

TANAH VULKANIK DI LAHAN KERING BERLERENG DAN POTENSINYA UNTUK PERTANIAN DI INDONESIA

Volcanic Soils in Sloping Dry Land and Its Potential for Agriculture in Indonesia

Sukarman, Ai Dariah dan Suratman

Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian

Jalan Tentara Pelajar No. 12, Bogor 16114

Telp (0251) 8323012; Faks. (0251) (0251) 8311256

E-mail: sukarmandr@yahoo.co.id; ratman_end@yahoo.co.id

Diterima: 26 November 2018; Direvisi: 6 Desember 2019; Disetujui: 9 April 2020

ABSTRAK

Tanah vulkanik terbentuk dari bahan piroklastika hasil erupsi gunung berapi dan sebagian besar berada di dataran tinggi lahan kering berlereng sehingga rawan longsor. Makalah ini membahas karakteristik dan penyebaran tanah vulkanik pada lahan kering berlereng, serta potensi dan kendala pemanfaatannya untuk pengembangan pertanian. Informasi ini dapat digunakan untuk mendukung program pewilayahan komoditas pertanian di Indonesia. Tanah vulkanik menyebar di Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara, Sulawesi Utara, dan Maluku Utara, sebagian mempunyai horison A berwarna hitam atau kecokelatan dan horison B berwarna kekuningan, struktur tanah remah, konsistensi gembur, kandungan bahan organik tinggi, dan berat isi rendah. Mineral primernya terdiri atas hiperstein, amfibol, augit, gelas vulkanik, plagioklas, olivin, sanidin, apatit dan biotit. Mineral sekunder tanah terdiri atas alofan, imogolit, ferihidrit, haloisit, kaolinit dan gibsit. Reaksi tanah bervariasi dari masam sampai netral, kandungan nitrogen tergolong sedang, kandungan P potensial rendah kecuali tanah vulkanik di sekitar kawasan gunung berapi di Jawa yang mengandung P dan retensi P tinggi. Kapasitas tukar kation tanah vulkanik tergolong sedang sampai sangat tinggi. Sifat morfologi, kimia, dan fisik tanah tersebut menunjang pertumbuhan tanaman, kecuali retensi P-nya tinggi. Tingkat kesesuaian lahan sangat sesuai (S1) sampai sesuai marginal (S3) untuk usaha tani komoditas hortikultura dataran tinggi (sayuran dan buah-buahan) dan tanaman perkebunan (teh, kopi arabika dan kina) dengan faktor pembatas kondisi wilayah berlereng yang berpotensi erosi. Berdasarkan faktor pembatas tersebut maka komoditas dan teknologi yang diterapkan pada tanah vulkanik perlu mengacu pada tingkat kesesuaian lahan dan diikuti oleh usaha konservasi sejak awal agar tanah dapat digunakan untuk pertanian secara berkesinambungan.

Kata kunci: Tanah vulkanik, piroklastika, karakteristik, potensi

ABSTRACT

Volcanic soil is soil developed from pyroclastic materials released during the volcanic eruption. Although the soil is fertile, it is mostly occurred in steep sloping highland that is critical to landslide and volcanic eruption. This paper discussed the characteristics and distribution of volcanic soils in sloping dry land, completed with

the potential and constraints of their use for agricultural development. This information supports the zonation program of agricultural commodities in Indonesia. Volcanic soils distributed on the islands of Sumatra, Java, Bali, Nusa Tenggara, North Sulawesi and North Maluku. Mostly characterized by black or brownish A horizon and yellowish B horizon, crumb soil structure, crumbly consistency, high organic matter content, and low bulk density. The primary mineral composed by hyperstein, amphibole, augite, andesine, volcanic glass, plagioclase, labradorite, olivine, sanidin, apatite and biotite. The secondary minerals are d allophane, imogolit, ferrihydrite, halloysite, kaolinite and gibbsite. Soil reaction vary from very acid to neutral with medium nitrogen content (on average). The potential P is low except in volcanic soils in Java. The P retention is high. The Cation exchange capacity varies from moderate to very high. The morphological, chemical and physical properties are good for supporting plant growth, except for those with high P retention. The land suitability classes are very suitable (S1) to marginally suitable (S3) for highland horticultural crops (vegetables and fruits) and estate crop plantations (tea, arabica coffee, and quinine). The limiting factors are relief/slope/erosion hazard and low soil fertility. These limiting factors can be eliminated by applying good agricultural and conservation practices that balance between land sustainability and productivity aspects.

Keywords: Volcanic soils, pyroclastic, characteristics, potential

PENDAHULUAN

Indonesia mempunyai 127 gunung berapi aktif (Hendraso *et al.* 2013), diantaranya G. Sinabung, G. Kerinci di Sumatera; G. Tangkuban Parahu, G. Galunggung, G. Merapi, G. Kelud, di Jawa; G. Agung di Bali; G. Rinjani di Lombok; G. Tambora di Sumbawa; dan G. Soputan di Sulawesi. Sifat dan perilaku gunung berapi mempengaruhi kondisi alam dan makhluk hidup di sekelilingnya. Sifat bahan pembentuk gunung berapi menyebabkan terjadinya perbedaan sifat lahan, tanah, air dan topografi. Menurut Prasetyo (2005), sebagian besar daerah di kawasan gunung berapi berada pada dataran tinggi dengan udara sejuk. Suburnya lahan di daerah

pegunungan tidak terlepas dari kondisi iklim dan tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Tanah di daerah pegunungan vulkanik dicirikan oleh warna gelap sampai agak gelap karena tingginya kandungan bahan organik, gembur, ringan, dan licin jika dipirid.

Pada zaman penjajahan Belanda, tanah vulkanik banyak diusahakan untuk perkebunan besar, terutama perkebunan teh dan kina. Wilayah berlereng di sekitar G. Merapi dan G. Merbabu di Jawa Tengah yang tanahnya berupa tanah vulkanik dihuni oleh banyak penduduk dengan mata pencaharian bertani (Mohr 1938). Sementara hasil penelitian Widodo *et al.* (2017) menunjukkan masyarakat yang tetap tinggal di daerah rawan bencana G. Merapi selain karena tanahnya yang subur juga karena adanya tambang pasir, kerikil, dan batu yang menjadi mata pencaharian tambahan masyarakat di daerah tersebut.

Menurut Sukarman (2019), tanah vulkanik menyebar pada kawasan budi daya pertanian, hutan produksi terbatas, hutan lindung, taman nasional, hutan suaka alam, dan hutan yang dapat dikonversi. Tanah vulkanik pada kawasan budi daya pertanian sebagian besar sudah digunakan untuk perkebunan, usaha tani tanaman pangan lahan kering, tanaman hortikultura (sayuran dan buah-buahan), dan persawahan. Sebagian tanah vulkanik berada pada hutan produksi terbatas, hutan lindung, taman nasional, hutan suaka alam, dan hutan yang dapat dikonversi.

Meskipun tanah vulkanik bukan merupakan tanah terluas di Indonesia tetapi mempunyai karakteristik yang khas dan sesuai untuk kebanyakan tanaman budi daya pertanian dataran tinggi dan dihuni oleh banyak

penduduk. Di sisi lain, tanah vulkanik berada pada lahan kering berlereng dan kawasan rawan bencana longsor dan letusan gunung (Sukarman 2019). Tanah vulkanik mengalami pembaruan bahan setiap saat karena terletak pada jalur pegunungan vulkanik aktif. Gunung berapi aktif yang saat ini menjadi perhatian karena letusanya adalah G. Sinabung, G. Galunggung, G. Guntur, G. Merapi, G. Semeru dan G. Kelud (Nakada *et al.* 2019).

Makalah ini membahas karakteristik, penyebaran, potensi, dan kendala pemanfaatan tanah vulkanik untuk pengembangan pertanian di Indonesia. Informasi ini dapat digunakan untuk mendukung program perwilayahan komoditas pertanian.

PENGERTIAN TANAH VULKANIK

Istilah tanah vulkanik digunakan untuk menunjukkan tanah yang terbentuk dari bahan piroklastika (*pyroclastics*), yaitu bahan yang keluar dari kawah gunung berapi pada saat terjadi erupsi. Bahan piroklastika kaya akan gelas vulkanik, baik yang masih lepas atau belum terangkut seperti abu vulkan dan tepra, maupun yang sudah mengalami transportasi seperti endapan lahar dan aluvium vulkanik (Shoji *et al.* 1993). Sebagian besar tanah vulkanik memiliki sifat unik yang diwariskan dari atau berhubungan dengan sifat bahan induknya (Subagyo *et al.* 2004). Dalam ilmu klasifikasi tanah, tanah vulkanik lebih dikenal dengan jenis Andosol (Subardja *et al.* 2016) atau Andisols (Soil Survey Staff 2014).



Gambar 1. Tanah vulkanik pada lahan kering berlereng di sekitar Gunung Bromo, Jawa Timur (Sumber: Dwi Kuntjoro 2019).

PENYEBARAN TANAH VULKANIK

Penyebaran tanah vulkanik di dunia berkaitan dengan penyebaran gunung berapi aktif atau baru padam, dengan luasan sekitar 124 juta hektar atau 0,84% dari dataran dunia dan sekitar 60% dari tanah vulkanik di negara-negara tropis (Takahashi and Shoji 2002). Luas tanah vulkanik relatif kecil di dunia, namun mewakili sumber daya lahan yang sangat penting karena populasi penduduk yang tinggal di kawasan ini sangat tinggi.

