ditukar (dd), KTK tanah, kejenuhan basa (KB), kejenuhan Al, dan Al-dd dan H-dd di lokasi penelitian

Table 6. pH values, organic C, total N, available P and K, potential P and K, clay cation exchange capacity (CEC), exchangeable cations, soil cation exchange capacity (CEC), base saturation, Al saturation, and exchangeable Al and H at the study site

Hor.	Solum	pH		C-org.	N total	C/N	Tersedia		Potensial		KB	KTK	KTK tanah	Kation dd				Kemasaman	
		H ₂ O	KCl				P ₂ O ₅	K	P ₂ O ₅	K ₂ O				K-dd	Na-dd	Ca-dd	Mg-dd	Al-dd	H-dd
Profil P-1 (Andosol Okrik/Typic Hapludands), Lereng Bawah Gunung Sumbing																			
Ap	0-17	4,8	4,0	2,02	0,31	6,48	18,7	184,6	322,2	21,7	22,0	108,6	24,8	0,21	0,11	4,36	0,85	0,09	0,21
Bw1	17-35	5,3	5,1	3,29	0,12	27,61	50,5	88,6	103,9	18,6	45,0	421,6	26,4	0,31	0,17	10,22	1,10	0,16	0,01
Bw2	35-55	6,0	5,3	2,01	0,08	24,04	33,3	225,7	183,8	46,5	44,0	51,1	25,3	0,68	0,19	7,56	2,84	0,15	0,02
Bw3	55-75	5,3	5,2	3,29	0,16	20,37	19,0	104,0	79,1	12,9	52,0	856,7	19,2	0,39	0,44	8,19	0,89	0,07	0,03
Bw4	75-120	5,4	5,2	2,08	0,13	16,42	23,8	93,5	118,5	12,0	70,0	100,2	17,4	0,32	0,47	8,69	2,79	0,07	0,01
Profil P-2 (Andosol Okrik/Typic Hapludands), Lereng Tengah Gunung Sumbing																			
Ap	0-22	5,5	4,8	4,62	0,27	17,20	71,6	87,0	332,3	8,7	25,0	152,7	20,0	0,15	0,25	4,01	0,67	0,10	0,03
Bw1	22-58	5,1	5,0	2,83	0,20	14,37	17,7	94,6	238,4	13,3	23,0	459,3	16,5	0,08	0,18	2,52	1,09	0,11	0,04
Bw2	58-95	5,1	5,3	2,82	0,14	19,80	1,6	12,4	103,8	48,8	20,0	356,4	11,2	0,01	0,08	2,04	0,15	0,11	0,01
Bw3	95-120	5,8	4,7	2,02	0,15	13,04	2,1	49,4	236,9	4,4	7,0	108,0	20,2	0,02	0,22	0,96	0,19	0,14	0,08
Profil P-6 (Andosol Litik/Lithic Hapludands), Punggung Lereng Tengah Gunung Dieng																			
A	0-10	5,1	4,1	4,59	0,31	14,75	237,9	61,2	418,5	13,7	10,0	123,7	18,0	0,06	0,06	1,37	0,31	0,05	0,27
Bw1	10-40	4,5	4,5	3,68	0,12	30,81	30,5	76,7	465,6	14,4	34,0	91,1	14,1	0,04	0,58	4,02	0,10	0,13	0,03
Profil P-7 (Andosol Litik/Lithic Hapludands), Lereng Tengah Gunung Dieng																			
Ap	0-14	5,6	5,0	4,61	0,30	15,13	266,2	112,8	583,6	29,7	65,0	161,2	23,9	0,15	0,19	13,16	2,11	0,15	0,60
Bw1	14-45	5,3	4,8	4,58	0,18	26,10	92,3	47,0	472,9	20,5	53,0	12,1	22,8	0,06	0,01	10,18	1,84	0,98	4,64
BC	45-60	5,2	4,9	4,59	0,35	13,24	91,4	126,0	600,3	34,9	77,0	12,7	16,6	0,12	0,11	10,40	2,04	0,14	0,07
Profil P-8 (Andosol Umbrik/Typic Udivitrands), Lereng Tengah Gunung Dieng																			
Ap	0-12	5,0	4,9	2,02	0,51	3,97	93,2	74,1	233,9	41,8	70,0	701,6	15,4	0,14	0,01	9,78	0,83	0,17	0,01
Bw1	12-40	5,3	4,7	2,03	0,50	4,09	77,2	79,8	217,2	43,5	62,0	525,7	20,0	0,09	0,25	11,02	1,05	0,19	0,02
BCr	40-70	5,0	4,4	1,25	0,07	17,93	46,6	79,2	113,1	30,2	75,0	163,3	14,1	0,05	0,26	9,18	1,05	0,27	0,06
Profil P-9 (Andosol Okrik/Typic Hapludands) Lereng Tengah Gunung Sindoro																			
Ap	0-11	4,7	4,6	6,13	0,30	20,57	1,2	94,5	106,0	12,4	8,0	107,9	19,9	0,19	0,53	0,69	0,14	0,15	0,21
Bw1	11-35	6,0	4,9	2,81	0,24	11,72	2,1	56,6	71,7	11,4	8,0	245,3	24,5	0,02	0,10	1,68	0,15	0,23	0,03
2BC1	35-65	6,0	5,8	1,39	0,11	12,32	19,3	25,3	192,8	15,5	6,0	175,5	15,5	0,08	0,08	0,74	0,00	0,10	0,02
2BC2	65-100	6,0	4,7	1,40	0,13	11,04	0,9	27,8	19,5	7,1	12,0	141,2	20,0	0,12	0,16	2,05	0,06	0,06	0,08
Profil P-12 (Andosol Umbrik/Typic Udivitrands), Lereng Atas Gunung Dieng																			
Ap	0-32	4,5	4,0	4,94	0,49	10,08	662,5	td	740	37	31,0	td	18,10	0,40	0,28	4,15	0,80	1,68	0,54
AB	32-75	4,6	4,1	4,68	0,48	9,75	555,8	td	646	43	40,0	td	17,26	0,76	1,03	4,29	0,89	0,70	0,37
Bw1	75-125	4,8	4,2	4,85	0,43	11,28	461,7	td	583	40	44,0	td	19,13	0,46	0,35	6,25	1,29	0,68	0,28
Bw2	125-190	5,0	4,4	3,02	0,31	9,74	132,3	td	258	19	52,0	td	14,30	0,20	0,55	5,47	1,17	0,67	0,23
BC	190+	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td	td

