

Pengaruh Amelioran Partikel Nano Batuan Fosfat dan Jamur Pelarut Fosfat terhadap Sifat Kimia Inceptisols Cilembu, Jawa Barat

Effect of Nano Particle Phosphate Rock Ameliorant and Phosphate Solubilizing Fungi on Chemical Properties of Inceptisols in Cilembu, West Java

Fajri Syahid Nurhakim^{1*}, Pujawati Suryatmana², Muhammad Amir Solihin², Rina Devnita², Mahfud Arifin²

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: 23 November 2020

Disetujui: 23 Desember 2020

Dipublikasi online: 28
Desember 2020

Kata Kunci:

Batuan fosfat
JPF
Inceptisols
pH
P-tersedia

Keywords:

Phosphate rocks
PSF
Inceptisols
pH
Available P

Direview oleh:

Etty Pratiwi, Linca Anggria

Abstrak. Inceptisols Cilembu memiliki potensi besar untuk pertanian khususnya untuk budidaya ubi jalar Cilembu. Rendahnya kandungan P-tersedia yang merupakan unsur hara esensial berdampak pada produktivitas tanah. Aplikasi amelioran partikel nano batuan fosfat dan Jamur Pelarut Fosfat (JPF) memiliki kemampuan dalam meningkatkan P-tersedia Inceptisols Cilembu. Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh amelioran partikel nano batuan fosfat dan JPF terhadap beberapa sifat kimia Inceptisols di sekitar Cilembu. Metode penelitian menggunakan Rancangan Acak Lengkap Faktorial. Faktor pertama yaitu amelioran partikel nano batuan fosfat yang terdiri atas empat taraf, yaitu $b_0 = 0\%$ (0 g), $b_1 = 2\%$ (20 g kg⁻¹ tanah), $b_2 = 4\%$ (40 g kg⁻¹ tanah), dan $b_3 = 6\%$ (60 g kg⁻¹ tanah). Faktor kedua yaitu JPF yang terdiri atas dua taraf, yaitu $h_0 = (0 \text{ g})$ dan $h_1 = \text{JPF (10 g per kg}^{-1} \text{ tanah)}$. Parameter yang diamati: pH, P-tersedia, Kapasitas Tukar Kation (KTK), dan populasi JPF. Data hasil pengamatan dianalisis menggunakan analisis varians pada taraf 5%, dilanjutkan dengan uji beda jarak Duncan pada taraf 5%. Hasil analisis varians menunjukkan tidak terdapat interaksi antara amelioran partikel nano batuan fosfat dan JPF terhadap parameter yang diamati. Aplikasi amelioran partikel nano batuan fosfat berpengaruh nyata dalam meningkatkan pH dan P-tersedia. Penggunaan JPF berpengaruh nyata meningkatkan nilai KTK.

Abstract. Inceptisols in Cilembu have a great potential for agriculture, especially for sweet potato cultivation. The low available P content, which is an essential nutrient, has an impact on soil productivity. The application of nano particle phosphate rock ameliorant and Phosphate Solubilizing Fungi (PSF) may increase available P of Inceptisols in Cilembu. The research aimed to find out the effects of nano particle phosphate rock ameliorant and PSF on selected chemical properties of Inceptisols in Cilembu area. The research method used Factorial Completely Randomized Design. The first factor was ameliorant nano particles of phosphate rock application consisted of four levels, namely $b_0 = 0\%$ (0 g), $b_1 = 2\%$ (20 g kg⁻¹ of soil), $b_2 = 4\%$ (40 g kg⁻¹ of soil), $b_3 = 6\%$ (60 g kg⁻¹ of soil). The second factor was PSF treatment consisted of two levels, namely $h_0 = \text{without PSF}$ and $h_1 = \text{PSF 10 g kg}^{-1} \text{ of soil}$. Parameters observed were pH, available P, Cation Exchange Capacity (CEC), and PSF population. The data were analyzed with analysis of variance at the significance level of 5%, and continued with Duncan multiple range test at the significance level of 5%. The results showed that there was no interaction between ameliorant nano particles of phosphate rock application and PSF inoculation on the observed parameters. The application of ameliorant nano particles of phosphate rock significantly increased soil acidity (pH) and available P. The inoculation of PSF significantly increased the CEC.