Di Indonesia tanah vulkanik menempati areal sekitar 5,4 juta hektar atau 2,9% dari seluruh daratan (Subagyo *et al.* 2004). Penyebaran tanah vulkanik di Indonesia tidak terlepas dari keberadaan gunung berapi. Gambar 2 menunjukkan gunung berapi di Indonesia tersebar dari Provinsi Aceh hingga Maluku Utara dan diikuti oleh penyebaran tanah vulkanik. Berdasarkan Atlas Sumber Daya Tanah Eksplorasi Indonesia (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) 2000), tanah vulkanik atau tanah Andosol menyebar di Sumatera, Jawa, Bali, Lombok, Flores, Maluku Utara dan Sulawesi Utara. Luasan tanah vulkanik pada masing masing pulau/kepulauan di Indonesia disajikan pada Tabel 1.

KARAKTERISTIK TANAH VULKANIK

Tanah yang terbentuk dari bahan vulkanik mempunyai karakteristik morfologi, kimia, fisik, dan mineralogi yang khas dan bernilai positif terhadap kesuburan kimia-fisik dan biologi tanah, sehingga menunjang pertumbuhan tanaman secara optimal.

Karakteristik Morfologi Tanah

Tanah vulkanik di Indonesia mempunyai horison permukaan atau epipedon berwarna hitam atau gelap dan

Tabel 1. Luas tanah vulkanik di Indonesia.

Pulau/kepulauan	Luas (x 1.000 ha)	
	Ha %	
Sumatera	2.594	48,09
Jawa dan Bali	1.833	33,98
Nusa Tenggara	245	4,54
Kalimantan	237	4,39
Sulawesi	164	3,04
Maluku Utara	321	5,95
Papua	0	0
Jumlah	5.394	100,00

Sumber: Subagyo *et al.* (2004).

kandungan C-organik tinggi, yang disebut sebagai epipedon melanik atau fulvik (Gambar 3). Kedua epipedon tersebut mempunyai kandungan C-organik lebih dari 6% pada lapisan 30 cm teratas, dengan value dan kroma warna dua atau kurang untuk melanik dan lebih dari dua untuk fulvik (Devnita 2012). Selain itu tanah ini mempunyai berat isi yang rendah, berkisar antara 0,37-0,90 g cm⁻¹ (Sukarman dan Dariah 2014).

Horison permukaan tanah vulkanik mempunyai struktur butiran (*granular*) atau kadang-kadang mengumpul agak bersudut (*subangular blocky*). Horison bawah permukaan memiliki struktur gumpal agak bersudut yang berukuran lebih besar, tetapi tingkat perkembangannya lemah dibandingkan dengan horison permukaan. Gambar 4 menunjukkan struktur pada horison permukaan (butir) dan struktur pada horison bawah permukaan (gumpal agak bersudut) dengan tekstur lempung liat berdebu.

Konsistensi basah tanah vulkanik tergolong kurang lekat dan kurang plastis, sedangkan konsistensi lembab tergolong gembur sampai sangat gembur. Sifat khas dari tanah ini adalah *smeary*, yaitu licin jika tanah dipirid dalam



Gambar 2. Deretan gunung berapi aktif di Indonesia (sumber: http://www.merapi.bgl.esdm.go.id/peta/2010/07/TLR_a523d4.jpg).

keadaan lembab. Sifat tersebut mencerminkan sifat *thixotropic* dari bahan tanah berbentuk nonkristalin.

Sifat morfologi tanah vulkanik sangat baik menunjang perkembangan akar tanaman yang pada gilirannya berdampak positif terhadap pertumbuhan tanaman, baik pada fase vegetatif maupun generatif.



Gambar 3. Profil tanah vulkanik dengan lapisan atas berwarna gelap dari Siosar, Kabupaten Karo, Sumatera Utara (Sumber: Sukarman 2017).

Karakteristik Mineralogi Tanah Vulkanik

Salah satu unsur yang sangat penting dan menentukan sifat kimia dan fisika tanah adalah jenis dan jumlah mineral yang terkandung dalam tanah. Mineral merupakan salah satu penciri potensi tingkat kesuburan tanah. Keberadaan suatu jenis mineral dalam tanah dapat dijadikan petunjuk status tingkat kesuburan alami tanah tersebut (Prasetyo 2005). Mineral dalam tanah dapat dibedakan atas mineral primer atau mineral pasir dan debu, serta mineral sekunder atau mineral liat.

Mineral primer

Mineral primer pada tanah vulkanik berbentuk fraksi pasir dan fraksi debu. Mineral primer merupakan hasil pelapukan fisik dari bahan-bahan piroklastik yang dikeluarkan pada saat erupsi gunung berapi. Hasil pelapukan fisik ini masih mempunyai sifat fisik dan kimia yang sama dengan bahan awalnya. Komposisi mineral primer dapat menunjukkan asal dan sifat bahan induk tanah, homogenitas penampang tanah, dan potensi kesuburan alami tanah (Purwanto *et al.* 2018). Penelitian yang mempelajari kandungan mineral primer bahan vulkanik segar dari beberapa gunung berapi di Indonesia telah dilakukan masing-masing terhadap bahan vulkanik G. Talang yang erupsi tahun 2005 (Fiantis *et al.* 2011), G. Merapi yang erupsi tahun 2006 dan 2010 (Anda dan Sarwani, 2012), dan G. Sinabung yang erupsi tahun 2013 (Sukarman dan Suparto 2015), seperti disajikan dalam Tabel 2.

Dari erupsi G. Sinabung pada tahun 2013 menunjukkan bahan vulkanik telah membentuk kerak yang keras dan menutup permukaan lahan pertanian sehingga mengganggu infiltrasi air dan penetrasi akar



Gambar 4. Struktur tanah permukaan yang berbentuk butir (kiri) dan horison bawah permukaan berbentuk gumpal agak bersudut (kanan) dari tanah vulkanik (Sumber: Sukarman 2017).

serta menciptakan keasaman dan toksisitas tanah (Anda *et al.* 2016). Analisis difraksi sinar-X (XRD) dan analisis mikroskop elektron scanning (SEM) dari lapisan berkerak menunjukkan adanya mineral gipsium dan jarosit (Gambar 5). Gipsium cenderung berperan sebagai penutup dalam pembentukan lapisan kerak dengan pH yang sangat rendah (2,9) dan konsentrasi Al, Ca, dan S yang sangat tinggi. Meski bahan vulkanik segar telah merusak tanaman pertanian dalam jangka pendek, namun memperkaya tanah dalam jangka panjang dengan menambahkan nutrisi seperti Ca, Mg, K, Na, P, Si, dan S.

Mineral-mineral tersebut merupakan mineral primer sebagai sumber unsur hara tanah esensial seperti kalsium (Ca), kalium (K), magnesium (Mg), natrium (Na), besi (Fe), fosfat (P), dan belerang (S), serta unsur hara mikro seperti boron (B), mangan (Mn) dan tembaga (Cu) (Prasetyo 2005). Adanya kandungan unsur-unsur hara tersebut dalam mineral primer menandakan tanah vulkanik secara potensial maupun aktual mempunyai kesuburan yang tinggi. Hasil penelitian Barasa *et al.* (2013) terhadap abu G. Sinabung menunjukkan kandungan logam berat, terutama Cu, timah hitam (Pb), dan B masih dalam ambang batas yang tidak membahayakan kesehatan.

Mineral sekunder

Mineral sekunder atau mineral liat berukuran halus ($< 2 \mu\text{m}$), terbentuk pada waktu proses pembentukan tanah, merupakan hasil pelapukan kimiawi dari mineral primer atau hasil pembentukan baru dalam proses pembentukan tanah, sehingga mempunyai susunan kimia dan struktur yang berbeda dengan mineral yang dilapuk. Dalam proses pembentukan tanah vulkanik, gelas vulkanik yang berasal dari bahan piroklastik umumnya membentuk mineral sekunder nonkristalin (Purwanto *et al.* 2018). Sukarman dan Dariah (2014) telah menghimpun hasil-hasil penelitian tanah vulkanik di Indonesia dan melaporkan

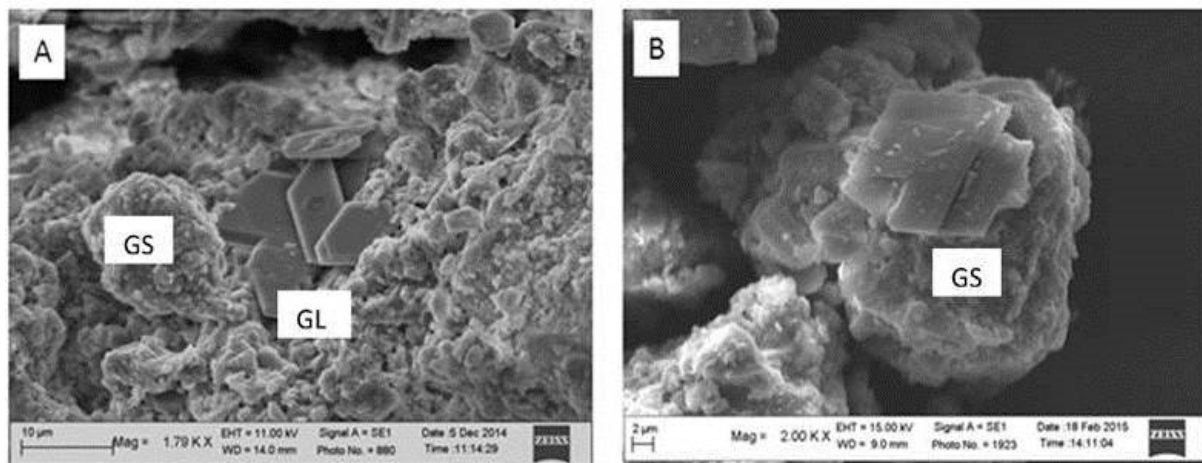
bahwa mineral sekunder nonkristalin yang dijumpai terdiri atas alofan, imogolit, ferihidrit, haloisit, haloisit disorder, kaolinit disorder, dan gibsit.

