

Respon Aplikasi Partikel Nano Abu Vulkanik dan Batuan Fosfat terhadap Beberapa Sifat Kimia Tanah Inceptisols Cilembu, Jawa Barat

Response of Volcanic Ash Nano Particles and Phosphate Rocks Application on Selected Chemical Properties of Inceptisols in Cilembu, West Java

Pradhinto Dwi Nugroho^{1*}, Mahfud Arifin², Rina Devnita²

¹ Alumni Pasca Sarjana Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Bandung 43560, Jawa Barat, Indonesia

² Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, Jalan Raya Bandung Sumedang KM 21, Jatinangor, Bandung 43560, Jawa Barat, Indonesia

INFORMASI ARTIKEL

Riwayat artikel:

Diterima: 3 Mei 2020
Disetujui: 15 Juli 2020
Dipublikasi online: 4 Agustus 2020

Kata Kunci:

Abu vulkanik
Batuan fosfat
Inceptisols
pH
P-tersedia

Keywords:

Volcanic ashes
Phosphate rock
Inceptisols
pH
Available P

Direview oleh:

Adha Fatmah Siregar,
I G.M. Subiksa

Abstrak. Kandungan dan ketersediaan unsur P, yang merupakan unsur esensial, rendah pada Inceptisols Cilembu. Unsur P dalam bentuk partikel nano diharapkan dapat mudah diserap oleh tanah. Penelitian ini bertujuan mengetahui pengaruh amelioran partikel nano (abu vulkanik dan batuan fosfat) terhadap P-tersedia dan kemasaman tanah (pH-H₂O), serta kapasitas tukar kation (KTK) tanah Inceptisols Cilembu, Sumedang, Jawa Barat. Penelitian dilaksanakan pada bulan Januari sampai dengan Juni 2019 di Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Penelitian dilakukan dengan inkubasi partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat dengan dosis masing-masing 0% (0 g), 2% (20 g kg⁻¹ tanah), 4% (40 g kg⁻¹ tanah), dan 6% (60 g kg⁻¹ tanah). Hasil penelitian menunjukkan tidak terjadi interaksi antara partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap P-tersedia dan kemasaman tanah (pH-H₂O), serta KTK. Partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terlihat nyata berpengaruh terhadap P tersedia setelah inkubasi bulan pertama dan bulan kedua. Penggunaan partikel nano abu vulkanik berpengaruh nyata terhadap meningkatnya pH setelah inkubasi bulan pertama. Interaksi partikel nano abu vulkanik dan partikel nano batuan fosfat tidak berpengaruh nyata terhadap nilai KTK.

Abstract. The content and availability of P, which is an essential element in Cilembu Inceptisols is low. P element in the form of nano particles is expected to increase P availability. The aim of the study was to evaluate the effect of ameliorant nano particles (volcanic ash and phosphate rock) on P availability and soil acidity (pH-H₂O) as well as cation exchange capacity (CEC) in Inceptisols Cilembu, Sumedang, West Java. This research conducted in January to June 2019 in the Soil Physics Laboratory of the Department of Land Science and Land Resources, Faculty of Agriculture, Padjadjaran University. The research used Factorial Completely Randomized Design. The study carried out by incubation of volcanic ash nano particles and phosphate rocks with doses of 0% (0 g), 2% (20 g kg⁻¹ of soil), 4% (40 g kg⁻¹ of soil), and 6% (60 g kg⁻¹ of soil). The results showed no interaction between volcanic ash nano particles and phosphate rocks on available P, soil acidity (pH-H₂O), and CEC. The effect of nano particles of volcanic ash and phosphate rock was significantly affected by available P after incubation of the first and second months. The use of nano volcanic ash particles has a significant effect on increasing pH after the incubation of the first month. Interaction effect of volcanic ash nano particles and phosphate rock nano particles was not significant on CEC value.

Pendahuluan

Inceptisols adalah tanah berkembang dengan salah satu cirinya mempunyai horison kambik, duripan dengan kedalaman 100 cm atau fragipan dengan kedalaman 200 cm, dan mempunyai epipedon okrik (Soil Survey Staff 2014). Inceptisols merupakan tanah berkembang dan kedalaman efektif tanah yang dangkal (Ryan *et al.* 2015). Inceptisols memerlukan penambahan unsur hara yang

tinggi baik dalam bentuk anorganik maupun organik.

Inceptisols Cilembu merupakan tanah yang masih berkembang dengan ciri-ciri reaksi masam dan kejenuhan basa sedang. Hasil analisis awal tanah Cilembu memiliki unsur P tersedia yang rendah (10,73 mg kg⁻¹) dan pH masam (5,64). Salah satu upaya untuk meningkatkan unsur hara dalam tanah untuk mendukung produktivitas ubi cilembu perlu menggunakan amelioran seperti abu vulkanik dan batuan fosfat. Menurut Muhammad (2007),

* Corresponding author: pradhinto.dn@gmail.com

unsur P merupakan unsur esensial bagi tanaman, sehingga ketersediaannya dapat mempengaruhi produktivitas ubi Cilembu. Kebutuhan unsur hara dalam budidaya ubi Cilembu membutuhkan pupuk N sebesar 217 kg ha⁻¹ dan pupuk P sebesar 138 kg ha⁻¹.