Pendahuluan

Inceptisols merupakan tanah yang masih berkembang dengan perkembangan profil yang masih banyak menyerupai bahan induknya (Hardjowigeno 2010). Inceptisols terbagi menjadi dua kriteria, yaitu: (i) mempunyai horison kambik, duripan dengan kedalaman 100 cm atau fragipan dengan kedalaman 200 cm, dan (ii)

tidak mempunyai bahan sulfidik pada kedalaman 50 cm di atas tanah mineral (Rachim dan Arifin 2011).

Inceptisols Cilembu memiliki potensi besar untuk pertanian khususnya untuk budidaya ubi jalar Cilembu. Namun berdasarkan analisis tanah awal, Inceptisols Cilembu memiliki unsur P-tersedia yang rendah 10,73 ppm (Balai Penelitian Tanah 2009) Telah banyak upaya yang dilakukan petani untuk meningkatkan produktivitas

* Corresponding author: fajrisn.193@gmail.com

Inceptisols Cilembu diantaranya pemberian pupuk anorganik seperti fosfat (P) selama bertahun-tahun. Pemupukan P yang terus-menerus dan berlebih telah mengakibatkan terjadinya akumulasi residu P yang tinggi serta tidak diikuti dengan peningkatan hasil dan efisiensinya sangat rendah.

Salah satu upaya untuk meningkatkan unsur hara dan efisiensi pemupukan P antara lain melalui batuan fosfat berukuran nano dan mikroba pelarut fosfat. Fosfat merupakan nutrisi esensial yang diperlukan oleh tanaman dalam pertumbuhan dan perkembangannya. Fosfat sebenarnya terdapat dalam jumlah yang melimpah dalam tanah, namun sekitar 95-99% terdapat dalam bentuk fosfat tidak terlarut sehingga tidak dapat digunakan oleh tanaman (Sanjotha *et al.* 2011). Penambahan batuan fosfat sebagai sumber P dapat menghambat retensi P, meningkatkan KTK, pH, dan menambah pasokan unsur P dalam tanah, sehingga P akan tersedia (Maryanto dan Abubakar 2010).

Salah satu pendekatan untuk meningkatkan efektifitas dan efisiensi pemupukan P yang berasal dari batuan fosfat adalah dengan aplikasi pupuk berukuran nano. Melalui teknologi nano dihasilkan pupuk-pupuk berukuran nano (*nano fertilizer*). Penggunaan pupuk nano yang berukuran super kecil ($1 \text{ nm} = 10^{-9} \text{ m}$) memiliki keunggulan lebih reaktif, langsung mencapai sasaran atau target karena ukurannya yang halus, serta hanya dibutuhkan dalam jumlah yang lebih sedikit (Chaudhry *et al.* 2008; Garcia *et al.* 2010; Quintanilla-Carvajal *et al.* 2010).

Peningkatan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat tersedia dapat juga dilakukan dengan pemanfaatan mikroba pelarut fosfat diantaranya adalah jamur pelarut fosfat. Jamur adalah salah satu mikroba tanah yang mempunyai peranan penting dalam siklus hara yang selanjutnya akan menentukan kesuburan tanah dan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Suciati 2006). Jamur pelarut fosfat merupakan mikroba yang mempunyai kemampuan mengekstrak fosfat dari bentuk yang tidak larut menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman melalui sekresi asam-asam organik yang dihasilkan untuk melepaskan P dari kompleks jerapan (Hanafiah *et al.* 2009).