Alofan adalah nama kelompok mineral liat nonkristalin yang paling banyak dijumpai dalam tanah vulkanik di Indonesia. Menurut Sukarman dan Dariah (2014), kandungan alofan dari tanah vulkanik berkisar antara 1-34%, dengan rata-rata 11%. Hasil penelitian Suryani *et al.* (2015) di Halmahera, Maluku Utara, menunjukkan mineral liat dominan tanah vulkanik di daerah tersebut adalah alofan. Salah satu sifat alofan adalah mempunyai reaktivitas yang tinggi dalam menyerap fosfat.

Imogolit adalah mineral nonkristalin yang menunjukkan sifat serupa dengan alofan, dan mempunyai reaktivitas yang lebih rendah terhadap fosfat dibandingkan dengan alofan (Dahlgren *et al.* 1993). Dari hasil penelitian tanah vulkanik di Indonesia diketahui mineral sekunder imogolit termasuk yang lebih sedikit dijumpai dibandingkan dengan alofan maupun haloisit. Prasetyo (2005) mengemukakan tanah vulkanik dari G. Kidul dan G. Salak mengandung mineral liat imogolit.

Ferihidrit adalah hidroksida besi yang sedang atau telah melapuk dari kumpulan gelas vulkanik. Memiliki permukaan kimia yang hampir sama dengan alofan, ferihidrit merupakan bahan yang sangat reaktif karena mempunyai permukaan gugus fungsi OH dan tingkat luas permukaan spesifik yang tinggi (Shoji *et al.* 1993).

Haloisit mempunyai susunan struktur lapisan mineral yang tidak sempurna, sehingga sering mengalami berbagai gangguan yang menyebabkan rusaknya struktur mineral tersebut (Shoji *et al.* 1993). Mineral haloisit mempunyai reaktivitas lebih rendah dibandingkan dengan alofan dan ferihidrit dalam menyerap fosfat. Hasil penelitian pada tanah vulkanik menggunakan metode XRD menunjukkan dari 16 tempat yang diteliti 12 diantaranya mengandung mineral sekunder haloisit selain mineral sekunder lainnya seperti alofan, imogolit, kaolinit, dan gibsit (Prasetyo 2005).



Gambar 5. Scanning electron microscopy (SEM) vulkanik dari letusan G. Sinabung: (A) bentuk gipsium kristal kecil (GS) dan gipsium kristal besar (GL), (B) Close up (GS) kristal gipsium (Sumber: Anda *et al.* 2016).

Tabel 2. Hasil analisis mineral primer material segar hasil erupsi G. Talang, G. Sinabung, dan G. Merapi.

Jenis mineral	G. Talang ¹⁾ (%)	G. Sinabung ²⁾ (%)	G. Merapi ³⁾ (%)	G. Merapi ⁴⁾ (%)
Kuarsa	Ss	Ss	-	-
Opak	3	4	1	5
Limonit	-	Ss	-	<1
Lapukan mineral	2	2	-	<1
Fragmen batuan	21	30	8	4
Gelas vulkanik	25	23	60	49
Hornblenda	Ss	-	Ss	<1
Hiperstein	11	14	3	2
Augit	3	11	2	13
Apatit	Ss	-	Ss	-
Labradorit	35	8	34	26
Bitownit	-	3	Sp	<1
Epidot	-	Ss	-	-
Andesin	-	-	4	<1
Turmalin	-	1	-	1
Zeolit	-	-	Ss	1
Ss = sangat sedikit				

Sumber: ¹⁾Fiantis *et al.* (2011); ²⁾Sukarman dan Suparto (2015); ³⁾Fiantis *et al.* (2009); ⁴⁾Anda dan Sarwani (2012).

Mineral kaolinit merupakan mineral liat filosilikat dengan tipe 1:1. Berbeda dengan mineral alofan atau imogolit, kaolinit mempunyai permukaan aktif yang terbatas. Kondisi ini yang menyebabkan daya adsorpsinya rendah (Dahlgren *et al.* 1993). Mineral kaolinit yang dijumpai pada tanah vulkanik sebagai mineral sekunder utama di Indonesia dijumpai di daerah beriklim kering, terutama di Flores Nusa Tenggara Timur (Sukarman *et al.* 1999; Hikmatullah *et al.* 1999; Hikmatullah *et al.* 2003) dan Jawa Barat (Arifin dan Hardjowigeno 1997). Namun kaolinit yang dijumpai mempunyai kristal yang tidak sempurna atau disebut kaolinit disorder. Menurut Prasetyo (2005), penyebab terbentuknya kaolinit disorder adalah karena daerah tersebut mempunyai iklim yang relatif kering (ustik) dengan suhu yang relatif tinggi dibandingkan dengan tempat lain di Indonesia.

Mineral sekunder lainnya adalah gipsit, antara lain dijumpai di dataran tinggi Toba Sumatera Utara (Prasetyo *et al.* 2009); G. Lawu Jawa Timur (Subagjo and Buurman 1980); Ciater Bandung Jawa Barat (Arifin and Hardjowigeno 1997; dan G. Salak Bogor Jawa Barat (Hardjoesastro *et al.* 1983). Mineral gipsit biasanya dijumpai pada tanah vulkanik yang sudah lebih berkembang dan alofan yang dijumpai juga relatif lebih sedikit. Rendahnya alofan disebabkan karena tanah ini sudah mulai berkembang melalui proses desilifikasi, yang menyebabkan alofan mulai banyak berubah membentuk mineral kristalin haloisid hidrat (Purwanto *et al.* 2018).

Dominannya jenis kandungan mineral sekunder tersebut sangat berpengaruh terhadap sifat kimia, fisik, dan biologi tanah ini (Purwanto *et al.* 2018). Tanah vulkanik yang lebih muda mengandung lebih banyak alofan dan imogolit daripada haloisid maupun kaolinit.

Tanah tersebut umumnya mempunyai sifat kimia yang baik, kecuali retensi P yang tinggi (Wibisono *et al.* 2016). Semakin banyak kandungan kaolinit dan gipsit semakin berkembang tanah tersebut. Hal ini menyebabkan semakin rendahnya unsur-unsur hara dalam tanah. Sifat lain yang berubah adalah tekstur semakin halus, struktur lebih gumpal, dan aktivitas biologi dalam tanah makin berkurang.

Karakteristik Kimia Tanah Vulkanik

Dalam jangka pendek, abu vulkanik yang dikeluarkan pada saat gunung meletus berdampak buruk terhadap: pemukiman, lahan dan tanaman, infrastruktur, lingkungan dan bahkan tidak jarang menyebabkan korban jiwa. Penelitian Anda *et al.* (2016) menunjukkan abu vulkanik dari letusan G. Sinabung pada tahun 2013 mempunyai pH sangat rendah (3,3-3,5) yang bersumber dari tingginya kandungan sulfat (SO_4^{2-}), sehingga banyak tanaman semusim yang rusak, bahkan dapat menyebabkan gagal panen.

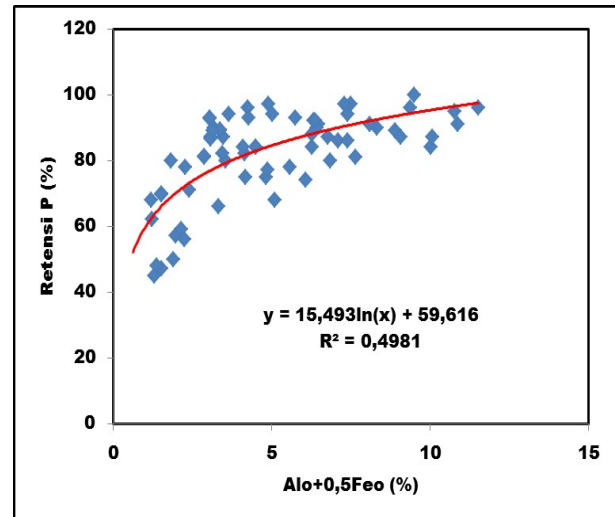
Tanah vulkanik menampilkan berbagai karakteristik kimia yang mencerminkan pengaruh bahan induk dan tingkat pelapukannya. Bahan organik tanah, aluminium (Al), besi (Fe), dan silika (Si) aktif adalah unsur yang paling menonjol mengatur reaksi kimia tanah vulkanik. Bentuk utama Al dan Fe aktif adalah alofan, imogolit, dan ferihidrit. Kandungan Al, Fe, dan Si aktif pada bahan alofan, imogolit dan Al-humus dapat diketahui melalui ekstraksi amonium oksalat (Shoji *et al.* 1993). Tanah vulkanik mempunyai kandungan Al_o lebih tinggi dibandingkan dengan Fe_o dan Si_o (Sukarman dan Dariah 2014). Di Indonesia, sifat bahan induk tanah vulkanik

yang berkembang dari bahan induk masam (liparit) mempunyai kandungan Al_0 paling tinggi, sedangkan tanah yang berkembang dari bahan induk basa (basalt) mempunyai nilai Al_0 paling rendah (Tabel 3). Kondisi ini menyebabkan tanah vulkanik mempunyai retensi yang tinggi terhadap fosfat dan tanah vulkanik yang berasal dari bahan induk liparit mempunyai retensi P yang paling tinggi.

