

Pengaruh Partikel Nano Abu Vulkanik dan Batuan Fosfat terhadap Muatan Variable dan Kemasaman Andisol

Anne Yuliana¹, Mahfud Arifin² dan Nenny Nurlaeny²

¹Alumni Program Pascasarjana Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

²Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran

Kampus Jatinangor, Jatinangor 45363

*Alamat korespondensi: 19yuliana.anne@gmail.com

ABSTRACT

The effect of particle nano volcanic ash and rock phosphate on variable charge or zero point of charge (pH₀) and soil acidity of Andisols

This experiment aimed to find out the effect of particle nano volcanic ash and rock phosphate on variable charge or zero point of charge (pH₀) and soil acidity of Andisols from Ciater Subang-West Java. This experiment was conducted from October 2016 to March 2017 at Soil fertility and Plant Nutrition Laboratory and Physic Soil Laboratory of Soil Science and Land Resources Department, Faculty of Agriculture, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. The experiment was arranged in Completely Randomized Design consisted of two factors. The first factor was particle of nano volcanic ash consisted of 4 levels. The second factor was particle of nano rock phosphate consisted of 4 levels and 3 replications. The results showed that there was no interaction between nano particle of volcanic ash and rock on zero point of charge (pH₀), but there was interaction effect on pH-H₂O. Combination of 2.5% nano particle of volcanic ash and 0% nano particle of rock phosphate could reduce the value of zero point of charge (pH₀) as much 28.57%. Combination of 5% volcanic ash nano particle and 7.5% rock phosphate nano particle dosage was the best treatment and could increase the value of soil acidity or pH-H₂O until 20.36%.

Keywords: Andisol, pH₀, Rock phosphate, Volcanic ash

ABSTRAK

Tujuan dari penelitian ini adalah untuk mengetahui pengaruh partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap muatan variable atau titik muatan nol (pH₀) dan kemasaman tanah Andisols Ciater Subang-Jawa Barat. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 sampai dengan Maret 2017 di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman serta Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap pola faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama adalah partikel nano abu vulkanik yang terdiri dari 4 taraf. Faktor kedua adalah partikel nano batuan fosfat yang terdiri dari 4 taraf, diulang sebanyak 3 kali. Hasil penelitian menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap titik muatan nol (pH₀) namun terjadi interaksi antara kedua perlakuan tersebut terhadap kemasaman tanah (pH-H₂O). Komposisi dosis yang paling baik dalam menurunkan pH₀ adalah 2,5% partikel nano abu vulkanik dan 0% partikel nano batuan fosfat yaitu sebesar 28,57%, sedangkan komposisi dosis yang paling baik dalam meningkatkan pH-H₂O adalah 5% partikel nano abu vulkanik dan 7,5% partikel nano batuan fosfat yaitu sebesar 20,36%.

Kata Kunci: Abu vulkanik, Andisol, Batuan fosfat, pH₀

PENDAHULUAN

Andisols adalah salah satu ordo tanah yang berkembang dari bahan abu vulkanik yang memiliki karakteristik unik, yakni memiliki sifat tanah 'andik' yaitu bahan tanah yang banyak mengandung mineral 'alofan' (dan mineral-mineral yang serupa) atau kompleks Al-humus (FAO, 2001). Menurut Rachim & Arifin (2011a), lebih jelas dikemukakan bahwa sifat tanah andik disebabkan terutama oleh adanya alofan, imogolit, ferihidrit atau kompleks alofan-humus yang nyata dalam tanah. Sebelum tahun 1987 dalam sitem klasifikasi *Soil Taxonomy*, tanah vulkanik ini termasuk ke dalam ordo Inceptisol subordo Andept, baru pada tahun 1987 Andept menjadi ordo baru tersendiri yaitu Andisol (Rachim & Arifin, 2011b).

Kompleks Al-humus merupakan salah satu gugus fungsional aktif pada mineral liat alofan. Alofan memiliki luas permukaan yang sangat luas. Alofan merupakan salah satu mineral alumino hidrous silikat dari ordo rentang pendek (*short-range-order minerals*) yang didominasi oleh gugus Si-O-Al. Gugus-gugus tersebut bersifat amfoter. Sebagai gugus amfoter, perubahan pH tanah dapat mengakibatkan perubahan muatan melalui proses disosiasi proton (deprotonisasi) atau protonasi. Muatan merupakan hal yang sangat penting dalam menetapkan sifat dan ciri tanah (Munir, 1995).