Keterangan: td= tidak diukur

menunjukkan bahwa tanah yang digunakan sebagai lahan tegalan untuk tanaman kentang berada di nilai >10,5 pada menit pertama dan >11,4 pada menit 60 (Tabel 7). Nilai ini cukup tinggi dan menunjukkan tanah-tanah di lokasi Profil P-12 (Utara Kabupaten Wonosobo) diindikasikan didominasi oleh mineral liat amorf yang berasal dari bahan andik (alofan). Sejalan dengan hasil penelitian Simamora *et al.* (2015) yang mengatakan pengukuran pH NaF dengan nilai >9,4 merupakan indikasi adanya bahan andik yang mendominasi kompleks pertukaran.

Hubungan antara pH NaF (1 menit) dan pH NaF (60 menit) dengan Retensi P di lokasi penelitian bernilai positif dengan koefisien determinasi (r^2) berturut-turut 0,6377 dan 0,8286 (Gambar 2). Ini membuktikan bahwa tanah di lokasi Profil P-12 berkembang dari bahan vulkanik yang berasal dari aktivitas vulkanik gunung di sekitarnya (Wibisono *et al.* 2016). Tingginya retensi P pada tanah vulkanik pada lahan pertanian di lokasi Profil P-12 menjadi faktor pembatas pertumbuhan tanaman dan merupakan permasalahan khusus. Oleh karenanya,