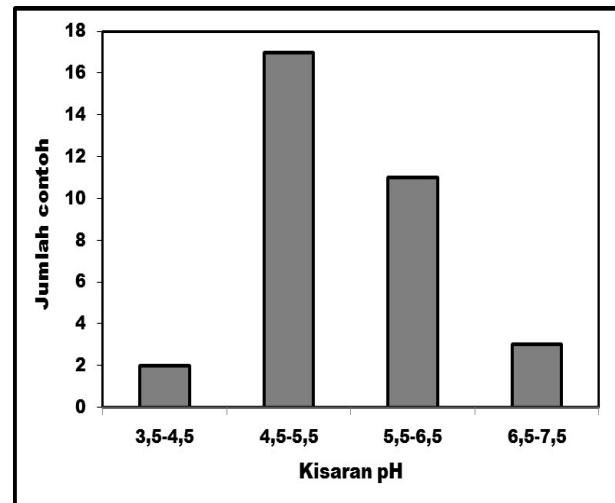
Secara umum, tingkat serapan fosfat pada tanah vulkanik ditentukan oleh kandungan dan bentuk Al dan Fe aktif. Hubungan tersebut sering dinyatakan dalam bentuk regresi antara retensi fosfat dengan kandungan Al_0 ditambah $\frac{1}{2} Fe_0$ seperti disajikan pada Gambar 6. Dapat diinterpretasikan semakin tinggi kandungan Al dan Fe aktif dalam tanah, semakin tinggi fosfat yang terjerap. Al dan atau Fe aktif yang terdiri atas mineral liat nonkristalin seperti alofan dan ferrihidrit serta mineral liat imogolit P terjerap kuat pada struktur mineral ini dan terikat pada gugus fungsional OH atau H yang bermuatan positif (Shoji *et al.* 1993).

Tanah vulkanik di Indonesia memiliki kisaran pH yang cukup lebar, yaitu 3,4-6,7 dengan rata-rata 5,4. Namun kisaran pH antara 4,5-5,5 paling banyak dijumpai, sedangkan yang kedua terbanyak adalah pada kisaran pH 5,5-6,5 (Gambar 7). Banyaknya contoh pada kisaran pH 4,5-5,5 dan 5,5-6,5 menunjukkan tanah vulkanik di Indonesia didominasi oleh mineral liat nonkristalin (Sukarman dan Dariah 2014).

Kapasitas tukar kation (KTK) lapisan atas tanah vulkanik yang paling rendah dijumpai pada tanah vulkanik dataran tinggi Toba Sumatera Utara, yaitu 9,8 cmol (+) per kg (Yatno and Suharta 2011), sedangkan yang tertinggi dijumpai di Jawa sebesar 52,0 cmol (+) per kg (Sukarman dan Dariah 2014). Prasetyo (2005) menyatakan KTK tanah vulkanik berkorelasi positif dengan kandungan C-organik tanah. Semakin tinggi kandungan C-organik semakin tinggi pula KTK tanah.



Gambar 6. Hubungan antara retensi fosfat dan $Al_0 + \frac{1}{2} Fe_0$ dari tanah vulkanik di Indonesia (Sumber: Sukarman dan Dariah 2014).



Gambar 7. Frekuensi pengamatan pada pH lapisan atas beberapa tanah vulkanik di Indonesia (Sumber: Sukarman dan Dariah 2014).

Tabel 3. Kisaran kandungan Al, Fe, dan Si yang diekstrak dengan amonium oksalat.

Al_0 (%)	Fe_0 (%)	Si_0 (%)	% $Al_0 + 0,5\% Fe_0$ (%)	Sifat bahan induk	Lokasi
3,73	0,78	-	4,26	Andesitik	Gunung Kidul ¹⁾
4,32	1,20	2,81	5,27	Andesitik	Gunung Dempo, Sumsel ²⁾
2,00	0,65	17,46	29,50	Andesitik	Pulau Flores, NTT ³⁾
2,06	1,34	-	3,12	Andesitik	Gunung Kimangbuleng, Kabupaten Sikka, NTT ⁴⁾
4,15	1,34	2,38	4,83	Andesitik	Gunung Marapi dan Talamau, Sumatera Barat ⁵⁾
2,04	1,68	1,12	2,88	Andesitik basaltik	Sumatera Barat ⁶⁾
2,27	2,23	1,72	2,97	Andesitik-basaltik	Gunung Burangrang, Jawa Barat ⁷⁾
1,97	1,09	0,96	2,45	Basaltik	Tondano, Sulawesi Utara ⁸⁾
4,58	3,40	0,47	6,42	Liparitik	Dataran Tinggi Toba, Sumatera Utara ⁹⁾
6,46	3,00	1,89	7,41	Liparitik	Sumatera Utara ¹⁰⁾
2,23	1,07	2,64	2,77	Andesitik basaltik	Gunung Sinabung, Sumatera Utara ¹¹⁾

Sumber: ¹⁾Sudiardjo *et al.* (1997); ²⁾Dai dan Hikmatullah (1993); ³⁾Hikmatullah *et al.* (1999); ⁴⁾Sukarman *et al.* (1999); ⁵⁾Fiantis and Van Ranst (1997); ⁶⁾Fiantis *et al.* (2000); ⁷⁾Yatno dan Zauiyah (2003); ⁸⁾Hikmatullah (2008); ⁹⁾Prasetyo *et al.* (2009); ¹⁰⁾Yatno dan Suharta (2011); ¹¹⁾Ridwandi *et al.* (2013).

Dari sisi kimia atau kesuburan, tanah vulkanik mempunyai tingkat kesuburan yang tinggi kecuali retensi fosfat. Hasil analisis sifat kimia tanah vulkanik pada kedalaman 0-20 cm menunjukkan kesuburan tanah (berdasarkan sifat kimia tanah) yang telah dikelola intensif rata-rata tergolong sedang (Tabel 4). Namun indikasi penurunan kesuburan tanah vulkanik sudah terlihat, diantaranya ditandai oleh kandungan C-organik rendah, seperti yang terjadi di Banyuroto, Magelang, Jawa Tengah. Namun jika kandungan C-organik berkisar antara 6-15%, maka tanah vulkanik yang telah dikelola secara intensif umumnya telah mengalami proses degradasi.

Karakteristik Fisika Tanah

Tanah vulkanik memiliki sifat fisika yang khas dan berkaitan erat dengan tingginya kandungan alofan. Alofan merupakan salah satu bahan yang berkontribusi pada berat isi (*bulk density*) yang rendah dari tanah vulkanik melalui pengembangan struktur tanah berpori (Nanzio *et al.* 1993). Mineral ini memiliki banyak lubang yang memungkinkan keluar-masuknya molekul-molekul air. Menurut Prasetyo (2005), tekstur tanah vulkanik sebagian besar tergolong sedang dan bervariasi dari lempung berliat sampai lempung berpasir. Dengan demikian, selain memiliki kandungan bahan organik yang tinggi, berat isi rendah, daya menahan air tinggi, total porositas tinggi, tanah vulkanik juga bersifat gembur dengan konsistensi kurang plastis dan tidak lekat.

Tanah vulkanik bila basah bersifat berminyak (*greasy*) dan menyemir (*smearly*). Selain itu, tanah vulkanik juga mempunyai sifat kering tak balik (*irreversible*). Penyebabnya adalah adanya: (1) liat silikat nonkristalin yang memiliki nilai ZPC (*Zero Point of Charge*) lebih besar daripada mineral kristalin biasa, dan (2) oksida terhidrat yang menyebabkan presipitasi kembali (*co-*

precipitation). *Zero Point Charge* adalah kondisi pH yang menunjukkan titik antara muatan positif dan negatif permukaan koloid bernilai nol (Sakurai *et al.* 1989).

Secara umum tanah vulkanik memiliki berat isi yang rendah, kandungan air pada tekanan 15 bar tinggi, ketersediaan air bagi tanaman sedang sampai rendah, batas mencair yang tinggi dan indeks plastisitas yang rendah, sulit didispersi, dan terjadi perubahan tidak dapat balik (*irreversible*) pada semua sifat tersebut apabila telah dikeringkan. Suratman *et al.* (2018) mengemukakan sifat fisika penting lainnya dari tanah vulkanik adalah strukturnya, yang terdiri atas makro struktur dan mikro struktur. Makro struktur dijumpai pada horizon A yang dicirikan oleh struktur granular yang khas, terbentuk dari proses *mountain granulation* (Djaenudin dan Sudjadi 1988). Struktur ini berlainan dengan struktur granular tanah-tanah lainnya karena satuan strukturnya sangat resisten terhadap daya rusak air hujan. Sifat ketahanannya ini dan terasa seperti pasir pada musim kering, maka unit-unit struktur tersebut disebut pseudosand (pasir semu) (FAO 2015).

Karakteristik Biologi Tanah

Dalam tanah vulkanik terdapat populasi makrofauna maupun mikrofauna, diantaranya cacing tanah dan mikroorganisme tanah (*protozoa* dan *nematoda*). Cacing tanah berperan dalam menyuburkan dan menggemburkan tanah, melakukan pencampuran tanah dan memperbaiki tata udara tanah sehingga infiltrasi air menjadi lebih baik dan lebih mudah ditembus akar (Subowo 2008). Dalam suatu ekosistem tanah, berbagai mikroba hidup, bertahan hidup, dan berkompetisi dalam memperoleh ruang, oksigen, air, hara dan kebutuhan hidup lainnya, baik secara simbiotik maupun nonsimbiotik sehingga

Tabel 4. Sifat kimia tanah vulkanik pada kedalaman 0-20 cm.