Muatan menentukan kapasitas tukar ion di dalam tanah (KTK dan KTA). Perubahan status muatan dan kapasitas tukar ion akan memengaruhi proses pertukaran dan jerapan ion. Perubahan muatan ini terjadi akibat pengaruh pinggiran dan kisi-kisi pada kristal alofan. Menurut Uehara dan Gillman (1981) tingkat kemasaman atau reaksi tanah (pH) yang rendah mempunyai kecenderungan koloid tanah bermuatan positif.

Reaksi tanah (kemasaman tanah) pada tanah bermuatan variabel menjadi indikator penting untuk mengetahui status muatan di dalam tanah. Pemberian bahan amelioran seperti batuan fosfat dan abu vulkanik yang memiliki muatan negatif tinggi dalam ukuran nano (10^{-9} m) diharapkan dapat lebih reaktif karena luas permukaannya yang lebih besar, sehingga perbaikan sifat kimia Andisols Ciater Subang-Jawa Barat dapat berjalan secara efektif dan efisien. Menurut Tan (1991) dan Arifin (1999) karakteristik utama dari liat bermuatan variabel adalah muatan titik nol (MTN) dari sifat amfoterik oksida-oksida dan atau hidroksida besi atau aluminium dan alofan, atau bahan-bahan amorf lainnya pada fraksi liat. Muatan negatif pada

Andisols akan berubah dengan berubahnya pH, kekuatan ion, dan komposisi larutan tanah. Oleh karena itu, pH menjadi faktor penting yang menggambarkan kondisi reaksi-reaksi dan status muatan di dalam tanah.

Abu vulkanik merupakan mineral yang berpotensi sebagai pembenah tanah sekaligus berfungsi memperkaya tanah serta memperbaiki sifat fisik tanah. Abu vulkanik tersebut dapat meningkatkan pH tanah, meningkatkan tinggi tanaman, dan bobot kering tanaman. Semakin halus abu vulkanik semakin efektif untuk memperbaiki pertumbuhan tanaman. Menurut Rohdian dan Hananto (2015), komposisi abu vulkanik terdiri atas silika dan kuarsa. Kandungan silika pada abu vulkanik dapat menghasilkan muatan negatif tinggi.

Menurut Tan (1998), anion-anion organik dan silikat merupakan senyawa yang teradsorpsi pada permukaan koloid oksida hidrat tanah sehingga jumlah muatan positif menjadi berkurang. Silikat mempunyai koordinasi dengan empat atom oksigen. Ikatan antara kedua atom tersebut sangat kuat sehingga keempat atom oksigen selalu berada pada sudut tetrahedron (Munir, 1995). Menurut Hardjowigeno (1992) mineral kuarsa adalah mineral paling stabil yang seluruhnya terdiri dari ikatan silika tetrahedral. Semua atom oksigen diikat oleh lebih dari satu atom silikat (Si).

Pengaruh batuan fosfat terhadap sifat kimia tanah berkaitan dengan efek kapur dan sifat kelarutannya. Sifat kelarutan batuan fosfat yang lambat dapat meningkatkan efisiensinya melalui pengurangan P yang terjerap (Havlin *et al.*, 1999), selain itu penambahan fosfat pada tanah Oxisols (yang bermuatan variabel) dapat menurunkan nilai pH₀ sejalan dengan meningkatnya muatan netto negatif (Uehara & Gillman, 1981).

BAHAN DAN METODE

Lokasi pengujian dilaksanakan di Laboratorium Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jatinangor. Percobaan ini dilaksanakan pada bulan Oktober 2016 sampai dengan Maret 2017. Lokasi percobaan untuk inkubasi dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Proses pembuatan amelioran menjadi bentuk nano dilakukan di Laboratorium Nanoteknologi dan Graphine, Fakultas MIPA, Universitas Padjadjaran. Percobaan

menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL), 16 perlakuan dan 3 ulangan (Gaspersz, 1991). Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1. Parameter yang diamati adalah:

- a. pH₀ (MTN) dianalisis dengan metode titrasi garam.
- b. pH-H₂O dianalisis dengan metode elektrometri (1:2,5).

Tabel 1. Kombinasi perlakuan jenis amelioran terhadap muatan variabel dan kemasaman Andisols.