Mikroba pelarut fosfat tersebut berperan penting dalam transformasi P yaitu dalam mineralisasi senyawa P organik dengan melepaskan P anorganik, mengubah kelarutan senyawa P anorganik, oksidasi atau reduksi senyawa P anorganik, dan juga dalam immobilisasi P (Fitriatin *et al.* 2013). Menurut Suriadikarta dan Simanungkalit (2006), selain berguna dalam transformasi unsur P, mikroba pelarut fosfat juga menghasilkan sejumlah besar fosfat

terlarut sebagai kelebihan dari pasokan nutrisinya ke dalam larutan tanah. Pelarutan senyawa fosfat oleh mikroba pelarut fosfat berlangsung secara kimia dan biologis baik untuk bentuk fosfat organik maupun anorganik. Dengan pelarutan fosfat oleh mikroba tersebut, maka fosfat tersedia dalam tanah meningkat dan dapat diserap oleh akar tanaman.

Penelitian ini bertujuan untuk mengkaji pengaruh amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap beberapa sifat kimia dan populasi jamur pelarut fosfat Inceptisols Cilembu.

Bahan dan Metode

Penelitian dilaksanakan di Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumber Daya Lahan, Fakultas Pertanian, Universitas Padjadjaran.

Rancangan percobaan yang digunakan adalah Rancangan Acak Lengkap (RAL) faktorial dengan dua ulangan. Faktor pertama adalah amelioran partikel nano batuan fosfat (b) dan faktor kedua adalah jamur pelarut fosfat (h). Pengamatan dilakukan terhadap beberapa parameter yaitu: pH (metode elektrometri), P-tersedia (metode Olsen), KTK (metode destilasi atau kolorimetri), dan populasi jamur pelarut fosfat dengan metode pengenceran serial.

Data hasil pengukuran parameter sifat kimia tanah kemudian dianalisis secara statistik menggunakan IBM SPSS *Statistics* versi 25. Apabila hasil analisis varians menunjukkan pengaruh mandiri maupun pengaruh interaksi, dilanjutkan dengan uji beda nilai rata-rata Duncan pada taraf nyata $\alpha = 5\%$. Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi taraf perlakuan percobaan

Table 1. Combination of experimental treatment levels

Taraf Batuan Fosfat	Taraf Jamur Pelarut Fosfat	
	h_0	h_1
b_0	b_0h_0	b_0h_1
b_1	b_1h_0	b_1h_1
b_2	b_2h_0	b_2h_1
b_3	b_3h_0	b_3h_1

Keterangan:

b_0 = tanpa amelioran batuan fosfat

b_1 = batuan fosfat 2 % dari 1 kg berat tanah (20 g)

b_2 = batuan fosfat 4 % dari 1 kg berat tanah (40 g)

b_3 = batuan fosfat 6 % dari 1 kg berat tanah (60 g)

h_0 = tanpa perlakuan

h_1 = jamur pelarut fosfat 10 g polibeg⁻¹

Pelaksanaan penelitian terdiri atas beberapa tahapan yaitu:

- 1) Seleksi lokasi di tujuh lokasi sentra ubi jalar, pada lokasi tersebut dilakukan pengambilan sampel tanah untuk keperluan analisis laboratorium. Sampel tanah yang dipilih untuk penelitian adalah sampel tanah yang berasal dari Dusun Cijolang, Desa Cilembu, Kabupaten Sumedang. Berdasarkan hasil analisis Inceptisols Cilembu mengandung mineral liat Halosit yang merupakan mineral liat kristalin aluminosilikat tipe 1 : 1.
- 2) Batuan fosfat diperoleh dari PT Pijar Nusa Pasifik, Klampis Jaya, Surabaya Jawa Timur. Selanjutnya dibuat dalam ukuran nano di Laboratorium Sistem Instrumentasi dan proses Fungsional Material pada Pusat Riset Nanoteknologi dan Graphene, Fakultas MIPA Universitas Padjadjaran.