Material dari gunung berapi mengandung berbagai unsur hara sehingga berpotensi meningkatkan kesuburan tanah. Akan tetapi material vulkanik tersebut belum dapat mendukung ketersediaan unsur hara dalam tanah, karena kandungan hara yang rendah (Damayani *et al.* 2014).

Penggunaan batuan fosfat dapat meningkatkan ketersediaan unsur P dalam tanah dan kandungan unsur lainnya seperti Ca. Batuan fosfat banyak tersedia di alam dengan kandungan kalsium fosfat yang tidak larut dalam air (Faleh dan Aprilina 2009). Penambahan batuan fosfat dapat menambah pasokan P dalam tanah, sehingga P akan tersedia bagi tanaman (Mahfud *et al.* 2017). Amelioran abu vulkanik dan batuan fosfat dapat meningkatkan P tersedia (Rina *et al.* 2018). Kualitas batuan fosfat yang baik adalah yang mengandung total P₂O₅ lebih dari 20% dan mempunyai reaktivitas tinggi dengan kadar P₂O₅ larut dalam asam sitrat 2% yaitu lebih dari 6% (Mahfud *et al.* 2017).

Hasil penelitian Anne (2017), menunjukkan kombinasi antara abu vulkanik dan batuan fosfat dapat meningkatkan basa-basa dalam tanah, kejenuhan basa (KB), pH dan unsur P. Penggunaan abu vulkanik dan batuan fosfat berukuran nano (10⁻⁹ m) yang mempunyai kelebihan menjadikan lebih reaktif dan efektif (Betty *et al.* 2017), sehingga diharapkan dapat mempercepat terjadinya reaksi yang meningkatkan pergerakan ion-ion pada larutan tanah sehingga dapat memperbaiki sifat kimia tanah tersebut seperti peningkatan pH H₂O dan P-tersedia.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh partikel nano amelioran (abu vulkanik dan batuan fosfat) terhadap P tersedia, kemasaman tanah (pH-H₂O) dan KTK pada Inceptisols Cilembu, Sumedang, Jawa Barat.

Bahan dan Metode

Percobaan dilaksanakan pada bulan Januari 2019 sampai dengan Juni 2019. Proses pembuatan abu vulkanik dan batuan fosfat menjadi partikel nano dilakukan di Laboratorium Sistem Instrumentasi dan proses Fungsional Material pada Pusat Riset Nanoteknologi dan Graphene, Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran. Lokasi percobaan inkubasi di Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran, sedangkan parameter diuji di Laboratorium Balai Penelitian Tanaman Sayuran, Badan

Penelitian dan Pengembangan Pertanian Kementerian Pertanian, Lembang, Jawa Barat.

Tanah yang digunakan dalam penelitian ini adalah Inceptisols Cilembu yang diambil dari Dusun Cijolang, Desa Cilembu, Kabupaten Sumedang. Hasil analisis awal tanah, Inceptisols Cilembu memiliki kandungan pH H₂O agak masam (5,64); pH KCL masam (3,58); kandungan C-organik rendah (1,31%); N-total rendah (0,17%); rasio C/N rendah (7,71%) dan P-tersedia rendah (10,73 mg kg⁻¹) Amelioran yang digunakan adalah abu vulkanik dan batuan fosfat. Abu vulkanik diperoleh dari hasil erupsi Gunung Merapi, Provinsi D.I. Yogyakarta. Abu vulkanik dikumpulkan dari atap-atap rumah sehingga tidak tercampur dengan tanah. Abu vulkanik mengandung abu silikat yang berpengaruh pada sifat kimia tanah. Selain itu, abu vulkanik juga mengandung Ca, Mg, K, dan Na (Mahfud *et al.* 2017). Batuan fosfat diperoleh dari Mesir yang mempunyai kandungan P₂O₅ sebesar 25,90% dalam asam sitrat 2%.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan amelioran terhadap kemasaman dan P tersedia Inceptisol

Table 1. Combination of ameliorant treatment to acidity and P available Inceptisol

Abu vulkanik (AV)	Batuan fosfat (RP)			
	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 = abu vulkanik 2% dari 1 kg berat tanah = 20 g

a₂ = abu vulkanik 4% dari 1 kg berat tanah = 40 g

a₃ = abu vulkanik 6% dari 1 kg berat tanah = 60 g

b₀ = Tanpa batuan fosfat = 0 g

b₁ = batuan fosfat 2% dari 1 kg berat tanah = 20 g

b₂ = batuan fosfat 4% dari 1 kg berat tanah = 40 g

Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap (RAL) dengan 16 perlakuan dan dua ulangan. Parameter yang diamati adalah pH H₂O dianalisis dengan metode elektrometri (mengukur konsentrasi ion H⁺ dalam larutan tanah) dan P-tersedia dianalisis dengan metode Olsen. Hasil analisis secara statistik menggunakan IBM SPSS *Statistic* versi 22. Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Analisis Tanah Awal