Abu vulkanik (A)	Batuan fosfat (B)			
	b ₀	b ₁	b ₂	b ₃
a ₀	a ₀ b ₀	a ₀ b ₁	a ₀ b ₂	a ₀ b ₃
a ₁	a ₁ b ₀	a ₁ b ₁	a ₁ b ₂	a ₁ b ₃
a ₂	a ₂ b ₀	a ₂ b ₁	a ₂ b ₂	a ₂ b ₃
a ₃	a ₃ b ₀	a ₃ b ₁	a ₃ b ₂	a ₃ b ₃

Keterangan:

- a₀ = tanpa abu vulkanik = 0 g
a₁ = 2,5% (persen berat tanah) abu vulkanik = 25 g
a₂ = 5,0% (persen berat tanah) abu vulkanik = 50 g
a₃ = 7,5% (persen berat tanah) abu vulkanik = 75 g
b₀ = tanpa batuan fosfat = 0 g
b₁ = 2,5% (persen berat tanah) batuan fosfat = 25 g
b₂ = 5,0% (persen berat tanah) batuan fosfat = 50 g
b₃ = 7,5% (persen berat tanah) batuan fosfat = 75 g

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah didasarkan pada penelitian Arifin (1994). Lokasi pengambilan sampel tanah dilakukan di beberapa titik pada Pedon-CTR tepatnya di Blok Mojang I dengan luas ± 11,10 ha Gambar 1.



Gambar 1. Lokasi pengambilan sampel tanah.

Persiapan Bahan Amelioran

Bahan amelioran yang digunakan dalam percobaan ini terdiri dari abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat Mesir. Abu yang digunakan dalam percobaan ini diperoleh dari hasil erupsi Gunung Sinabung yang terletak di Dataran Tinggi Karo,

Kabupaten Karo, Sumatra Utara, Indonesia. Batuan fosfat yang digunakan dalam percobaan ini diperoleh dari PT Pijar Nusa Pasifik, Klampis Jaya, Surabaya Jawa Timur. Batuan fosfat tersebut telah dianalisis oleh PT. Sucofindo Jakarta. Kedua bahan amelioran tersebut (abu sinabung dan batuan fosfat) dihaluskan terlebih dahulu sampai berukuran nano (10⁻⁹m).

Persiapan Media untuk Inkubasi

Persiapan media dimulai dengan menyiapkan sampel tanah Andisols asal Perkebunan Teh Ciater, Subang-Jawa Barat. Sampel yang digunakan adalah sampel tanah yang sudah diketahui nilai Δ pHnya (pH-H₂O - pH-KCl) yang diambil pada kedalaman 0-60 cm. Sebelum inkubasi, sampel tanah yang diambil dari beberapa titik di lapangan dicampurkan terlebih dahulu, selanjutnya dilakukan proses pengayakan yang bertujuan untuk menghomogenkan ukuran partikel tanah, kemudian diambil secara komposit dan siap untuk dicampurkan dengan abu vulkanik dan batuan fosfat (Gambar 2).



Gambar 2. Persiapan media. (a) Proses pencampuran tanah dari lapangan. (b) Tanah dan amelioran sebelum diaduk.

Tanah ditimbang sebanyak ± 1 kg sebanyak 48 polibeg. Amelioran yang sudah berukuran nano selanjutnya ditimbang sesuai dengan dosis masing-masing perlakuan. Tanah, abu sinabung dan batuan fosfat yang telah ditimbang sesuai dengan masing-masing perlakuan dicampur secara homogen di atas polibeg yang berlabel kemudian dimasukkan ke dalam polibeg tanpa lubang berukuran ± 3 kg.

Selanjutnya diikat serta diberi label dan ditempatkan sesuai dengan tata letak percobaan yang disimpan di laboratorium selama 4 bulan.

Pengambilan Sampel untuk Analisis

Pengambilan sampel tanah untuk analisis dilakukan setiap bulan. Sampel tanah diambil dari setiap polibeg 90 g untuk analisis laboratorium. Sampel tanah lain yang masih diinkubasi secara berkala dilakukan penimbangan berat tanah untuk mengetahui jika terjadi penurunan berat tanah. Jika terjadi penurunan berat tanah selama inkubasi maka dilakukan pemberian air hingga mencapai berat tanah awal (dalam kondisi kapasitas lapang).