Parameter	Buntu Wonosobo ¹⁾	Kopeng, Semarang ²⁾	Banyuroto, Magelang ³⁾	Ranca Bali, Bandung ⁴⁾	Talun Berasap, Kerinci ⁵⁾
pH H ₂ O	5,7	6,0	6,0	6,07	5,14
C-organik (%)	3,98	2,58	2,0	2,44	5,12
N total (%)	0,31	0,24	0,17	0,28	0,69
P ₂ O ₅ (HCl 25%) (mg 100g ⁻¹)	346	11	90	357	15,02
K ₂ O (HCl 25%) (mg 100g ⁻¹)	13	-	1	25	102
P ₂ O ₅ tersedia (ppm)	177	301	20	-	9,49
Ca-dd (cmol(+) kg ⁻¹)	6,59	6,98	7,67	18,45	0,17
Mg-dd (cmol(+) kg ⁻¹)	0,79	2,56	0,88	3,14	6,57
K-dd (cmol(+) kg ⁻¹)	0,17	0,24	0,18	1,57	0,53
Na-dd (cmol(+) kg ⁻¹)	0,11	-	0,14	0,40	0,00
CTK (cmol(+) kg ⁻¹)	29,30	24,10	8,13	-	21,90
Retensi P (%)	76,6	-	-	-	-
Kejenuhan basa (%)	26	41	>100	93,33	33,15

Sumber: ¹⁾Sipahutar *et al.* (2013); ²⁾Kasno *et al.* (2013); ³⁾Haryati *et al.* (2013); ⁴⁾Sujitno (2013); ⁵⁾Haryati, Erfandi, *et al.* (2013).

menimbulkan berbagai bentuk interaksi antarmikrobia (Saridevi *et al.* 2013).

Sifat biologi tanah terutama populasi mikroorganisme merupakan parameter penting guna menduga produktivitas lahan, karena mikroorganisme tanah merupakan pemecah primer, sehingga perlu diketahui perbedaan sifat biologi tanah melalui pengukuran respirasi tanah, populasi total bakteri, dan populasi total jamur. Secara umum sifat biologi tanah berbeda untuk setiap jenis tanah atau setiap tipe penggunaan lahan (Prasetya *et al.* 2012).

Penelitian mengenai biologi tanah vulkanik relatif jarang, diantaranya pernah dilakukan oleh Saridevi *et al.* (2013). Dari penelitian tersebut diketahui tanah vulkanik memiliki total populasi bakteri dan jamur tertinggi pada penggunaan lahan kebun campuran, dibandingkan dengan penggunaan lahan lainnya. Hal ini disebabkan karena tanah vulkanik dari lahan kebun campuran mempunyai C-organik dan N-total yang lebih tinggi, masing-masing 4,61% dan 0,31% dibandingkan dengan lahan untuk penggunaan lainnya. Kondisi serupa didukung oleh adanya pengaruh sangat nyata pada uji korelasi antara total populasi bakteri dan jamur dengan C-organik.

Saridevi *et al.* (2013) mengemukakan C-organik tertinggi 4,61% terdapat pada lahan kebun campuran karena ditanami dengan beragam jenis tanaman, pengelolaan tanah tidak intensif, dan hanya diberi pupuk kandang. Sementara itu kandungan C-organik lahan alang-alang hanya 2,10% dan tegalan 1,92%. Dari ketiga kondisi tersebut nampaknya kebun campuran merupakan penggunaan lahan yang lebih baik untuk mempertahankan kandungan C-organik dan aktivitas biologi tanah tetap tinggi.

POTENSI DAN KENDALA PEMANFAATAN TANAH VULKANIK

Tanah vulkanik sebagian besar terdapat pada dataran tinggi (> 700 m dpl) sesuai dikembangkan untuk tanaman tipe C3 yang mempunyai titik kompensasi suhu udara yang rendah (16-22°C), diantaranya tanaman sayuran. Selain itu, tanaman tahunan yang sesuai dikembangkan pada dataran tinggi diantaranya teh, kopi arabika, kina, apel, jeruk, dan kayu manis, serta tanaman kehutanan seperti *Eucalyptus urophylla*, *Casuarina* sp. (Suwandi 2009).

Potensi untuk Pertanian

Luas tanah vulkanik (Andosol) di Indonesia adalah 5.395.000 ha atau 2,9% dari luas daratan (Subagyo *et al.* 2004). Penyebarannya sering berasosiasi dengan tanah lainnya seperti Kambisol (*Inceptisols*) dan Regosol

(*Entisols*). Oleh karena itu pembahasan mengenai potensi tanah vulkanik tidak terlepas dari potensi tanah Kambisol dan Regosol yang secara bersamaan berada pada daerah tersebut.

Data dari Subagyo *et al.* (2004) menunjukkan tanah vulkanik terluas terdapat di Sumatera dan disusul oleh Jawa. Dari segi kawasan, tanah vulkanik terluas terdapat pada lahan di daerah pergunungan dengan lereng > 30%, yaitu 3.344.612 ha (62%) dan daerah perbukitan dengan lereng 15-30% seluas 883.936 ha (16,38%) (Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) 2000).

Berdasarkan karakteristik biofisik terutama lereng, minimal terdapat 2,05 juta ha (38%) tanah vulkanik yang potensial untuk pertanian (Sukarman dan Dariah 2014). Lahan potensial tersebut secara teknis-agronomis mampu mendukung pertumbuhan tanaman semusim maupun tanaman tahunan secara optimal. Jika lahan tersebut dikelola dengan baik maka tidak akan mengganggu kelestarian sumber daya dan lingkungan. Hasil penelitian Suratman *et al.* (2018) menunjukkan tanah vulkanik di Jawa Barat dan Jawa Tengah tergolong sesuai dan sangat mendukung pengembangan tanaman budi daya, baik tanaman semusim maupun tanaman perkebunan.

Agar lahan-lahan tersebut dapat dibudidayakan secara berkesinambungan maka penggunaannya harus didasarkan kepada kesesuaian lahannya. Pengembangan suatu komoditas harus didasarkan kepada hasil evaluasi lahan yang didasarkan kepada daya dukung iklim, tanah, dan sifat lingkungan fisik lainnya. Prioritas pengembangan pertanian diarahkan kepada lahan yang tergolong berpotensi tinggi, agar komoditas yang diusahakan mampu berproduksi optimal dengan kualitas tinggi sehingga mempunyai daya saing harga dan pemasaran (Sukarman 2019).

Berdasarkan bentuk wilayahnya, tanah vulkanik yang dapat digunakan untuk usaha tani tanaman semusim (tanaman pangan dan sayuran) adalah yang berada pada lahan datar sampai bergelombang, dengan lereng kurang dari 15% yang luasnya 1.166.452 ha atau 21,62% (Subagyo *et al.* 2004). Pada lahan yang mempunyai lereng lebih dari 15% sampai 45%, komoditas yang sesuai dikembangkan adalah tanaman perkebunan seperti teh, kopi, kina, dan kayu manis (Kurnia *et al.* 2004).

Kendala Pemanfaatan

Sistem usaha tani pada tanah vulkanik cukup beragam, mulai dari usaha tanaman pangan sederhana yang diusahakan oleh rakyat sampai usaha perkebunan yang relatif maju. Menurut Kurnia *et al.* (2004), pengelolaan komoditas perkebunan pada tanah vulkanik umumnya dilaksanakan secara profesional dengan investasi besar dan berorientasi pasar. Lereng curam bukan merupakan masalah yang serius, karena pengelolaannya telah memperhatikan aspek kelestarian lingkungan. Berbeda

dengan perkebunan rakyat, keterbatasan modal dan lemahnya pengetahuan teknologi budi daya menyebabkan pengelolaan lahan tidak tepat sehingga menimbulkan kerusakan lahan dan lingkungan sekitar.

Menurut Dariah dan Husen (2007) dan Sukarman (2019), aktivitas budi daya sayuran di tanah vulkanik pada lereng yang miring dilakukan secara intensif tetapi tidak memperhatikan aspek konservasi tanah dan air. Lahan dengan topografi demikian sangat rawan terhadap kerusakan tanah dan lingkungan. Sayuran adalah tanaman yang mempunyai daya jangkau akar yang sangat dangkal sehingga daya memegang tanah agar tidak tererosi dan longsor juga sangat rendah. Aktivitas budi daya yang sangat intensif juga menyebabkan terjadinya erosi yang cukup tinggi. Tabel 5 menyajikan data erosi pada tanah vulkanik yang ditanami sayuran tanpa konservasi tanah dan air.

Menurut Kurnia *et al.* (2004) dan Dariah *et al.* (2012), pada lahan budi daya sayuran di dataran tinggi, sebagian besar petani belum menerapkan teknik konservasi tanah dan air dengan benar. Penyebabnya antara lain karena aplikasi teknik konservasi dirasakan sulit dan membutuhkan waktu yang lama serta memerlukan tenaga kerja dalam jumlah yang cukup banyak. Tanpa konservasi tanah dan air, tanah vulkanik di dataran tinggi sangat rentan terhadap erosi dan longsor. Tanaman sayuran umumnya sangat rentan terhadap infeksi penyakit jika drainase tanah buruk. Oleh karena itu, petani sayuran umumnya membuat bedengan yang searah lereng, yang menyebabkan tanah menjadi relatif mudah tererosi karena aliran air terkonsentrasi pada titik tertentu sehingga daya rusaknya menjadi lebih tinggi.