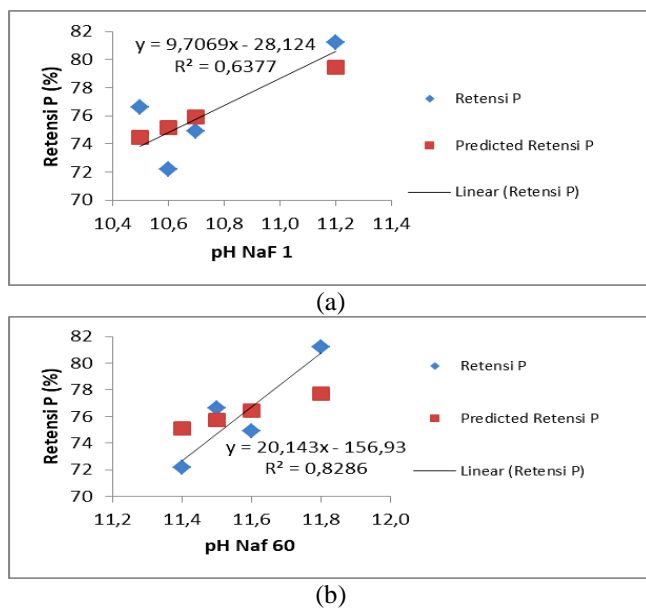
pemupukan P sangat direkomendasi untuk meningkatkan hara P tersedia bagi tanaman (Yatno dan Zaayah 2008).

Tabel 7. Nilai pH NaF salah satu profil tanah lokasi Penelitian

Table 7. pH values of NaF in one the soil profile of the study site

Horison	Solum cm	pH NaF		Retensi P %
		1 menit	60 menit	
Profil P-12 Andosol Umbrik/Typic Udivitrands				
Ap	0-32	10,6	11,4	72,2
AB	32-75	10,5	11,5	76,6
Bw1	75-125	10,7	11,6	74,9
Bw2	125-190	11,2	11,8	81,2
BC	190+	td	td	td

Keterangan: td=tidak diukur



Gambar 2. Hubungan antara (a) Retensi P (%) vs pH NaF 1 menit dan (b) Retensi P (%) vs pH NaF 60 menit

Figure 2. Relationship of (a) P retention (%) vs pH NaF 1 minutes and (b) P retention (%) vs pH 60 minutes NaF

Basa Tertukar, Kejenuhan Basa, dan KTK Tanah

Nilai kation-kation basa tertukar di semua lapisan atas berkadar rendah hingga sangat rendah. Hal ini menunjukkan tingginya pencucian kation-kation tersebut. Rendahnya nilai tersebut dipengaruhi pula oleh intensif dan tingginya curah hujan di lokasi penelitian. Curah hujan tahunan pada tahun 2016 dan 2017 masing-masing mencapai 4.770 mm tahun⁻¹ dan 3.759 mm tahun⁻¹.

Secara umum kejenuhan basa (KB) di lokasi penelitian bervariasi dari sangat rendah hingga tinggi yaitu berkisar 6-77%. Nilai KB yang tinggi terdapat pada Profil P-7 pada

lereng tengah Gunung Dieng dan Profil P-8 pada lereng tengah Gunung Sindoromasing-masing bernilai 65% dan 70% dengan penggunaan lahan hutan dan tanaman kubis. Diduga hal ini terkait dengan pengelolaan lahan yang cukup intensif untuk tanaman hortikultura dengan menggunakan bahan amelioran seperti pupuk dan bahan organik yang cukup tinggi.

Nilai KTK tanah di semua lapisan atas Profil berkadar sedang (15,4-24,8 cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹), kecuali pada Profil P-1 yang bernilai tinggi (24,8 cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹) dengan penggunaan lahan hutan tanaman akasia. Nilai KTK di semua lapisan pada lokasi pengamatan berada pada kadar rendah hingga tinggi (11,2-26,4 cmol⁽⁺⁾ kg⁻¹) Nilai KTK rendah ditemukan pada Profil P-8 pada lapisan atas dengan penggunaan lahan hutan dan tanaman kubis. Nilai KTK sedang hingga tinggi ini berhubungan positif dengan kandungan C-organik yang bernilai sedang hingga tinggi pada semua lapisan atas (C-organik 2,01-6,13%).