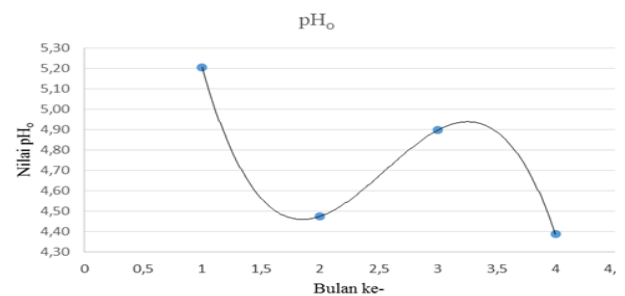
HASIL DAN PEMBAHASAN

Titik Muatan Nol (pH₀)

Titik Muatan Nol (pH₀) merupakan suatu titik dimana jumlah adsorpsi H⁺ dan OH⁻ pada permukaan koloid yang terhidroksilasi adalah sama. Besarnya nilai pH₀ akan memengaruhi permukaan koloid tanah sehingga cenderung bermuatan positif. Jika dilihat dari rata-rata perlakuan nilai pH₀ dari analisis awal 5,83 menjadi 4,70-5,63 pada inkubasi bulan ke-1 dan terus menurun sampai inkubasi bulan ke-2.

Penurunan nilai pH₀ setelah diberi amelioran diduga dipengaruhi oleh silikat pada abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat. Uehara dan Gillman (1981) menyatakan bahwa SiO₄⁴⁻ membentuk larutan kesetimbangan pada tapak pertukaran positif dan selanjutnya melepaskan OH⁻.

Hal ini merupakan jerapan spesifik dengan afinitas rendah sehingga setiap penambahan SiO₄²⁻ menyebabkan pH₀ bergerak menjadi lebih rendah dan muatan negatif bertambah. Menurut Wann dan Uehara (1978), peningkatan jumlah fosfat juga menyebabkan penurunan pH₀ secara linier, seiring dengan itu terjadi peningkatan muatan negatif. Peningkatan nilai pH₀ terjadi pada inkubasi bulan ke-3 (Gambar 3).



Gambar 3. Kurva rata-rata nilai pH₀ bulan ke-1 sampai bulan ke-4.

Peningkatan nilai pH₀ diduga dipengaruhi oleh kandungan mineral alofan pada Andisol. Menurut Arifin (1994), nilai pH₀ yang tinggi dari tanah-tanah abu vulkan disebabkan oleh fraksi-fraksi yang terlarut dalam oksalat, yakni alofan dan bahan-bahan yang menyerupai alofan. Perubahan nilai pH₀ pada semua perlakuan disajikan pada Tabel 2.

Tabel 2. Perubahan nilai pH₀.

Perlakuan	Nilai pH ₀
a0b0 (tanpa abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	-1,30 unit (-22,34%)
a0b1 (tanpa abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	-1,28 unit (-22,03%)
a0b2 (tanpa abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	-0,82 unit (-14,08%)
a0b3 (tanpa abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	-0,79 unit (-13,52%)
a1b0 (2,5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	-1,67 unit (-28,57%)
a1b1 (2,5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	-1,54 unit (-26,43%)
a1b2 (2,5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	-1,20 unit (-20,61%)
a1b3 (2,5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	-0,48 unit (-8,20%)
a2b0 (5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	-1,23 unit (-21,10%)
a2b1 (5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	-0,94 unit (-16,07%)
a2b2 (5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	-0,91 unit (-15,67%)
a2b3 (5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	-0,61 unit (-10,42%)
a3b0 (7,5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	-1,50 unit (-25,69%)
a3b1 (7,5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	-0,79 unit (-13,58%)
a3b2 (7,5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	-1,02 unit (-17,50%)
a3b3 (7,5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	-0,60 unit (-10,33%)

Keterangan: (-) turun

Jika dilihat berdasarkan data masing-masing perlakuan yang tertuang dalam pada Tabel 2 terlihat bahwa semua perlakuan menunjukkan penurunan nilai pH₀ dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan a_{1b0} (dosis 2,5% abu vulkanik dan 0% batuan fosfat) sebesar 28,57%. Kondisi ini terjadi karena saat jerapan fosfat terjadi, tidak terjadi koordinasi anion dengan permukaan ion logam. Molekul H₂O dan ion OH⁻ yang berpindah ke ion logam digantikan oleh ion fosfat H₂PO₄⁻.