Contoh tanah untuk analisis tanah awal yang digunakan dalam penelitian ini diambil dari Desa Cilembu,

Kecamatan Pamulihan, Kabupaten Sumedang, Jawa Barat, dengan koordinat 6°54'40.63" S 107°51'7.92" E, pada ketinggian 986 m dpl. Menurut ISRI (2000) tanah di Desa Cilembu masih tergolong ordo Inceptisols. Tanah diambil pada lokasi kebun dengan kedalaman 0-60 cm di beberapa titik. Cara pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit, dengan terlebih dahulu membersihkan bagian permukaan tanah dari sisa-sisa tanaman yang kemudian diambil lalu dikering anginkan. Tanah yang sudah dikering anginkan kemudian disaring dengan menggunakan saringan 2 mm agar ukuran butirannya homogen. Selanjutnya dibawa ke Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan, Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran untuk dilakukan analisis kimia (pH, N-total, P tersedia, dan lain-lain) serta analisis fisika (tekstur tanah).

Persiapan dan Pengujian Inkubasi

Pelaksanaan penelitian yang pertama yaitu menyiapkan amelioran abu vulkanik yang diperoleh dari erupsi Gunung Merapi. Abu dikumpulkan dari atap-atap rumah sehingga tidak tercampur dengan tanah dan amelioran batuan fosfat yang digunakan berasal dari Mesir. Menurut Sedyarso (1999) mineral yang terkandung dalam abu vulkanik seperti silikat, Ca, Mg, K, dan Na berpotensi sebagai penambah cadangan mineral tanah yang dapat digunakan sebagai bahan untuk memperbaiki tanah yang miskin hara atau tanah yang sudah mengalami pelapukan lanjut, sehingga batuan fosfat yang diaplikasikan ke tanah dapat bekerja efektif karena kondisi fisik tanah yang memadai.

Kedua amelioran tersebut dianalisis di Laboratorium Mineral dan Batubara (TEKMIRA) Bandung untuk mengetahui kandungan oksida-oksida logam dan non-logam.

Berdasarkan hasil analisis dari abu vulkanik pada Tabel 2, abu vulkanik gunung merapi mengandung SiO₂ sebesar 52,59%; Al₂O₃ sebesar 17,77%; Fe₂O₃ sebesar 11,44%; dan CaO sebesar 8,02%. Hasil analisis menunjukkan bahwa Inceptisols Cilembu mengandung mineral liat Halosilt yang merupakan mineral liat kristalin aluminosilikat tipe 1 : 1.

Tabel 3 menunjukkan hasil analisis dari batuan fosfat yang mengandung CaO sebesar 42,30%; P₂O₅ 25,90%; Fe₂O₃ 3,39%; dan Al₂O₃ sebesar 1,37%.

Mineral apatit dalam batuan fosfat berbentuk tepung dan kalsium fosfat yang tidak larut dan stabil dalam keadaan netral (alkalis) (Pandi dan Mario 2000).

Bahan amelioran abu vulkanik dan batuan fosfat selanjutnya dinanopartikelkan dengan menggunakan metode *top down* atau *high speed milling* di Laboratorium Sistem Instrumentasi dan proses Fungsional Material pada Pusat Riset Nanoteknologi dan Graphene, Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran.

Tabel 2. Hasil analisis abu vulkanik

Table 2. Volcanic ash analysis result

Parameter	Kandungan (%)
SiO ₂	52,59
Al ₂ O ₃	17,77
Fe ₂ O ₃	11,44
K ₂ O	1,68
Na ₂ O	3,18
CaO	8,02
MgO	4,17
TiO ₂	0,78
MnO	0,22
P ₂ O ₅	0,055
LOI	0,14
SO ₃	<0,001
H ₂ O	<0,001

Tabel 3. Hasil analisis batuan fosfat

Table 3. Phosphate rock analysis result

Parameter	Kandungan (%)
P ₂ O ₅	25,90
CaO	42,30
Al ₂ O ₃	1,37
Fe ₂ O ₃	3,39

Persiapan proses inkubasi dilakukan dengan mengayak contoh tanah dengan ayakan 2 mm lalu dicampur hingga homogen. Tanah yang sudah homogen dan diayak ditimbang masing-masing 1 kg untuk diperlakukan dengan amelioran. Tanah dan amelioran dari setiap perlakuan diaduk secara merata, kemudian dimasukkan ke dalam polibag.