Tabel 2. Kandungan beberapa unsur di dalam batuan fosfat

Table 2. Concentration of selected elements in phosphate rock

Parameter	Hasil (%)
P ₂ O ₅	25,90
CaO	42,30
Al ₂ O ₃	1,37
Fe ₂ O ₃	8,71

- 3) Isolasi jamur pelarut fosfat dilakukan dari Inceptisols Cilembu. Untuk isolasi dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah, Universitas Padjadjaran. Jamur diseleksi dari lokasi budidaya ubi jalar Cilembu untuk mendapatkan mikroba *indigenous* unggul sebagai inokulan yang akan diaplikasikan pada percobaan laboratorium.

Pada kegiatan isolasi ini terpilih 1 isolat berdasarkan luas zona bening yang dihasilkan. Isolat kemudian diidentifikasi dimana isolat termasuk genus *Penicillium* SP. Populasi JPF pada bahan pembawa padat sebanyak 73×10^3 cfu g⁻¹.

- 4) Persiapan media untuk inkubasi dilakukan dengan menyiapkan sampel tanah yang diambil dari beberapa titik pada kedalaman 0-60 cm, kemudian dicampurkan dan disaring dengan ayakan 2 mm untuk memperoleh partikel tanah dengan butir homogen.
- 5) Sampel tanah ditimbang sebanyak 1 kg untuk diperlakukan dengan amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat. Tanah, amelioran dan jamur pelarut fosfat dari tiap-tiap perlakuan diaduk secara merata kemudian dimasukkan ke dalam polibeg dan diinkubasi selama 1 bulan.
- 6) Pengambilan sampel untuk analisis dilakukan dengan mengambil sampel dari setiap polibeg sebanyak 90 g

untuk analisis laboratorium. Sampel tanah lain yang masih diinkubasi secara berkala dilakukan penimbangan berat tanah. Jika terjadi penurunan berat tanah selama inkubasi maka dilakukan pemberian air hingga mencapai berat tanah awal (dalam kondisi kapasitas lapang).

Analisis Awal Kimia Tanah

Tanah yang digunakan untuk penelitian ini adalah Inceptisols di 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. Tanah ini terpilih dari beberapa lokasi sentra yang menghasilkan produksi unggulan spesifik ubi jalar Cilembu. Tanah diambil pada lokasi kebun pada kedalaman 0-60 cm, pada beberapa titik di perkebunan tersebut. Tanah ini selanjutnya dibawa ke Laboratorium Fisika Tanah Departemen Ilmu Tanah dan Sumberdaya Lahan Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran untuk dilakukan analisis kimia serta analisis fisika (tekstur tanah).

Tabel 3. Hasil analisis Inceptisols cilembu

Table 3. Cilembu Inceptisols analysis results

No	Parameter	Hasil	Kriteria
1	pH H ₂ O	5,64	Agak Masam
2	pH KCl	3,58	Masam
3	C-organik (%)	1,31	Rendah
4	C/N	7,71	Rendah
5	P-tersedia (ppm)	10,72	Rendah
6	KTK (cmol _c kg ⁻¹)	16,72	Rendah
7	Tekstur		
	• Pasir	5	
	• Debu	30	Liat
	• Liat	65	

Kriteria: Balai Penelitian Tanah (2009).

Hasil dan Pemahasan

Kemasaman Tanah (pH)

Hasil analisis penelitian pH (5,64) tanah awal masuk dalam kriteria agak masam. Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap nilai pH.

Pemberian amelioran partikel nano batuan fosfat secara mandiri berpengaruh nyata meningkatkan nilai pH, dimana rata-rata tertinggi yaitu perlakuan dengan dosis 60 g (b₃, amelioran partikel nano batuan fosfat) yakni sebesar 6,55 unit. Nilai tersebut berbeda nyata dengan perlakuan

Tabel 4. Pengaruh amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap pH

Table 4. Effect of ameliorant nano particle of phosphate rocks and phosphate-solublizing fungi on pH

Nano Partikel Batuan Fosfat (b)	pH (Unit)		Rata-rata faktor (b)
	Jamur Pelarut Fosfat (h)		
	h ₀ = Tanpa JPF	h ₁ = JPF 10 g	
b ₀ = Tanpa Batuan fosfat	5,42	5,40	5,41 a
b ₁ = Batuan fosfat 2%	5,98	5,85	5,91 b
b ₂ = Batuan fosfat 4%	6,40	6,16	6,28 c
b ₃ = Batuan fosfat 6%	6,66	6,45	6,55 d
Rata-rata faktor (h)	6,11 a	5,96 a	

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%

dengan dosis yang lebih rendah, serta perlakuan kontrol yaitu tanpa pemberian amelioran partikel nano batuan fosfat yang menunjukkan hasil terendah diantara semua perlakuan (Tabel 4).