Penggantian molekul H₂O oleh ion fosfat menghasilkan pengurangan muatan positif, dengan demikian terjadi peningkatan muatan negatif serta penurunan nilai MTN (Van Ranst *et al.*, 2017). Namun berdasarkan hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara abu vulkanik sinabung dan batuan fosfat nano terhadap nilai pH₀ (MTN). Perlakuan pemberian abu sinabung dan batuan fosfat berpengaruh secara mandiri (Tabel 3).

Tabel 3. Pengaruh pemberian abu vulkanik dan batuan fosfat nano terhadap muatan variable.

Abu vulkanik (A)	Rata-rata
a ₀ = (tanpa abu vulkanik)	4,78 a
a ₁ = (2,5% abu dari berat tanah)	4,61 a
a ₂ = (5% abu dari berat tanah)	4,91 a
a ₃ = (7,5% abu dari berat tanah)	4,85 a
Batuan Fosfat (B)	Rata-rata
b ₀ = (tanpa batuan fosfat)	4,41 a
b ₁ = (2,5% batuan fosfat dari berat tanah)	4,69 ab
b ₂ = (5% batuan fosfat dari berat tanah)	4,84 b
b ₃ = (7,5% batuan fosfat dari berat tanah)	5,21 c

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama untuk faktor A dan faktor B menunjukkan berbeda tidak nyata menurut Uji Jarak Berganda Duncan taraf nyata 5%.

Berdasarkan data pada Tabel 3 terlihat bahwa perlakuan berbagai dosis abu vulkanik tidak berpengaruh terhadap nilai pH₀ (MTN) dibandingkan dengan a₀ (kontrol). Pemberian abu vulkanik Sinabung dengan berbagai dosis memberikan efek yang sama pada pH₀ artinya muatan negatif tinggi dari silikat pada abu vulkanik tidak mempengaruhi nilai pH₀ secara signifikan. Hal ini diduga dipengaruhi oleh mineral ordo kisaran pendek seperti alofan. Alofan diketahui berkorelasi positif dengan nilai pH₀ pada Andisol (Arifin, 1994). Menurut Mohr *et al.* (1972) dalam Arifin (1994), pembentukan alofan dari abu volkan harus disertai dengan proses desilikasi atau pencucian oleh air hujan. Semakin tinggi curah hujan semakin intensif proses pencucian dan semakin banyak kandungan alofan.

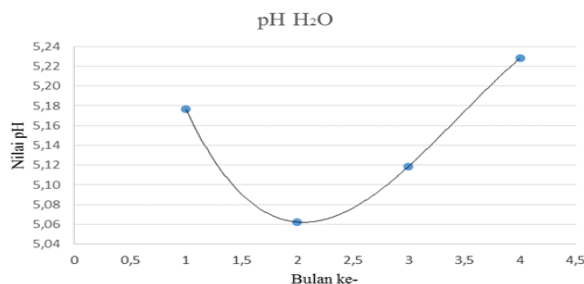
Perlakuan berbagai dosis batuan fosfat memberikan pengaruh nyata terhadap nilai pH₀. Hal ini terlihat pada perlakuan b₂ (5% batuan fosfat dari berat tanah) dan b₃ (7,5% batuan fosfat dari berat tanah) yang berbeda nyata dengan b₀ (kontrol), sedangkan perlakuan b₁ (2,5% batuan fosfat dari berat tanah) tidak berbeda nyata dengan b₀ (kontrol).

Berdasarkan Tabel 3 semakin tinggi dosis batuan fosfat semakin meningkat nilai pH₀. Hal ini kemungkinan terjadi karena efek ukuran nano yang merubah karakteristik bahan amelioran, berbanding terbalik dengan pernyataan Wann dan Uehara (1978) yang mengatakan bahwa peningkatan aplikasi fosfat yang bermuatan negatif tinggi pada Oxisols menyebabkan pH₀ menurun secara linier. Aplikasi fosfat semakin tinggi juga meningkatkan nilai pH₀ kemungkinan terjadi karena tidak terjadinya penggantian molekul H₂O oleh ion fosfat dari batuan fosfat yang akan menghasilkan pengurangan muatan positif. Menurut Devnita (2010) saat jerapan fosfat terjadi, terjadi pula koordinasi anion dengan permukaan ion logam. Molekul H₂O dan ion OH⁻ yang berpindah ke ion logam digantikan oleh ion fosfat H₂PO₄⁻ (Van Ranst, 1994). Molekul H₂O dipengaruhi oleh nilai pH.