Selanjutnya, tanah yang telah tercampur dengan amelioran sesuai dosis yang diberikan diinkubasi dan diamati beberapa sifat kimia tanah selama tiga bulan, waktu pelaksanaan inkubasi ini berpedoman pada penelitian Anne *et al.* (2017). Tanah tetap dipertahankan dalam kondisi kapasitas lapang dengan menyimpannya pada polibag yang berpori. Metode yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) pola faktorial. Parameter yang diamati meliputi P tersedia menggunakan metode analisis Olsen spektro FM, kemasaman tanah (pH) menggunakan pH meter (Eks 1:2,5), Kejenuhan Basa (KB) dengan menetapkan kation-kation dapat ditukar dengan Spektrometer Serapan Atom (SSA) dan KTK ditetapkan

secara kolorimetri dengan menggunakan metode Biru Indofenol.

Hasil dan Pembahasan

P-tersedia

K Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa interaksi partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat tidak nyata terhadap parameter P-tersedia. Analisis awal tanah Cilembu memiliki unsur P tersedia rendah (10,73 mg kg⁻¹).

Pengaruh mandiri partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terlihat nyata setelah inkubasi bulan pertama dan bulan kedua. Hasil analisis mandiri inkubasi partikel nano abu vulkanik setelah bulan pertama menunjukkan nilai tertinggi sebesar 75,08 mg kg⁻¹ (a₀, tanpa partikel nano abu vulkanik) kemudian turun menjadi 74,99 mg kg⁻¹ setelah bulan ketiga, dan terendah sebesar 61,07 mg kg⁻¹ (a₁, partikel nano abu vulkanik 2%) turun menjadi 64,52 mg kg⁻¹ setelah bulan ketiga inkubasi (Tabel 4).

Hasil analisis menunjukkan bahwa pemberian partikel nano abu vulkanik tidak berpengaruh besar terhadap ketersediaan P dibandingkan dengan kontrol. Hasil analisis efek perlakuan mandiri partikel nano batuan fosfat menunjukkan bahwa perlakuan partikel nano RP 6% berpengaruh nyata terhadap P tersedia setelah bulan pertama dengan nilai tertinggi 77,21 mg kg⁻¹, kemudian meningkat pada bulan kedua menjadi 99,24 mg kg⁻¹ setelah bulan ketiga inkubasi turun menjadi 68,23 mg kg⁻¹. Nilai P tersedia terendah sebesar 49,46 mg kg⁻¹ ditunjukkan oleh perlakuan tanpa partikel nano RP (b₀), tetapi setelah bulan ketiga meningkat menjadi 76,18 mg kg⁻¹.

Berdasarkan Tabel 4, nilai rata-rata P-tersedia tertinggi pada perlakuan b₃ (partikel nano batuan fosfat 6%) sebesar 81,56 mg kg⁻¹ dan terendah pada perlakuan a₀ (tanpa partikel nano batuan fosfat) sebesar 65,24 mg kg⁻¹.

Kondisi ini disebabkan kandungan P yang tinggi dalam batuan fosfat, sehingga ketersediaan fosfat dalam tanah meningkat. Unsur P dalam batuan fosfat yang terikat dalam bentuk Ca-P, dalam kondisi tanah masam bereaksi dengan H⁺ dan terlepas dalam bentuk H₂PO₄⁻ sehingga tersedia dalam tanah (Joko 2010). Unsur P dalam batuan fosfat terikat oleh Ca dengan penambahan reaksi H⁺ terlepas dalam bentuk H₂PO₄⁻ sehingga tersedia dalam tanah (Joko dan Ismangi 2010). Mekanisme peningkatan P dengan penambahan Ca (Ali 2004):



Berdasarkan grafik pada Gambar 1 kadar hara tanah diketahui bahwa P-tersedia yang terdapat pada setiap perlakuan masuk dalam kriteria sangat tinggi (43,65-107,98 mg kg⁻¹). Gambar 1 menunjukkan pengaruh partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat yang meningkatkan P-tersedia dalam tanah setiap bulannya. Bahan amelioran abu vulkanik dan batuan fosfat dapat meningkatkan P-tersedia setelah satu bulan inkubasi sebesar 66,11 mg kg⁻¹, namun setelah tiga bulan inkubasi kembali turun menjadi 67,32 (Tabel 4). Hal tersebut menunjukkan bahwa P yang terlarut partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat diserap kembali oleh oksida besi dan aluminium dalam tanah menjadi bentuk P yang tidak tersedia untuk tanaman.

P tersedia meningkat dengan aplikasi abu vulkanik dan batuan fosfat yang berukuran super halus (1 nm = 10⁻⁹),