Data pada Tabel 5 terlihat erosi pada tanah vulkanik yang dibudidayakan untuk tanaman sayuran tanpa konservasi tanah dan air berkisar antara 2,3-8,4 kali melebihi batas toleransi (*tolerable soil loss*). Menurut Hardjowigeno (1985), erosi yang dapat ditoleransi adalah 2,5 mm/tahun atau setara dengan 30 t/ha/tahun. Kondisi ini memperbesar konsentrasi sedimen dalam aliran permukaan yang selanjutnya dapat masuk ke badan air seperti sungai, waduk, dan saluran irigasi yang meningkatkan sedimentasi.

Selain meningkatnya konsentrasi sedimen dalam aliran permukaan, erosi juga membawa berbagai unsur yang diperlukan tanaman ke luar lahan pertanian. Unsur hara yang hilang terbawa aliran permukaan antara lain C-organik, nitrogen, fosfat, kalium, dan lainnya. Data pada Tabel 6 terlihat jumlah C-organik, nitrogen total, fosfat tersedia, dan kalium tersedia yang terbawa erosi cukup besar. Adanya unsur hara yang terbawa sedimen menyebabkan terjadi proses yang dikenal dengan istilah pengkayaan sedimen yang berdampak terhadap percepatan pendangkalan badan air, akibat tanaman air seperti eceng gondok akan tumbuh dengan subur pada badan-badan air dan sulit dikendalikan (Suganda *et al.* 1997; Sinukaban *et al.* 1994; Henny *et al.* 2011).

Menurut Saida *et al.* (2011), ada empat hal yang mencerminkan penurunan kualitas lahan, yaitu: (1) usaha tani tidak semakin menguntungkan, (2) produktivitas lahan turun, (3) sering terjadi serangan hama dan penyakit, (4) hilangnya kemampuan masyarakat untuk membangun modal sosial sehingga tidak mampu mengendalikan kerusakan lingkungan

Tabel 5. Erosi tanah vulkanik pada lahan budi daya sayuran tanpa teknik konservasi tanah.

Lokasi	Jenis tanah	Lereng (%)	Pola tanam	Erosi (t/ha/thn)
Pacet, Cianjur, Jabar ¹⁾	Andosol Umbrik	9-22	Buncis-kubis	252
Pangalengan, Jabar ²⁾	Andosol Okrik	>30	Kentang-kubis	218
Lembang, Jabar ³⁾	Andosol Okrik	15-25	Selada-tomat	70
Jeneberang, Sulsel ⁴⁾	Andosol Okrik	15-25	Bawang daun	80
Sukaraja, Sukabumi, Jabar ⁵⁾	Andosol Okrik	15-25	Tomat-cabai-kubis	159

Sumber: ¹⁾Suganda *et al.* (1997), ²⁾Sinukaban *et al.* (1994), ³⁾Supriyadi *et al.* (2013), ⁴⁾Saida *et al.* (2011), ⁵⁾Wibowo dan Ruwaida (2014).

Tabel 6. Jumlah C-organik, unsur N, P, dan K yang terangkut bersama tanah yang tererosi pada lahan pertanian sayuran di dataran tinggi.

Lokasi	C-organik	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
	kg/ha/tahun			
Pacet Cianjur, Jawa Barat ¹⁾	-	241	80	18
Pangalengan, Jawa Barat ²⁾	3.120	333	-	-
Kerinci, Jambi ³⁾	2.232	626	2,8	10,4

Sumber: ¹⁾Suganda *et al.* (1997); ²⁾(Sinukaban *et al.* 1994); ³⁾Henny *et al.* (2011).

Kesesuaian Lahan

Pengembangan komoditas pertanian pada tanah vulkanik harus didasarkan kepada kesesuaian lahan. Kesesuaian lahan adalah kecocokan sebidang lahan untuk penggunaan tertentu (Ritung *et al.* 2011). Secara spesifik, kesesuaian lahan adalah kesesuaian sifat fisik lingkungan berupa iklim, tanah, topografi, hidrologi dan atau drainase untuk usaha tani komoditas tertentu yang produktif. Berdasarkan persyaratan tumbuh tanaman yang dicocokkan dengan keadaan fisik lingkungan tanah vulkanik di dataran tinggi, yaitu faktor iklim, tanah, topografi, dan keadaan drainase maka komoditas pertanian yang dapat dikembangkan pada tingkat kesesuaian lahan secara umum atau ordo sesuai (S) disajikan pada Tabel 7.

Dari data yang ada terlihat kelompok tanaman hortikultura (sayuran dan buah-buahan) memiliki jumlah komoditas paling banyak yang tergolong sesuai (S) dibudidayakan pada tanah vulkanik dataran tinggi dengan kelas kesesuaian lahan bervariasi dari sangat sesuai (S1) sampai sesuai marjinal (S3). Untuk tanaman tahunan atau tanaman perkebunan, teh, kopi arabika, dan

kina merupakan komoditas yang sesuai (S) dengan kelas S1 (sangat sesuai) sampai S3 (sesuai marjinal). Kelas S1 menunjukkan lahan tidak mempunyai faktor pembatas yang berarti terhadap penggunaan komoditas tertentu. Kelas S2 menunjukkan adanya faktor pembatas yang masih dapat diatasi. Faktor pembatas tersebut perlu tambahan masukan untuk mempertahankan dan atau meningkatkan produktivitas lahan. Kelas S3 mempunyai faktor pembatas yang lebih besar. Untuk mengatasi faktor pembatas tersebut diperlukan investasi yang tinggi. Apabila faktor pembatas tidak diatasi maka produktivitas lahan akan menurun.

Berdasarkan kesesuaian lahan, komoditas hortikultura yang dapat dikembangkan adalah sayuran dataran tinggi seperti tomat, kubis, petsai, wortel, buncis, dan kentang yang tumbuh baik pada ketinggian > 700 m dpl. Komoditas hortikultura lainnya yang banyak ditanam di dataran tinggi adalah bunga dan buah-buahan (Suganda *et al.* 1994; Hilman 2013).

Beberapa daerah yang memiliki tanah vulkanik relatif luas terdapat di Sumatera Utara, Jawa Barat, Jawa Tengah, dan Jawa Timur yang merupakan sentra produksi tanaman hortikultura (Puslittanah *dalam* (Hidayat dan Mulyani 2005). Sentra produksi sayuran di Sumatera Utara terdapat antara lain di dataran tinggi Toba dan Berastagi, sedangkan di Provinsi Jambi terdapat di dataran tinggi Kerinci. Di Jawa Barat, sentra produksi sayuran terdapat di Pangalengan, Cisarua, Lembang, dan Samarang Garut. Di Jawa Tengah, sentra produksi sayuran terdapat di dataran tinggi Dieng (Kabupaten Banjarnegara dan Wonosobo), Kopeng, dan Temanggung. Di Jawa Timur, sentra produksi sayuran terdapat terdapat di daerah Batu dan dataran tinggi Ijen (Sukarman dan Dariah 2014).

Tabel 7. Komoditas hortikultura dan perkebunan yang sesuai di tanah vulkanik.

Kelompok	Jenis komoditas	Kelas kesesuaian lahan
Tanaman hortikultura	1. Kentang	S1-S3
	2. Wortel	S1-S3
	3. Lobak	S1-S3
	4. Bawang putih	S1-S3
	5. Paprika	S1-S3
	6. Kubis	S1-S3
	7. Petsai	S1-S3
	8. Sawi	S1-S3
	9. Bayam	S1-S3
	10. Buncis	S1-S3
	11. Kacang panjang	S1-S3
	12. Kacang kapri	S1-S3
	13. Brokoli	S1-S3
	14. Asparagus	S1-S3
	15. Biet	S1-S3
	16. Apel	S1-S3
	17. Strawberry	S1-S3
	18. Alpukat	S1-S3
	19. Cabai merah	S1-S3
	20. Jeruk	S1-S3
	21. Markisa	S1-S3
	22. Pare	S1-S3
	23. Terung	S1-S3
	24. Tomat	S1-S3
Tanaman perkebunan	1. Kopi arabika	S1-S3
	2. Teh	S1-S3
	3. Kina	S1-S3

Keterangan: S1 : Sangat Sesuai, S2 = Cukup sesuai, S3 = Sesuai Marjinal. Sumber: Sukarman and Dariah (2014), (Sukarman dan Dariah 2014).

KESIMPULAN

Tanah vulkanik merupakan tanah muda, dicirikan oleh dua sifat khusus, yaitu warna hitam sampai coklat karena tingginya kandungan bahan organik, mempunyai kandungan mineral nonkristalin, mengandung unsur hara tinggi, kemampuan memegang air tinggi, dan berdrainase baik. Tanah ini menyebar di dataran tinggi dan sedikit di dataran menengah dan rendah, sehingga secara spesifik sangat sesuai untuk tanaman C3 (tanaman sayuran). Tanah ini umumnya menempati lahan kering berlereng.

Luas tanah vulkanik di Indonesia sekitar 5,4 juta ha (2,9% dari luas daratan), menyebar di Sumatera, Jawa, Bali, Nusa Tenggara Barat, Nusa Tenggara Timur, Maluku Utara, dan Sulawesi Utara. Tanah tersebut seluas 2,05 juta ha potensial untuk pertanian dengan faktor pembatas utama kemiringan lereng dan retensi P.