pH-H₂O

Kemasaman tanah aktif (pH-H₂O) merupakan reaksi tanah aktual. Kemasaman ini menunjukkan konsentrasi H⁺ dan Al⁺³ di dalam larutan tanah. Proses peningkatan nilai pH-H₂O dapat dilihat pada Gambar 4. Jika dilihat dari bentuk

kurva rata-rata perlakuan nilai pH-H₂O pada inkubasi bulan ke-1 meningkat dari analisis awal 4,53 menjadi 4,54-5,48. Inkubasi pada bulan ke-2 nilai pH-H₂O menurun drastis, diduga dipengaruhi oleh ion H dan Al dalam larutan tanah yang baru bereaksi di bulan ke-2. Selain itu pemberian abu vulkanik dapat menurunkan pH pada awal pemberian karena adanya oksidasi sulfur dari abu vulkanik sampai pH <4,5 (Dahlgren *et al.*, 1999).



Gambar 4. Kurva rata-rata nilai pH-H₂O bulan ke-1 sampai bulan ke-4.

Pada bulan ke-3 dan ke-4 nilai pH-H₂O meningkat dan relatif stabil. Peningkatan nilai pH-

H₂O yang relatif stabil diduga dipengaruhi oleh permukaan liat alofan dan imogolit yang mengandung banyak gugus aluminol (Al-OH) dan silanol (Si-OH). Gugus-gugus tersebut menangkap ion H⁺ sehingga nilai pH-H₂O menjadi meningkat.

Jika dilihat berdasarkan data masing-masing yang tertuang dalam Tabel 4 terlihat bahwa semua perlakuan menunjukkan peningkatan pH-H₂O dengan nilai tertinggi terdapat pada perlakuan a2b3 (dosis 5% abu vulkanik dan 7,5% batuan fosfat) sebesar 20,36%.

Kondisi tersebut di atas terjadi karena kandungan Ca yang terdapat dalam batuan fosfat dengan dosis tinggi memberikan efek basa sehingga pH meningkat. Secara umum dosis batuan fosfat yang tinggi, yakni 7,5% memiliki persentase peningkatan yang sangat jauh berbeda dengan tanpa pemberian batuan fosfat, sedangkan dosis abu vulkanik yang tinggi (7,5%) tidak memberikan peningkatan terhadap nilai pH-H₂O, pemberian dosis 5% abu vulkanik sudah memberikan efek pada peningkatan pH-H₂O.

Tabel 4. Perubahan nilai pH-H₂O.

Perlakuan	Nilai pH-H ₂ O
a0b0 (tanpa abu vulkanik + batuan fosfat)	-0,15 unit (-3,20%)
a0b1 (tanpa abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	+0,64 unit (14,13%)
a0b2 (tanpa abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	+0,83 unit (18,32%)
a0b3 (tanpa abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	+0,88 unit (19,37%)
a1b0 (2,5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	+0,32 unit (7,17%)
a1b1 (2,5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	+0,70 unit (15,56%)
a1b2 (2,5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	+0,77 unit (17,05%)
a1b3 (2,5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	+0,77 unit (17,00%)
a2b0 (5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	+0,44 unit (9,66%)
a2b1 (5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	+0,69 unit (15,23%)
a2b2 (5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	+0,70 unit (15,51%)
a2b3 (5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	+0,92 unit (20,36%)
a3b0 (7,5% abu vulkanik + tanpa batuan fosfat)	+0,39 unit (8,61%)
a3b1 (7,5% abu vulkanik + 2,5% batuan fosfat)	+0,59 unit (12,97%)
a3b2 (7,5% abu vulkanik + 5% batuan fosfat)	+0,64 unit (14,02%)
a3b3 (7,5% abu vulkanik + 7,5% batuan fosfat)	+0,73 unit (16,11%)

Keterangan: (+) naik; (-) turun

Namun berdasarkan hasil analisis statistik menunjukkan bahwa terjadi interaksi antara abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat nano terhadap nilai pH-H₂O (Tabel 5). Berdasarkan data pada Tabel 5 terlihat bahwa perlakuan berbagai dosis abu vulkanik berpengaruh terhadap nilai pH-H₂O. Hal ini terlihat pada perlakuan a1b0 (2,5% abu sinabung

dan 0% batuan fosfat), a2b0 (5% abu sinabung dan 0% batuan fosfat), dan a3b0 (2,5% abu sinabung dan 0% batuan fosfat) yang berbeda nyata dengan kontrol (a0b0).