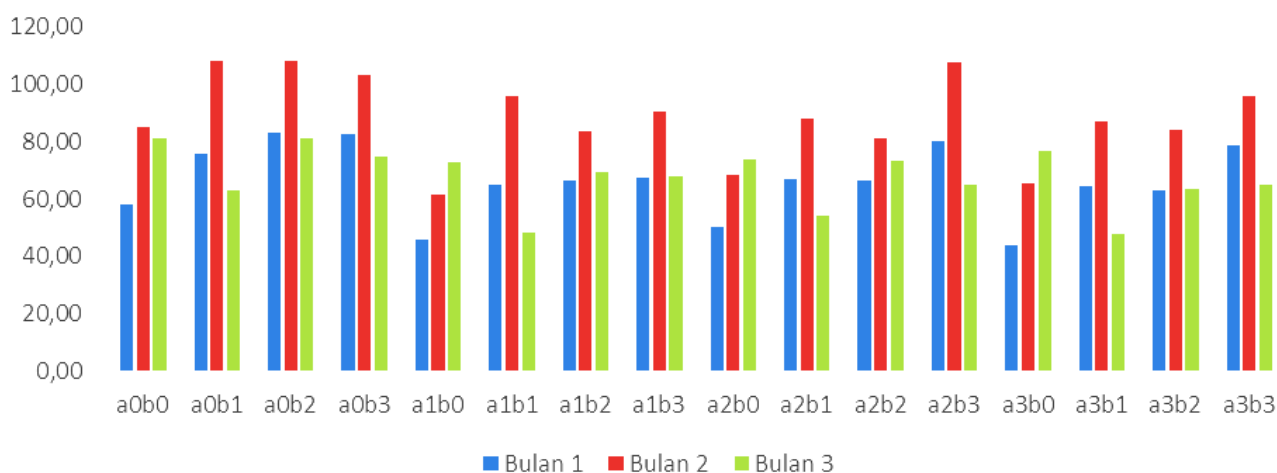
Tabel 4. Pengaruh partikel nano abu vulkanik (A) dan batuan fosfat (B) terhadap P-tersedia setelah inkubasi bulan pertama, kedua, dan ketiga

Table 4. Influence of volcanic ash nano particles (A) and phosphate rocks (B) to available P after the first, second, and third month incubation

Perlakuan	P-tersedia			Rata-rata
	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	
.....ppm.....				
Partikel nano abu vulkanik				
Tanpa abu vulkanik	75,08 a	100,97 a	74,99 a	83,68
Abu vulkanik 2%	61,07 b	82,95 b	64,52 b	69,51
Abu vulkanik 4%	65,87 b	86,21 b	66,60 b	72,89
Abu vulkanik 6%	62,42 b	83,08 b	63,16 b	69,55
Partikel nano batuan fosfat				
Tanpa batuan fosfat	49,46 c	70,08 c	6,18 a	41,91
Batuan fosfat 2%	68,01 b	94,66 b	53,15 c	71,94
Batuan fosfat 4%	69,75 b	89,22 b	71,71 ab	76,89
Batuan fosfat 6%	77,21 a	99,24 a	68,23 b	81,56

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%

P-Tersedia



Gambar 1. Pengaruh perlakuan partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap P tersedia selama tiga bulan inkubasi

Figure 1. Effect of nano particle of volcanic ash and phosphate rock on the soil available P during three month incubation

karena memiliki keunggulan lebih reaktif, langsung mencapai sasaran atau target. Ukuran nanopartikel efektif untuk periode pendek, tetapi diprediksi akan kembali teragregasi dan kurang efektif jika berlangsung untuk periode yang lebih lama (Rina *et al.* 2018). Menurut penelitian Rajonee (2017), P yang tersedia dengan nanopartikel pupuk P dalam nanopartikel menurun lebih cepat daripada pupuk P konvensional.

Kemasaman Tanah (pH)

Hasil analisis penelitian pH (5,64) tanah awal masuk dalam kriteria agak masam. Hasil analisis statistik pH tidak terdapat interaksi antara perlakuan partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap kemasaman tanah Inceptisol.

Namun secara mandiri, penggunaan partikel nano abu vulkanik tidak terjadi pengaruh yang nyata pada bulan ketiga. Pengaruh secara mandiri partikel nano abu vulkanik terlihat nyata dengan kenaikan pH dari 6,11 (a_0 , tanpa partikel nano abu vulkanik) sampai nilai tertinggi 6,28 (a_3 , partikel nano abu vulkanik 6%). Sedangkan penggunaan partikel nano batuan fosfat terjadi pengaruh mandiri yang nyata di setiap bulannya (Tabel 5).

Reaksi tanah (pH) meningkat dari 5,54 (b_0 , tanpa partikel nano batuan fosfat) sampai 6,57 (b_3 , partikel nano abu vulkanik 6%) setelah inkubasi bulan pertama, setelah inkubasi bulan kedua sebesar 4,29 (b_0 , tanpa partikel nano batuan fosfat) sampai 6,09 (b_3 , partikel nano abu vulkanik

6%) dan 5,56 (b_0 , tanpa partikel nano batuan fosfat) sampai 6,82 (b_3 , partikel nano abu vulkanik 6%) setelah inkubasi bulan ketiga.

Penurunan pH setelah inkubasi bulan kedua karena dipengaruhi oleh ion H dan Al dalam tanah. Gugus aluminol (Al-OH) yang terdapat pada inceptisol menangkap ion H^+ sehingga pH-H₂O meningkat.

Kemasaman tanah (pH) turun dengan pemberian abu vulkanik karena terjadi oksidasi sulfur abu vulkanik (Dahlgren *et al.* 1999).