Menurut Maryanto dan Abubakar (2010) batuan fosfat mampu menaikkan pH tanah melalui penurunan konsentrasi ion H⁺ di dalam tanah. Penurunan konsentrasi ion H⁺ tersebut disebabkan oleh adanya reaksi antara batuan fosfat dengan ion H⁺ dalam tanah. Semakin tinggi dosis batuan fosfat, maka semakin tinggi ion H⁺ yang diperlukan, sehingga pH tanah akan meningkat.

Berdasarkan hasil analisis awal, amelioran partikel nano batuan fosfat mengandung total P₂O₅ sebesar 25,90% dan CaO sebesar 42,30%. Kandungan P₂O₅ dan CaO dalam batuan fosfat mempengaruhi persentase pH tanah. P₂O₅ dan CaO mengikat ion H⁺ sehingga kandungan OH⁻ meningkat yang menjadikan pH naik (Anne 2017).

Berdasarkan Tabel 4 pemberian jamur pelarut fosfat tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai pH. Hasil analisis statistik menunjukkan nilai pH dengan perlakuan jamur pelarut fosfat 10 g (5,96 unit) lebih rendah dibandingkan dengan kontrol (6,11 unit), hal ini diduga karena asam organik yang dihasilkan oleh jamur pelarut fosfat dan dekomposisi bahan organik di dalam tanah sehingga akan melepaskan CO₂ yang akan membentuk asam karbonat dan melepaskan H⁺ ke dalam larutan tanah yang menyebabkan penurunan pH tanah (Rizky *et al.* 2014). Semakin tinggi kadar ion H⁺ di dalam tanah, maka akan semakin masam reaksi tanah tersebut.

Meningkatnya kadar ion H⁺ di dalam tanah (pH semakin asam) dikarenakan MPF (Mikroorganisme Pelarut Fosfat) yang mampu menghasilkan asam-asam organik dan dekomposisi bahan organik yang mampu meningkatkan keasaman di dalam tanah.