Pada Profil P-7 yang terletak pada lereng tengah Gunung Dieng dengan penggunaan lahan hutan dan tanaman kubis kriteria ini hampir semua terpenuhi kecuali pada dan kation K dan Na yang bernilai rendah. Untuk Profil P-1, P-2, P-6, P-9, dan P-12 nilai KB berkadar rendah hingga sangat rendah. Kandungan kation basa

tinggi merupakan keuntungan dalam penyediaan hara bagi tanaman di lahan vulkanik (Hikmatullah 2010).

Pengelolaan Tanah Daerah Vulkanik

Tanah-tanah pada lokasi penelitian menurut kriteria penilaian hasil analisis tanah (Eviati dan Sulaeman 2012) termasuk pada tingkat sedang hingga tinggi. Tanah vulkanik tersebut memiliki kandungan nilai C-organik tinggi dan P tersedia tinggi hingga sangat tinggi kecuali pada Profil P-1 dan P-9 yang rendah pada kedua sifat kimia tanah tersebut.

Kandungan hara N sedang hingga tinggi, C/N rasio rendah hingga tinggi, basa-basa tertukar berkadar rendah hingga sangat rendah, nilai KB rendah hingga tinggi, nilai KTK sedang hingga tinggi.

Berdasarkan hasil dari kriteria tersebut maka tanah vulkanik di lokasi penelitian memerlukan penambahan bahan organik sebagai pembenah tanah dan peningkatan dosis pupuk P, khususnya pada lahan-lahan di sekitar Profil P-1 dan Profil P-9 yang memiliki kandungan P tersedia bernilai rendah. Tingginya nilai retensi P pada salah satu lokasi penelitian (Profil P-12) menunjukkan perlunya penambahan dosis pemupukan dalam pengelolaan hara berimbang khususnya pupuk P walaupun pada lahan-lahan tersebut memiliki nilai P tersedia yang

tinggi kecuali pada Profil P-1 dan Profil P-9 yang bernilai rendah.

Yatno dan Zaayah (2008) mengatakan tingginya nilai retensi P pada tanah-tanah vulkan di Jawa Barat hingga merekomendasikan perlunya pemupukan P dan penambahan bahan organik serta perlunya pencegahan bahaya erosi melalui penerapan teknik konservasi tanah yang tepat.

Kesimpulan

Hasil analisis kesuburan tanah menunjukkan bahwa tanah bersifat sangat masam hingga agak masam (pH 4,5-6,0), kapasitas tukar kation dan kejenuhan basa, serta basa tertukar bernilai rendah hingga tinggi. Kadar C-organik (2,02-6,13%) berkisar dari sedang hingga sangat tinggi, sedangkan kandungan Nitrogen (N) (0,30-0,51%) berada di kisaran sedang. Secara umum kandungan C-organik dan N mengalami penurunan perlahan menurut kedalaman tanah. Nilai P tersedia rendah hingga sangat tinggi dan K tersedia bernilai sangat tinggi. Kejenuhan Al tergolong rendah hingga sangat rendah menurut kedalaman tanah.

Tingginya nilai retensi P pada tanah Profil P-12, rendahnya nilai P tersedia dan C-organik yang ditemukan pada Profil P-1 dan Profil P-9 di wilayah penelitian mengindikasikan perlunya peningkatan pemupukan P dan penambahan bahan organik secara berimbang untuk mempertahankan P tersedia bagi tanaman walaupun di lokasi lainnya berkadar P tinggi hingga sangat tinggi.