Gambar 2 menunjukkan grafik hasil analisis inkubasi setiap perlakuan dan setiap bulannya rata-rata pH 6,0 (agak masam). Hasil tertinggi perlakuan a_0b_3 (tanpa abu vulkanik dan batuan fosfat 6%) pada inkubasi setelah bulan pertama. Sedangkan hasil terendah pada perlakuan a_0b_0 (tanpa partikel nano) setelah bulan kedua.

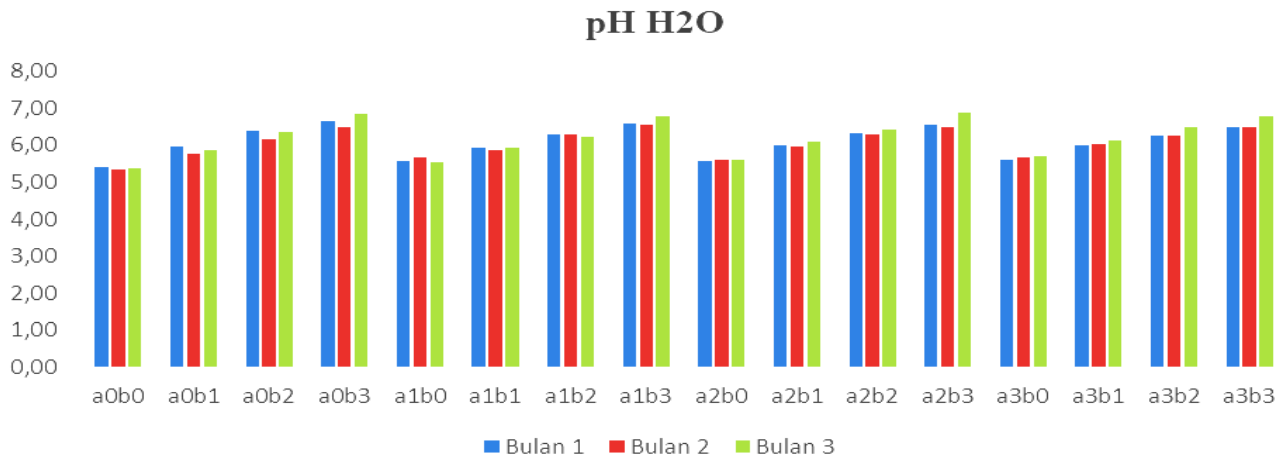
Reaksi tanah (pH) dipengaruhi oleh persentase kejenuhan basa (KB). Korelasi antara KB dan pH dapat dilihat pada Gambar 2. Kandungan P_2O_5 dan CaO dalam batuan fosfat mempengaruhi persentase KB dan pH tanah. P_2O_5 dan CaO mengikat ion H^+ sehingga kandungan OH⁻ meningkat yang menjadikan pH naik. Selain itu, P_2O_5 dan CaO juga mengikat Al^+ , Si^{2+} , dan K^{2+} dalam abu vulkanik (Al_2O_3 , SiO_2 , K_2O) sehingga kandungan OH⁻ dan diikuti dengan kenaikan nilai pH dan persentase KB. Kandungan Ca yang terdapat dalam batuan fosfat memberikan efek basa sehingga pH meningkat (Anne 2017).

Tabel 5. Pengaruh partikel nano abu vulkanik (A) dan batuan fosfat (B) terhadap pH setelah inkubasi bulan pertama, kedua dan ketiga

Table 5. Influence of volcanic ash nano particles (A) and phosphate rocks (B) to available pH after the first, second, and third month incubation

Perlakuan	pH - tersedia			Rata-rata
	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	
.....ppm.....				
Partikel nano abu vulkanik				
Tanpa abu vulkanik	6,11 a	5,22 a	6,11 b	5,81
Abu vulkanik 2%	6,09 a	5,28 a	6,13 b	5,83
Abu vulkanik 4%	6,12 a	5,35 a	6,25 a	5,91
Abu vulkanik 6%	6,09 a	5,37 a	6,28 a	5,91
Partikel nano batuan fosfat				
Tanpa batuan fosfat	5,54 d	4,29 c	5,56 d	5,13
Batuan fosfat 2%	5,98 c	5,16 c	6,01 c	5,72
Batuan fosfat 4%	6,32 b	5,67 b	6,38 b	6,12
Batuan fosfat 6%	6,57 a	6,09 a	6,82 a	6,49

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%



Gambar 2. Pengaruh perlakuan partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap pH selama 3 bulan inkubasi

Figure 2. Effect of nano particle of volcanic ash and phosphate roc to available pH during 3 month incubation

Batuan fosfat mempengaruhi kenaikan pH tanah dengan menurunkan konsentrasi ion H⁺ (Mahfud *et al.* 2017). Selain itu, peningkatan pH dipengaruhi juga oleh partikel nano abu vulkanik dengan menambah ion OH⁻ dalam tanah. Reaksi tanah (pH) dan KB juga dipengaruhi oleh ketersediaan kation-kation basa (K, Ca, Na, dan Mg). Korelasi pH berbanding lurus dengan kation-kation basa. Kation-kation basa tersebut berasal dari abu vulkanik yang dapat meningkatkan pH tanah dengan penambahan ion-ion Ca²⁺, K⁺, Na⁺, dan Mg²⁺ yang menggantikan ion H⁺.