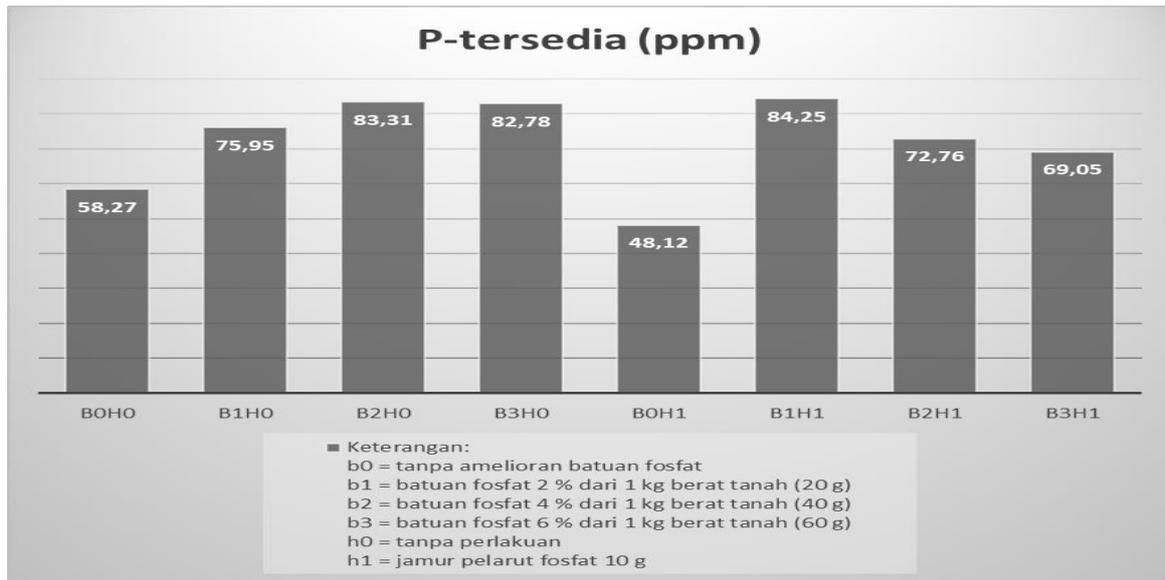
P-tersedia

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap nilai P-tersedia. Pemberian amelioran partikel nano batuan fosfat menunjukkan nilai P-tersedia dalam tanah termasuk kategori tinggi sampai sangat tinggi. Apabila dibandingkan dengan P-tersedia analisis tanah awal (10,73 ppm) secara keseluruhan terjadi peningkatan.

Hasil analisis menunjukkan perlakuan amelioran partikel nano batuan fosfat memberikan pengaruh nyata terhadap peningkatan nilai P-tersedia (Gambar 1). Perlakuan dengan dosis 20 g (b₁, amelioran nano partikel batuan fosfat) dan jamur pelarut P memberikan nilai rata-rata terbaik sebesar 84,25 ppm. Hal ini disebabkan penambahan batuan fosfat dengan kandungan P₂O₅ sebesar 25,90% sebagai sumber P dapat menghambat retensi P dan menambah pasokan unsur P dalam tanah, sehingga P akan tersedia (Arifin *et al.* 2017).

Disamping itu karena penggunaan pupuk batuan fosfat yang berukuran nano (1 nm = 10⁻⁹ m) memiliki nilai perbandingan antara luas permukaan dan volume yang lebih besar jika dibandingkan dengan partikel sejenis dalam ukuran besar, sehingga membuat nano partikel bersifat lebih reaktif, serta hanya dibutuhkan dalam jumlah yang lebih sedikit (Suwarda dan M. Syamsul Maarif 2011).

Berdasarkan hukum aksi massa, pelarutan batuan fosfat akan meningkat dengan makin menurunnya aktivitas ion Ca²⁺ dan menurunnya konsentrasi P dalam tanah. Penurunan konsentrasi ion Ca²⁺ dalam tanah akan meningkatkan konsentrasi ion H₂PO₄⁻ sehingga tersedia dalam tanah. Unsur P dalam batuan fosfat terikat dalam bentuk Ca-P, dalam kondisi tanah masam akan bereaksi dengan H⁺ dan terlepas dalam bentuk H₂PO₄⁻ sehingga



Gambar 1. Pengaruh amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap P-tersedia di dalam tanah selama satu bulan inkubasi

Figure 1. Effect of ameliorant nano particle of phosphate rocks and phosphate solubilizing fungi on soil available P during a month incubation

tersedia dalam tanah (Joko 2010). Unsur P dalam batuan fosfat terikat oleh Ca dengan penambahan reaksi H^+ terlepas dalam bentuk $H_2PO_4^-$ sehingga tersedia dalam tanah (Joko dan Ismangi 2010).

Berdasarkan hasil analisis statistik pemberian jamur pelarut fosfat tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap peningkatan nilai P-tersedia. Hal ini diduga karena rendahnya kandungan C-organik di dalam tanah yang menyebabkan pertumbuhan dan aktivitas JPF menjadi tidak maksimal. Menurut Pawar dan Thaker (2009) sumber karbon sangat mempengaruhi pertumbuhan dan aktivitas jamur pelarut fosfat dimana semakin tinggi konsentrasi sukrosa yang diberikan maka pertumbuhannya akan maksimal.