Ucapan Terima Kasih

Penulis berterima kasih kepada Kepala Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Litbang Kementerian Pertanian yang telah melibatkan penulis dalam kegiatan korelasi peta tanah di Jawa Tengah. Dalam naskah ini, Rachmat Abdul Gani adalah Kontributor Utama, Setiyo Purwanto dan Sukarman sebagai Kontributor Anggota.

Daftar Pustaka

Anda M, Sarwani M. 2012. Mineralogical, chemical composition and dissolution of fresh ash eruption: new potential source of nutrient. *Soil Sci Soc. Am. J.* 76(2):733-747.

Anda M, Dahlgren RA. 2020. Mineralogical and surface charge characteristics of Andosol experiencing long-term, land-use change in West Java, Indonesia. *Soil Science and Plant Nutrition. (in press-online available)*. Doi: 10.1080/00380768.2020.1820758.

Arabia T, Karim A, Zainabun, Sari IP. 2015. Karakteristik tanah Typic Hapludands di University Farm Unsyiah Kabupaten Bener Meriah. *Jurnal Penelitian Agrosamudra.* 2(2):91-99.

Arifin M, Devnita R, Hudaya R, Sandrawati A, Saribun D S, Harryanto R, Herdiansyah G. 2017. Pedogenesis dan klasifikasi tanah yang berkembang dari dua formasi geologi dan umur bahan erupsi Gunung Tangkuban Perahu. *Soilrens.* 15(1):20-28.

BBSDLP (Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian). 2018. Atlas Peta Tanah Semi Detail Skala 1:50.000, Kabupaten Wonosobo, Provinsi Jawa Tengah. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian; 22 Hal. ISBN 978-602-459-307-0.

BPS Kabupaten Wonosobo. 2014. Wonosobo dalam Angka 2015. Badan Pusat Statistik Wonosobo. ISSN: 0215-6237. Publikasi: 33070.1402. Katalog No. 1102001.3307.

BPS Kabupaten Wonosobo. 2015. Wonosobo dalam Angka 2015. Badan Pusat Statistik Wonosobo. ISSN: 0215-6237. Publikasi: 33070.1505. Katalog No. 1102001.33070.

BPS Kabupaten Wonosobo. 2016. Wonosobo dalam Angka 2016. Badan Pusat Statistik Wonosobo. ISSN: 0215-7012. No. Publikasi: 33070.1505. Katalog No. 1102001.3307.

BPS Kabupaten Wonosobo. 2017. Wonosobo dalam Angka 2017. Badan Pusat Statistik Wonosobo. ISSN: 0215-7012. Katalog. No. Publikasi: 33070.1703. No. 1102001.3307.

BPS Kabupaten Wonosobo. 2018. Wonosobo dalam Angka 2018. Badan Pusat Statistik Wonosobo. ISBN: 978-602-351-097-9. No. Publikasi: 33070.1805, Katalog No. 1102001.33070.1805.

Condon WH, Pardyanto L, Ketner KB, Amin TC, Gafoer S, Samodra H. 1996. Peta Geologi Lembar Banjarnegara dan Pekalongan, Jawa Tengah. Puslitbang Geologi, Bandung.

Devnita R, Arifin M, Hudaya R. 2016. Kajian mineral fraksi pasir pada Andosol yang berkembang dari hasil erupsi Gunung Tangkuban Parahu dan Gunung Patuha, Jawa Barat. *Soilrens.* 14(2):1-9.

Djuniwati S, Pullunggono HB, Suwarno. 2007. Pengaruh pemberian bahan organik (*Centrosema pubescens*) dan fosfat alam terhadap aktivitas fosfatase dan fraksi P tanah Latosol di Dramaga, Bogor. *Jurnal Tanah dan Lingkungan.* 9(1):10-15.

Eviati, Sulaeman. 2012. Petunjuk Teknis Analisis Kimia Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk. Edisi 2. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 215 Hlm.

Fiantis D, Van Ranst E, Shamshuddin J. 1998. Mineralogy and charge properties of volcanic ash soils from West Sumatra, Indonesia. *Malaysia Journal of Soil Science.* 2:45-57.