Pengaruh abu vulkanik Sinabung pada nilai pH-H₂O karena mengandung sejumlah basa-basa yang dapat meningkatkan kejenuhan basa (KB)

sehingga pH-H₂O menjadi meningkat. Menurut Karmina (2009) debu vulkanik dapat meningkatkan pH, KTK tanah serta Kejenuhan Basa (KB) yang mengakibatkan kesuburan tanah menjadi

meningkat. Abu vulkanik Gunung Kelud juga dilaporkan dapat meningkatkan pH tanah, meningkatkan tinggi tanaman, berat kering tanaman dan akar jagung (Suriadikarta dkk., 2010).

Tabel 5. Pengaruh pemberian abu vulkanik dan batuan fosfat nano terhadap pH-H₂O.

Abu vulkanik (A)	Batuan fosfat (B)			
	b ₀ (kontrol)	b ₁ (2,5% =25g)	b ₂ (5% =50 g)	b ₃ (7,5% =75g)
a ₀ (kontrol)	4,39 a (A)	5,17 a (B)	5,36 a (C)	5,41 a (C)
a ₁ (2,5% =25 g)	4,85 b (A)	5,24 a (B)	5,30 a (B)	5,30 a (B)
a ₂ (5% =50 g)	4,97 b (A)	5,22 a (B)	5,23 a (B)	5,45 a (C)
a ₃ (7,5% =75 g)	4,92 b (A)	5,12 a (B)	5,16 a (B)	5,26 a (B)

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf uji Duncan 5%. Huruf dalam kurung dibaca arah horizontal dan huruf tanpa kurung dibaca arah vertikal.

Perlakuan berbagai dosis batuan fosfat juga memberikan pengaruh terhadap nilai pH-H₂O. Hal ini terlihat pada perlakuan a₀b₂ (0% abu vulkanik Sinabung dan 5% batuan fosfat) dan a₀b₃ (0% abu vulkanik Sinabung dan 7,5% batuan fosfat) yang berbeda nyata dengan a₀b₀ (kontrol). Fosfat alam adalah batuan apatit yang mengandung fosfat cukup tinggi dengan rumus molekul Ca₁₀(PO₄)₆F₂ (Cathcart, 1980 dalam Sulaeman dkk., 2002). Kandungan Ca yang terdapat dalam batuan fosfat memberikan efek basa sehingga pH menjadi meningkat. Menurut Hardjowigeno (1992) kapur adalah bahan yang mengandung unsur Ca yang dapat meningkatkan pH tanah. Pengapuran dapat meningkatkan pH tanah, sehingga pemberian kapur pada tanah masam akan merangsang pembentukan struktur remah, memengaruhi pelapukan bahan organik dan pembentukan humus (Buckman & Brady, 1964).

Interaksi abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat terlihat pada perlakuan a₂b₃ (5% abu vulkanik Sinabung dan 7,5% batuan fosfat) dengan nilai pH-H₂O sebesar 5,452. Pemberian abu vulkanik sebanyak 50 g dan batuan fosfat sebanyak 75 g memberikan pengaruh yang nyata pada peningkatan pH-H₂O tanah.

SIMPULAN

Berdasarkan hasil pengujian dapat disimpulkan bahwa:

1. Tidak terjadi interaksi antara partikel nano abu vulkanik Sinabung dan batuan fosfat terhadap Titik Muatan Nol (pH₀), tetapi kedua perlakuan tersebut terhadap pH-H₂O terjadi interaksi.
2. Komposisi dosis yang paling berpengaruh dalam meningkatkan pH-H₂O adalah 5% abu vulkanik Sinabung dan 7,5% batuan fosfat yaitu sebesar 20,36%. Komposisi dosis yang paling berpengaruh dalam menurunkan pH₀ adalah 2,5% abu vulkanik Sinabung dan 0% batuan fosfat yaitu sebesar 28,57%.