Terdapat indikasi terjadinya degradasi tanah vulkanik, utamanya pada areal yang telah dikelola secara intensif seperti untuk tanaman sayuran, tanpa pengelolaan yang ramah lingkungan. Padi dan palawija merupakan tanaman semusim lainnya yang dapat

dikembangkan, namun sering kali kalah bersaing dengan tanaman hortikultura atau tanaman perkebunan.

Tanaman tahunan yang banyak dibudidayakan pada tanah vulkanik, terutama di dataran tinggi, adalah teh, kopi arabika, kina, kayu manis, dan buah-buahan. Risiko erosi dari usaha tani berbasis tanaman tahunan relatif lebih rendah, namun tetap perlu mendapat perhatian khusus dari segi penanganan bahaya erosi sejak awal.

DAFTAR PUSTAKA

- Anda, M. and Sarwani, M. (2012). Mineralogical, chemical composition and dissolution of fresh ash eruption: new potential source of nutrient. *Soil Sci. Soc. Am. J.* (76):733–747.
- Anda, M., Suparto and Sukarman (2016). Characteristics of pristine volcanic materials: Beneficial and harmful effect and their management for restoration of agroecosystem. *Science of the Total Environment* (543):480–492.
- Arifin, M. and Hardjowigeno, S. (1997). Pedogenesis Andisols berbahan induk abu vulkan andesit dan basalt pada beberapa zone agroklimate di daerah perkebunan teh Jawa Barat. Hlm 17-32. Dalam Subagyo et al. (Eds.). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Buku II, Jakarta 12-15 Desember 1995*. pp. 1–5.
- Barasa, R.F., Rauf, A. and Sembiring, M. (2013). Dampak debu vulkanik letusan gunung Sinabung terhadap kadar Cu, Pb dan B tanah di Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 1(4):1288–1297.
- Dahlgren, R., Shoji, S. and Nanzyo, M. (1993). Mineralogical characteristics of volcanic ash soils. Pp 110-136. In S. Shoji, M. Nanzyo, and R. Dahlgren (Ed.). *Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilizations. Development in Soil Science 21. Elsevier, Amsterdam*.
- Dai, J. and Hikmatullah (1993). Landscape lantai kaldera Gedongsurian dan Lam Teuba serta beberapa sifat tanahnya. Hlm 69-82. Dalam Suhardjo et al. (Eds.). *Prosiding Pertemuan Teknis Penelitian Tanah Dan Agroklimate, Bidang Potensi Sumberdaya Lahan. Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimate, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian*.
- Dariah, A. and Husen, E. (2007). Optimalisasi multifungsi pertanian pada usahatani berbasis tanaman sayuran. *Dalam Prosiding Seminar Multifungsi Dan Revitalisasi Pertanian. Badan Litbang Pertanian. MAFF Japan, ASEAN Secretariat. Jakarta*. pp. 263–278.
- Dariah, A., Rochayati, S. and Hartatik, W. (2012). Sistem pengelolaan lahan sayuran ramah lingkungan dan berkelanjutan. Hlm 499-510. Dalam Ananto et al. (Ed.). *Kemandirian Pangan Indonesia Dalam Perspektif Kebijakan MP3EI*.
- Devnita, R. (2012). Melanic and fulvic andisols in volcanic soils derived from some volcanoes in West Java. *Indonesia Journal of Geology* 7(4):227–240.
- Djaenudin, D. and Sudjadi, M. (1988). Andisols in Indonesia: A case study in two land-catenas of Cikajang and Cikole areas, West Java. In Kinloch, D.I., Shoji, S., Beinorth, F.H. and Eswaran, H. (Ed.). *Proceedings of The Ninth International Soil Classification Workshop. Japan 20 July to 1 August 1987. Publ. by Japanese Committee for the 9th International Soil Classification Workshop, for the Soil Management Support Services, Washington D.C. USA*. pp. 463–476.
- FAO (2015). World reference base for soil resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. *Food And Agriculture Organization of The United Nations. Rome*. p. 192 p.
- Fiantis, D., Nelson, M., Van Ranst, E., Shamshuddin, J. and Qafoku, N.P. (2009). Chemical weathering of new pyroclastic deposits from Mt. Merapi (Java), Indonesia. *J. Mt. Sci.* 6:240–254.
- Fiantis, D., Nelson, M., Shamshuddin, J., Goh, T.B. and Van Ranst, E. (2011).). Changes in the chemical and mineralogical properties of Mt. Talang volcanic ash in West Sumatra during the initial weathering phase. *Soil Science and Plant Analysis* 4:569–585.
- Fiantis, D. and Van Ranst, E. (1997). Properties on volcanic ash soils from the Marapi and Talamau volcanoes in West Sumatera. In Subagyo et al. (Eds.) *Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Buku II, Jakarta 12-15 Desember 1995*. pp. 1–5.
- Fiantis, D., Van Ranst, E., Shamshuddin, J., Zaayah, S. and Fauziah, I. (2000). Mineralogy and sand surface morphology of selected Andisols from West Sumatra, Indonesia. *Malaysia Journal of Soil Science* 4:9–24.
- Hardjosoestastro, R., Suyanto, H. and Satari, A.M. (1983). Andosol dari daerah Sukamantri Kabupaten Bogor. *Pemberitaan Penelitian Tanah dan Pupuk* 2:18–29.
- Hardjowigeno, S. (1985). Genesis dan Klasifikasi Tanah. *Fakultas Pasca Sarjana, Institut Pertanian Bogor*. p. 284 p.
- Haryati, U., Budiarti, T. and Makalew, A.D. (2013). Konservasi lansekap pertanian lahan kering berbasis sayuran mendukung pengembangan agrowisata di Dataran Tinggi Merbabu. Dalam Widowati et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian*. pp. 60–87.
- Haryati, U., Erfandi, D. and Sulaeman, Y. (2013). Teknik konservasi, hubungannya dengan sifat fisik tanah serta serangan hama penyakit pada tanaman kentang di dataran tinggi Kerinci. Dalam Sulaeman et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Pertanian Ramah Lingkungan. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian. Kementerian Pertanian. Bogor, 29 Mei 2013*. pp. 305–318.
- Hendrasto, M., Kristianto, Gunawan, H., Mulyadi, D., Sebastian, A., Triastuti, H., ... Ohkura, T. (2013). The eruption of Mount Sinabung after long dormancy. *IATVCEI, Scientific Assembly - July 20 - 24, 2013, Kagoshima, Japan*.
- Henny, H., Murtalaksono, K., Sinukaban, N. and Tarigan, S.D. (2011). Erosi dan kehilangan hara pada pertanaman kentang dengan beberapa sistem guludan pada Andisol di hulu DAS Merao, Kabupaten Kerinci, Jambi. *J. Solum* 8(2):43–52.
- Hidayat, A. and Mulyani, A. (2005). Lahan kering untuk pertanian. Hlm 7-38. Dalam Teknologi Pengelolaan Lahan Kering Menuju Pertanian Produktif dan Ramah Lingkungan. *Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimate. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian*.
- Hikmatullah (2008). Andisol dari daerah Tondano, Sulawesi Utara: sifat-sifat dan klasifikasi. *Jurnal Tanah Tropika* 13(1):77–85.
- Hikmatullah, Subagjo, H. and Prasetyo, B. (2003). Soil properties of the eastern toposequence of Mount Kelimutu, Flores Island, East Nusa Tenggara and Their Potential for Agricultural Use. *Indonesia Journal of Agricultural Science* 4(1):1–11.
- Hikmatullah, Subagjo, H., Sukarman and Prasetyo, B. (1999). Karakteristik Andisol berkembang dari abu vulkanik di Pulau Flores, Provinsi Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim* 17:14–25.
- Hilman, Y. (2013). Teknologi Inovatif Budidaya Sayuran Lahan Kering Berbasis Pengelolaan Hara Terpadu Menuju Terwujudnya Ekonomi Biru (Pertanian Ramah Lingkungan). *Pidato Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Budidaya Tanaman, Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian, Bogor, Desember 2013*.
- Kasno, A., Ibrahim, A.S. and Rachman, A. (2013). Pengelolaan hara tanah dan peningkatan pendapatan petani dalam pola tanam sayuran dataran tinggi di Kopeng dan Buntu. Hlm 193-200.