Abu vulkanik mengandung SiO₄⁻⁴ membentuk larutan kesetimbangan pada tapak pertukaran positif dan melepaskan OH⁻. Setiap penambahan SiO₄⁻² menyebabkan pH₀ bergerak menjadi lebih rendah dan muatan negatif bertambah sehingga menyebabkan serapan spesifik dengan

afinitas rendah. Penurunan pH₀ secara linier disebabkan oleh peningkatan jumlah fosfat sehingga menyebabkan peningkatan muatan negatif (Uehera dGillman 1981).

Menurut Rina (2010) saat terjadi serapan fosfat, 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.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Hasil uji statistik menunjukkan tidak terdapat interaksi antara partikel nano abu vulkanik dan partikel nano batuan fosfat terhadap nilai KTK. Hasil uji mandiri pengaruh partikel nano abu vulkanik dan partikel nano batuan fosfat

Tabel 6. Pengaruh partikel nano abu vulkanik (A) dan batuan fosfat (B) terhadap KTK setelah inkubasi bulan pertama, kedua dan ketiga

Table 6. Influence of volcanic ash nano particles (A) and phosphate rocks (B) to available CEC after the first, second, and third month incubation

Perlakuan	KTK			Rata-rata
	Bulan 1	Bulan 2	Bulan 3	
Partikel nano abu vulkanik				
Tanpa abu vulkanik	16,48 a	18,80 a	17,92 a	17,73
Abu vulkanik 2%	16,21 a	18,23 a	17,56 a	17,33
Abu vulkanik 4%	16,94 a	18,32 a	18,37 a	17,88
Abu vulkanik 6%	16,16 a	18,44 a	18,39 a	17,66
Partikel nano batuan fosfat				
Tanpa batuan fosfat	16,54 a	18,26 b	17,48 a	17,01
Batuan fosfat 2%	16,34 a	17,85 b	18,45 a	17,39
Batuan fosfat 4%	16,10 a	18,36 b	18,37 a	17,24
Batuan fosfat 6%	16,80 a	19,32 a	17,95 a	18,02

Keterangan: Angka yang diikuti oleh notasi yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan Uji Lanjut Jarak Berganda Duncan pada taraf nyata 5%

terhadap KTK ditampilkan pada Tabel 6 yang menunjukkan bahwa partikel nano abu vulkanik dan partikel nano batuan fosfat tidak mempengaruhi KTK selama masa inkubasi.

Hasil tertinggi pengaruh partikel nano abu vulkanik sebesar $18,80 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ pada perlakuan a_0 (tanpa partikel nano abu vulkanik) setelah dua bulan inkubasi dan terendah sebesar $16,16 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ pada perlakuan a_3 (partikel nano abu vulkanik 6%) setelah satu bulan inkubasi. Sedangkan pengaruh mandiri partikel nano batuan fosfat tertinggi pada perlakuan b_2 (partikel nano batuan fosfat 6%) sebesar $19,32 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$ setelah bulan kedua inkubasi dan terendah pada perlakuan b_2 (partikel nano batuan fosfat) setelah tiga bulan inkubasi sebesar $16,10 \text{ cmol} \cdot \text{kg}^{-1}$.

Menurut Hanafiah (2005), peningkatan KTK dipengaruhi peningkatan pH dengan meningkatkan muatan negatif. Kandungan SiO_4^- dalam abu vulkanik dan HPO_4^- dalam batuan fosfat meningkatkan kation dalam tanah. Jumlah kation basa dapat ditukar (Ca, Mg, K, dan Na) mempengaruhi nilai KTK, dimana kandungan kation basa rendah sampai sedang sehingga nilai KTK yang didapatkan rendah sampai sedang.

Perlakuan partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat tidak berpengaruh terhadap mineral haloisit dalam tanah yang mempunyai ikatan kuat oleh H^+ . Kondisi KTK dipengaruhi oleh pH tanah, dimana pH tanah hasil penelitian ini tergolong masam sampai dengan agak masam sehingga hasil KTK masuk ke dalam kriteria rendah sampai sedang. Kandungan SiO_4^- dalam abu vulkanik dan HPO_4^- dalam batuan fosfat meningkatkan kation dalam tanah. Jumlah kation basa dapat ditukar (Ca,

Mg, K, dan Na) mempengaruhi nilai KTK, dimana kandungan kation basa rendah sampai sedang sehingga nilai KTK yang didapatkan rendah sampai sedang.