DAFTAR PUSTAKA

- Arifin, M. 1994. Pedogenesis Andisol Berbahan Induk Abu Volkan Andesit dan Basalt pada Beberapa Zona Agroklimat di Daerah Perkebunan Teh Jawa Barat. Disertasi Doktor. Institut Pertanian Bogor. Bogor [Tidak dipublikasikan]
- Arifin, M. 1999. Identifikasi titik muatan nol (*point zero of charge*) pada inceptisols dan andisols di lereng bagian Selatan Gunung Manglayang dalam kaitannya dengan tingkat perkembangan tanah. Jurnal Agrikultura. 10(3).
- Buckman, HO, dan NC Brady. 1964. Dasar Ilmu Tanah. Terjemahan Soegiman. Bhratara Karya Aksara, Jakarta.
- Dahlgren, RA, FC Ugolini, and WH Casey. 1999. Field weathering rates of Mt. St. Helens

- tephra. *Geochim. Cosmochim. Acta.* 63:587-598.
- FAO. 2001. Lecture Notes on the Major Soils of The World. Available online at <http://www.fao.org/3/a-y1899e.pdf>. (Accessed 1 April 2017)
- Gaspersz, V. 1991. Metode Perancangan Percobaan. CV. Armico, Bandung.
- Devnita, R. 2010. Pengaruh Berbagai Bahan Amelioran terhadap pH_o, Retensi P dan KTK pada Beberapa Andisol di Jawa Barat. Fakultas Pertanian. Universitas Padjadjaran.
- Hardjowigeno. 1992. Ilmu Tanah. PT. Mediatama Sarana Perkasa, Jakarta.
- Havlin, JL, JD Beaton, SL Tisdale, and WL Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management. Prentice-Hall, Inc., New Jersey.
- Karmina, R. 2009. Pengaruh Pemberian Kompos The dan Abu Vulkanik terhadap Pembentukan Agregat Tanah Psamment dan Biomasa Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). Skripsi. Universitas Andalas. Padang. [Tidak dipublikasikan].
- Munir, M. 1995. Geologi dan Mineralogi Tanah. PT Dunia Pustaka Jaya, Jakarta.
- Rachim, AD, dan M Arifin. 2011a. Dasar-dasar Klasifikasi Taksonomi Tanah. Pustaka Reka Cipta, Bandung.
- Rachim, AD, dan M Arifin. 2011b. Dasar-dasar Klasifikasi Tanah di Indonesia. Pustaka Reka Cipta, Bandung.
- Rodhian, SA, dan H Hananto. 2015. Identifikasi sifat kimia abu vulkanik dan upaya pemulihan tanaman karet terdampak letusan Gunung Kelud (Studi kasus: Kebun Ngrangkah Pawon, Jawa Timur). *Warta Perkaretan.* 34(1):19-30.
- Sulaeman, Suparto, dan Eviati. 2002. Peningkatkan reaktivitas P-alam dengan pengasaman. *Jurnal Tanah dan Iklim.* 20:69-79.
- Suriadikarta, DA, A Abbas Id., Sutono, D Erfandi, E Santoso, dan A. Kasno. 2009. Identifikasi Sifat Kimia Abu Vulkan, Tanah dan Air di Lokasi Dampak Letusan Gunung Merapi. Balai Penelitian Tanah. Bogor.
- Tan, KH. 1991. Dasar-dasar Kimia Tanah. Gajah Mada University Press, Yogyakarta.
- Tan, KH. 1998. Andosol: Kapita Selekta. Progam Studi Ilmu Tanah. Program Pasca Sarjana USU, Medan.
- Uehara, G, and G Gilman. 1981. The Mineralogy, Chemistry, and Physics of Tropicals Soils with Variabel Charge Clays. Westview Press, Colorado.
- Van Ranst, E. 1994. Concept of Soil Development. Ghent University, Belgium. 172 p.
- Van Ranst, E, NP Qafoku, A Noble, and R Xu. 2017. Variable Charge Soils: Mineralogy and Chemistry. Ghent University Library, Germany.
- Wann, SS and G Uehara. 1978. Surface charge manipulation in constant surface potential colloids: I. Relation to sorbed phosphorus. *Soil Sci. Soc. of Am. J.* 42:565-570.