- Dalam Widowati et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian, Kementerian Pertanian.
- Kurnia, U., Suganda, H., Erfandi, D. and Kusnadi, H. (2004). Teknologi konservasi tanah pada budidaya sayuran dataran tinggi. Hlm 133-150. *Dalam Teknologi Konservasi Tanah Pada Lahan Pertanian Berlereng*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanah Dan Agroklimat, Bogor.
- Mohr, E.C.J. (1938). The relation between soil and population density in the Netherlands Indies. *Comptes Rendus Du Congres International de Geographic*, Amsterdam. Tome Deuxiem, Section IIIc. pp. 478-493.
- Nakada, S., Maeno, F., Yoshimoto, M., Hokanishi, N., Shimano, T., Zaennudin, A. and Iguchi, M. (2019). Eruption scenarios of active volcanoes in Indonesia. *Journal of Disaster Research* 14(1):40-50.
- Nanzyo, M., Dahlgren, R. and Shoji, S. (1993). Chemical characteristics of volcanic ash soils. In S. Shoji, M. Nanzyo, and R. Dahlgren (Ed.). *Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilizations. Development in Soil Science 21*. Elsevier, Amsterdam. pp. 145-187.
- Prasetya, B., Priyono, S. and Widjiawati, Y. (2012). Vegetasi pohon hutan memperbaiki kualitas tanah Andisol Ngabab. *Indonesian Green Technology Journal* 1(1):1-6.
- Prasetyo, B.H. (2005). Andisol: karakteristik dan pengelolaannya untuk pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 1(1):1-9.
- Prasetyo, B.H., Suharta, N. and Yatno, E. (2009). Karakteristik tanah-tanah andik dari bahan piroklastis masam di dataran tinggi Toba. *Jurnal Tanah dan Iklim*(29):1-4.
- Purwanto, S., Gani, R.A. and Sukarman (2018). Karakteristik mineral tanah berbatu vulkanik dan potensi kesuburannya di Pulau Jawa. *Jurnal Sumberdaya Lahan* 12(2):83-98.
- Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat (Puslittanak) (2000). Atlas Sumberdaya Tanah Eksplorasi Indonesia, skala 1:1.000.000. *Pusat Penelitian Tanah Dan Agroklimat*. Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor.
- Ridwandi, Mukhlis and Sembiring, M. (2013). Morfologi dan klasifikasi tanah lereng utara Gunung Sinabung Kabupaten Karo Sumatera Utara. *Jurnal Online Agroekoteknologi* 2(1):324-332.
- Ritung, S., Nugroho, K., Mulyani, A. and Suryani, E. (2011). Petunjuk Teknis Evaluasi Lahan untuk Komoditas Pertanian (Edisi Revisi). *Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian*, Badan Litbang Pertanian, Bogor. p. 168 p.
- Saida, Sabiham, S., Widiatmaka and Suchahyo, S.H. (2011). Analisis keberlanjutan usahatani hortikultura sayuran pada lahan berlereng di hulu DAS Jeneberang, Sulawesi Selatan. *Jurnal Matematika, Sains dan Teknologi* 12(2):101-112.
- Sakurai, K., Ohdate, Y. and Kyuma, K. (1989). Factors affecting zero point of charge (ZPC) of variable charge soils. *Soil Science and Plant Nutrition* 35(1):21-31.
- Saridevi, G.A.A.R., Atmaja, I.W.D. and Mega, I.M. (2013). Perbedaan sifat biologi tanah pada beberapa tipe penggunaan lahan di tanah Andisol, Inceptisol, dan Vertisol. *Jurnal Agroekoteknologi Tropika* 2(4):214-223.
- Shoji, S., Dahlgren, R. and Nanzyo, M. (1993). Genesis of Volcanic Ash Soils. p 37 - 71. In S. Shoji, M. Nanzyo and R. Dahlgren (Ed). *Volcanic Ash Soils. Genesis, Properties and Utilizations. Development in Soil Science 21*. Elsevier, Amsterdam.
- Sinukaban, N., Pawitan, H., Arsyad, S., Armstrong, I.L. and Nethary, M.G. (1994). Effect of soil conservation practice and slope lengths on runoff, soil loss and yield of vegetables in West Java. *Australian J. of Soil and Water Conservation* 7(3):25-29.
- Sipahutar, I., Widowati, L.R. and Agus, F. (2013). Dinamika hara N, P, dan K pada pola tanam sayuran di Dataran Tinggi Dieng. Hlm 201-210. Dalam Widowati et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian.
- Soil Survey Staff (2014). Keys to Soil Taxonomy. Twelfth Edition, 2014. *Natural Resources Conservation Service-United States Department of Agricultural*, Washington DC. p. 362 pp.
- Subagio, H. and Buurman, P. (1980). Soil catenas on the west and north-east slopes of the Lawu volcano in East Java. In P. Buurman (Ed). *Red Soils In Indonesia Center for Agricultural Publishing and Documentation Wageningen*. pp. 49-70.
- Subagio, H., Suharta, N. and Siswanto, A.B. (2004). Tanah-tanah pertanian di Indonesia. Dalam Adimihardja et al. (Eds.). *Sumberdaya Lahan Indonesia Dan Pengelolaannya*. Pusat Penelitian Dan Pengembangan Tanah Dan Agroklimat, Badan Litbang Pertanian, Departemen Pertanian, Bogor. pp. 21-65.
- Subardja, D.S., Ritung, S., Anda, M., Sukarman, Suryani, E. and Subandiono, R.E. (2016). Petunjuk Teknis Klasifikasi Tanah Nasional. Edisi 2/2016. *Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian*, Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. p. 53 pp.
- Subowo, G. (2008). Prospek cacing tanah untuk pengembangan teknologi resapan biologi di lahan kering. *Jurnal Litbang Pertanian* 27(4):146-150.
- Sudiardjo, A.M., Tedjoyuwono, N. and Mulyadi, D. (1997). Andisolisasi tanah-tanah di wilayah karst Gunung Kidul. Dalam Subagio et al. (Eds.). *Prosiding Kongres Nasional VI HITI, Buku II, Jakarta 12-15 Desember 1995*. pp. 41-58.
- Suganda, H., Abujamin, A., Dariah, A. and Sukmana, S. (1994). Pengkajian teknik konservasi tanah dalam usaha tani tanaman sayuran pada Andisols Batulawang, Pacet. *Pemberitaan Penel. Tanah dan Pupuk*(12):47-57.
- Suganda, H., Djunaedi, M.S., Santoso, D. and Sukmana, S. (1997). Pengaruh cara pengendalian erosi terhadap aliran permukaan, tanah tererosi, dan produksi sayuran pada Andisols. *Jurnal Tanah dan Iklim* 15:38-50.
- Sujitno, E. (2013). Peningkatan produksi tanaman tomat melalui penerapan pupuk majemuk lengkap Agra Agro di lahan dataran tinggi. Dalam Widowati et al. (Eds.). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Litbang Pertanian. Kementerian Pertanian. pp. 308-314.
- Sukarman (2019). Akselerasi Inovasi Pedologi dalam Optimalisasi Penggunaan Tanah Vulkanik Mendukung Pembangunan Pertanian Berkelanjutan. *Pidato Orasi Pengukuhan Profesor Riset Pedologi Dan Penginderaan Jarak Jauh*. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. p. 91 pp.
- Sukarman dan Dariah, A. (2014). Tanah Andosol di Indonesia: Karakteristik, Potensi, Kendala, dan Pengelolaannya untuk Pertanian. *Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian*, Kementerian Pertanian. p. 144 pp.
- Sukarman, Djaenudin, D. and Suhardjo, H. (1999). Karakteristik tanah berbatu induk batuan andesit yang tertutup oleh vulkan dan tufa batu apung di Gunung Kimangbuleng, Flores, Nusa Tenggara Timur. *Jurnal Tanah dan Iklim*(17):14-26.
- Sukarman and Suparto (2015). Sebaran dan karakteristik material vulkanik hasil erupsi Gunung Sinabung di Sumatera Utara. *Jurnal Tanah dan Iklim* 39(1):9-18.
- Supriyadi, H., Sutrisna, N. and Sitorus, S.R.P. (2013). Model usahatani sayuran dataran tinggi berbasis konservasi di daerah sub DAS Cikapundung. Dalam Widowati et al. (Ed). *Prosiding Seminar Nasional Peningkatan Produktivitas Sayuran Dataran Tinggi*. Balai Besar Penelitian Dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. pp. 240-254.

- Suratman, Hikmatullah and Sulaiman, A.A. (2018). Karakteristik tanah-tanah dari bahan induk abu vulkan muda di Jawa Barat dan Jawa Tengah. *Jurnal Tanah dan Iklim* **42**(1):1–12.
- Suryani, E., Hikmatullah and Suratman (2015). Karakteristik mineralogi dan fisiko kimia tanah-tanah dari abu vulkanik di Halmahera Maluku Utara, Indonesia. *Jurnal Tanah dan Iklim* **39**(2):85–98.
- Suwandi (2009). Menakar Kebutuhan Hara Tanaman dalam Pengembangan Inovasi Budidaya Sayuran Berkelanjutan. *Pidato Orasi Pengukuhan Profesor Riset Bidang Budidaya Tanaman. Badan Penelitian Dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian*. p. 53 pp.
- Takahashi, T. and Shoji, S. (2002). Distribution and classification of volcanic ash soils. *Glob. Environ. Res* **6**:83–97.
- Wibisono, M.G., Sudarsono and Darmawan (2016). Karakteristik Andisol Berbahan induk breksi dan lahar dari bagian timur laut Gunung Gede, Jawa Barat. *Jurnal Tanah dan Iklim* **40**(1):61–70.
- Wibowo, S. and Ruwaida, I.P. (2014). Penerapan Teknik Konservasi Tanah pada Lahan Usahatani Sayuran Dataran Tinggi di Sukabumi Jawa Barat. *Sekolah Tinggi Penyuluhan Pertanian Bogor, Badan Penyuluhan Dan Pengembangan SDM Pertanian, Kementerian Pertanian*.
- Widodo, D.R., Nugroho, S.P. and Asteria, D. (2017). Analisis penyebab masyarakat tetap tinggal di kawasan rawan bencana Gunung Merapi (Studi di Lereng Gunung Merapi Kecamatan Cangkringan, Kabupaten Sleman, Daerah Istimewa Yogyakarta). *Jurnal Ilmu Lingkungan* **15**(2):135–142.
- Yatno, E. and Suharta, N. (2011). Andisols derived from acid liparite tuff: their properties and their management strategi for agricultural development. *Jurnal Tanah dan Iklim*(33):49–64.
- Yatno, E. and Zauyah, S. (2003). Mineralogical, physical and chemical properties of soil on andesitic volcanic tuff around Mt, Burangrang, West Java. *Jurnal Tanah dan Iklim*(21):42–55.