Kesimpulan

Interaksi antara perlakuan partikel nano amelioran abu vulkanik dan batuan fosfat berpengaruh tidak nyata terhadap beberapa parameter sifat tanah yang diamati seperti P-tersedia, kemasaman tanah, dan nilai KTK Inceptisols Cilembu. Partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terlihat berpengaruh nyata terhadap peningkatan P tersedia setelah inkubasi bulan pertama dan bulan kedua. Penggunaan partikel nano abu vulkanik secara mandiri berpengaruh nyata terhadap meningkatnya pH setelah inkubasi bulan pertama.

Daftar Pustaka

- Ali M. 2004. Penurunan senyawa fosfat dalam air limbah buatan dengan proses adsorpsi menggunakan tanah haloisit. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 15(1):47-53.
- Anne Y, Mahfud A, Nenny N. 2017. Pengaruh partikel nano abu vulkanik dan batuan fosfat terhadap muatan variabel dan kemasaman Andisol. *Jurnal Agrikultura*. 28(3):118-125.
- Balai Pengkajian Teknologi Pertanian Jawa Barat. 2015. *Petunjuk Teknis Budidaya Ubi Cilembu Organik*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Betty NF, Mahfud A, Rina D, Anni Y, Rachmat H, Mariska AS. 2017. P-retention and cation exchange as affected by nanoparticle of volcanic ash and application of phosphate solubilizing bacteria on Andisol Ciater, West Java Indonesia. Citation: AIP Proceedings, 1927, 030025.

- Dahlgren, RA., Golini, FCU, Asey, WHC. 1999. Field weathering rates of mt . st . Helens tephra. *Geochimica et Cosmochimica Acta*. 63(5):587-598.
- Damayani D, Nenny N, Kamil SE. 2014. Efek residu dari kombinasi media tanam abu vulkanik merapi, pupuk kandang sapi dan tanah mineral terhadap C-organik, kapasitas pegang air, kadar air dan bobot kering pupus tanaman jagung. *bionatura. Jurnal Ilmu Hayati dan Fisik*. 15(3):196-202.
- Escudey M, Gerardo G, Juan EF, Margarita B, Patricia D, Andrew C. 2013. Chemical forms of phosphorus of volcanic ash derived soils in chile. *Departemento de Quimica de los Materiales. Journals Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 32(5):601-616.
- Faleh SB, Aprilina P. 2009. Pembuatan pupuk fosfat dari batuan fosfat alam secara acidulasi. *Jurnal Ilmiah Bidang Ilmu Kerekayasaan*. 30(2):0852-1697.
- Hanafiah, KA. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- ISRI. 2000. Atlas sumberdaya tanah Indonesia, skala 1:1.000.000. Bogor, ID: Indonesian Soil Research Institute.
- Joko M. 2010. Pengaruh pupuk hayati dan batuan fosfat alam terhadap ketersediaan fosfor dan pertumbuhan stroberi pada tanah Andisol. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 1(2):66-73.
- Joko M, Ismangil. 2010. Pengaruh pupuk hayati dan batuan fosfat alam terhadap ketersediaan fosfor dan pertumbuhan stroberi pada tanah Andisol. *Jurnal Hortikultura Indonesia*. 1(2):66-73.
- Mahfud A, Anni Y, Dewi D. 2017. The effect of Sinabung volcanic ash and phosphate rock in nanoparticle form on p-retention, delta ph and base saturation on Ciater's Andisols, West Java. *Jurnal Agroekoteknologi*. 9(1):75-85.
- Muhammad AS. 2007. Potensi lahan pengembangan ubi cilembu di Kabupaten Sumedang. *Soilrens*. 8:765-774.
- Muhammad AS. 2017. *Model Penentuan Kriteria Kesesuaian Lahan Ubi Jalar Cilembu Varietas Rancing Berbasis Karakteristik Spesifik Lokasi*. Disertasi. Institut Pertanian Bogor. Jawa Barat.
- Pandi IMG, Mario MD. 2000. Pengaruh pemberian zeolit dan fosfat alam terhadap pertumbuhan dan produksi jagung pada tanah gambut. *Prosiding Kongres Nasional VII 969-982*. *Adv. Nanopart*. 6:62-74.
- Rina D, Benny J, Mahfud A, Ade S, Santi R, Felia SM. 2018. The phosphorus status of Andisols as influenced by nanoparticles of volcanic ash and rock phosphate. *AIP Conferens Proceedings 1927*.030035-1.
- Ryan A, Abdul R, Gantar S. 2015. Evaluasi sifat kimia tanah Inceptisol pada kebun inti tanaman gambir (*Uncaria gambir* Roxb.) di Kecamatan Salak, Kabupaten Pakpak Bharat. *Jurnal Agroteknologi*. (513):1329-1334.
- Sedyarso M. 1999. *Fosfat Alam Sebagai Bahan Baku dan Pupuk Fosfat*. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat, Bogor.
- Soil Survey Staff. 2014. *Keys to Soil Taxonomy*. 12th Edition. Natural Resources Conservation Service. U.S. Department of Agriculture Handbook 436.
- Uehara G, Gilman G. 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.