Kapasitas Tukar Kation (KTK)

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa tidak terjadi interaksi antara amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap nilai kapasitas tukar kation. Pemberian amelioran partikel nano batuan fosfat menunjukkan nilai kapasitas tukar kation dalam tanah termasuk kategori rendah. Apabila dibandingkan dengan kapasitas tukar kation pada analisis tanah awal ($16,72 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) secara keseluruhan terjadi peningkatan.

Berdasarkan Tabel 5, pemberian nano amelioran batuan fosfat tidak memberikan pengaruh yang nyata terhadap nilai kapasitas tukar kation tanah, namun ada peningkatan nilai kapasitas tukar kation jika dibandingkan

dengan nilai kapasitas tukar kation pada analisis tanah awal dan kontrol. Hasil analisis statistik menunjukkan perlakuan dengan dosis 2% (b₁, amelioran nano partikel batuan fosfat 20 g) memberikan nilai rata-rata tertinggi sebesar $17,08 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$, sedangkan kontrol atau tanpa perlakuan memberikan nilai rata-rata sebesar $16,73 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$.

Menurut Hardjowigeno (2010) nilai kapasitas tukar kation tanah dipengaruhi oleh kandungan bahan organik dan jenis liat. Tanah-tanah dengan kandungan bahan organik atau kandungan liat yang tinggi akan memiliki nilai kapasitas tukar kation yang lebih tinggi daripada tanah-tanah dengan kandungan bahan organik yang rendah dan tanah-tanah yang berpasir.

Berdasarkan hasil analisis awal mineral liat, haloisit menjadi mineral liat yang mendominasi tanah penelitian. Menurut Grim (1968) haloisit ($4H_2O$) mempunyai kapasitas tukar kation sebesar $0,4-0,5 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Karena jumlahnya yang sedikit di dalam tanah, maka sumbangannya terhadap kapasitas tukar kation tanah juga kecil. Hanafiah (2005) mengungkapkan bahwa peningkatan kapasitas tukar kation dipengaruhi peningkatan pH dengan meningkatkan muatan negatif, sementara nilai pH pada penelitian ini tergolong masam sampai agak masam sehingga perlakuan amelioran nano partikel batuan fosfat tidak berpengaruh terhadap mineral haloisit dalam tanah yang mempunyai ikatan kuat oleh H^+ .

Pemberian jamur pelarut fosfat memberikan pengaruh mandiri terhadap nilai kapasitas tukar kation dengan nilai rata-rata 17,26 cmol_c kg⁻¹. Rendahnya kandungan bahan organik didalam tanah menyebabkan aktivitas mikroba ini tidak optimal. Menurut Raiesi dan Ghollarata (2006) ketersediaan C dapat menjadi faktor pembatas terhadap aktivitas mikroba dimana ketersediaan P dan C secara bersamaan membatasi respirasi mikroba di dalam tanah tetapi ketersediaan C jauh lebih penting dibandingkan ketersediaan P untuk aktivitas mikroba tersebut.

Populasi Jamur Pelarut Fosfat (JPF)

Hasil uji statistik menunjukkan tidak terjadi interaksi antara amelioran nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap populasi jamur pelarut fosfat.

Pada Tabel 6 terlihat, bahwa perlakuan nano amelioran batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat tidak memiliki pengaruh yang nyata pada variabel yang diamati. Hal ini terjadi karena aktivitas dan kepadatan populasi mikroba tanah ditentukan oleh perubahan kondisi fisika dan kimia tanah (Spedding *et al.* 2003), jenis tanaman yang

dibudidayakan, nutrisi tanah, pH, kelembaban, bahan organik (Ponmurugan dan Gopi 2006), serta teknik budidaya yang diterapkan (Mehrvarz *et al.* 2008).

Jamur dapat berkembang dengan cepat apabila berada dalam kondisi yang diinginkan. Menurut Ginting (2006), pertumbuhan mikroorganisme pelarut fosfat sangat dipengaruhi oleh kemasaman tanah. Pada tanah masam, aktivitas mikroorganisme dipengaruhi oleh kelompok fungi sebab pertumbuhan fungi optimum pada pH 5-5,5. Pertumbuhan fungi menurun dengan meningkatnya pH.