- Fiantis D, Nelson M, Van Ranst E, Shamshuddin J, Qafoku NP. 2009. Chemical Weathering of New Piroclastic Deposit from Mt. Merapi (Java), Indonesia. *Journal of Mountain Science*. 6:240-254.
- Hikmatullah. 2010. Sifat-sifat tanah yang berkembang dari bahan vulkan di Halmahera Barat, Maluku Utara. *Jurnal Ilmu-ilmu Pertanian Indonesia*. 12(1):40-48.
- Kurnia U, Agus F, Adimihardja A, Dariah A. 2006. Sifat Fisika Tanah dan Metode Analisisnya. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian. 282 Hlm.
- Oldeman LR. 1975. Agroclimatic Map Java and Madura, scale 1:1,000,000. Central Research Institute of Agriculture, Bogor Indonesia.
- Purwanto S, Gani RA, Sukarman. 2018. Karakteristik mineral tanah berbahan vulkanik dan potensi kesuburannya di pulau Jawa. *Jurnal Sumberdaya Lahan*. 12(2):83-98. Doi: 10.21082/jSDL.v12n2.2018.83-98.
- Putra SW, Prabowo AM, Rayes ML. 2014. Studi tingkat perkembangan tanah pada toposekuen Gunung Anjasmoro Kabupaten Malang, Jawa Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1(1):39-50.
- Rustam, Husain U, Yusran. 2016. Sifat fisika tanah pada berbagai tipe penggunaan lahan di sekitar Taman Nasional Lore Lindu (Studi kasus desa Toro kecamatan Kulawi Kabupaten Sigi Sulawesi Tengah). *Warta Rimba*. 4(1):132-138.
- Sanchez PA. 1992. Sifat dan Pengelolaan Tanah Tropika. Terjemahan Amir Hamzah. ITB Bandung.
- Simamora J, Purba M, Lubis A. 2015. Penentuan jenis mineral liat alofan tanah Andosol di desa Dolat Rakyat kecamatan Tiga Panah Kabupaten Karo. *Jurnal online Agroteknologi*. 3(3):1005-1011.
- Soewandita H. 2009. Kajian status kesuburan tanah di lahan berlereng gunung Sindoro-Sumbing. *Jurnal Alami*. 14(1):14-19.
- Soil Survey Staff. 2014. Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition, 2014. Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural, Washington DC. 362p.
- Subardja D, S Ritung S, Anda M, Sukarman, Suryani E, Subandiono RE. 2016. Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Edisi 2/2016. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. Bogor. 53 Hlm.
- Sukarman, Dariah A. 2014. Tanah Andosol di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian (BBSDLP), Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 144 Hlm.
- Sukarman, Dariah A, Suratman. 2020. Tanah vulkanik di lahan kering berlereng dan potensinya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 39(1):21-34. Doi: 10.21082/jp3.v39n1.2020.p21-34
- Suratman, Hikmatullah, Sulaeman AA. 2018. Karakteristik tanah-tanah dari bahan induk abu vulkan muda di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 42(1):1-12. Doi: 10.21082/jti.v42n1.2018.1-12
- Tan KH. 1998. Principles of Soil Chemistry. 3rd ed. Marcel Decker. Inc. New York.
- Tafakresnanto C, Las I, Darmawan, Mulyanto B. 2012. Keterkaitan faktor pembentuk dan karakteristik tanah sebagai pendekatan dalam pemetaan potensi sumberdaya lahan. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 36:22-32.
- Wibisono MG, Sudarsono, Darmawan. 2016. Karakteristik Andosol berbahan induk breksi dan lahar dari bagian timur laut Gunung Gede Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(1):61-70.
- Yatno E, Hikmatullah, Syakir M. 2016. Properties and management implications of soils developed from volcanic ash in North Sulawesi. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 40(1):1-10.
- Yatno E, Zaayah S. 2008. Properties and management implications of soils formed from volcanic materials in Lembang Area, West Java. *Indonesian Journal of Agriculture Science*. 9(2):44-54.