Jamur merupakan mikroba heterotrof yang membutuhkan sumber karbon dan energi berupa bahan organik dari lingkungannya (Lubis 2010). Rendahnya C-organik didalam tanah mempengaruhi keberadaan fungi didalam tanah. Hal ini sesuai dengan pernyataan Yulineri *et al.* (2001) yang menyatakan bahwa kualitas dan kuantitas bahan organik yang ada dalam tanah mempunyai pengaruh langsung terhadap populasi fungi di dalam tanah karena fungi umumnya bersifat heterotropik.

Tabel 5. Pengaruh pemberian amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap kapasitas tukar kation

Table 5. Effect of ameliorant nano particle of phosphate rocks and phosphate solublizing fungi on cation exchange capacity

Nano Partikel Batuan Fosfat (b)	KTK (cmol _c kg ⁻¹)		Rata-rata faktor (b)
	Jamur Pelarut Fosfat (h)		
	h ₀ = Tanpa JPF	h ₁ = JPF 10 g	
b ₀ = Tanpa Batuan fosfat	17,03	16,43	16,73 a
b ₁ = Batuan fosfat 2%	16,98	17,18	17,08 a
b ₂ = Batuan fosfat 4%	16,22	17,28	16,75 a
b ₃ = Batuan fosfat 6%	15,69	18,12	16,91 a
Rata-rata faktor (h)	16,48 a	17,26 b	

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%

Tabel 6. Pengaruh pemberian amelioran nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat terhadap populasi jamur pelarut fosfat

Table 6. Effect of ameliorant nano particle of phosphate rocks and phosphate solublizing fungi on population of phosphate solublizing fung

Nano Partikel Batuan Fosfat (b)	Populasi Jamur Pelarut Fosfat (x 10 ³ CFU g ⁻¹)		Rata-rata faktor (b)
	Jamur Pelarut Fosfat (h)		
	h ₀ = Tanpa JPF	h ₁ = JPF 10 g	
b ₀ = Tanpa Batuan fosfat	42	26	34 a
b ₁ = Batuan fosfat 2%	24	24	24 a
b ₂ = Batuan fosfat 4%	27	11	19 a
b ₃ = Batuan fosfat 6%	33	29	31 a
Rata-rata faktor (h)	31,50 a	22,50 a	

Keterangan: Angka rata-rata yang diikuti huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji jarak berganda Duncan pada taraf 5%

Kesimpulan

Interaksi antara aplikasi amelioran partikel nano batuan fosfat dan jamur pelarut fosfat tidak signifikan terhadap parameter yang diamati. Aplikasi amelioran partikel nano batuan fosfat berpengaruh nyata terhadap peningkatan pH-H₂O dan P-tersedia. Aplikasi jamur pelarut fosfat berpengaruh secara signifikan dalam meningkatkan nilai kapasitas tukar kation.

Ucapan Terima Kasih

Kami sampaikan ucapan terima kasih kepada Tim Academic Leadership Grant (ALG) Prof. Dr. Mahfud Arifin, Ir., M.S yang telah memberikan bantuan riset tahun 2019.

Daftar Pustaka

- 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.
- Arifin M, Anni Y, Dewi D. 2017. Pengaruh abu vulkanik Gunung Sinabung dan batuan fosfat dalam bentuk nanopartikel terhadap retensi P, delta pH, dan kejenuhan basa pada Andisols Ciater, Jawa Barat. *Jur. Agroekotek*. 9(1):75–85.
- Chaudhry Q, Scotter, Watkins R. 2008. Applications and implications of nanotechnologies for the food sector. *Food Additives and Contaminants*. 25(3):241-58.
- Fitriatin BN, Yuniarti A, Turmuktini T. 2013. Pagaruh Mikroba Pelarut Fosfat Penghasil Zat Pengatur Tumbuh terhadap Fosfat Tanah, Pertumbuhan dan Hasil Jagung serta Efisiensi Pupuk P pada Tanah Marginal. Laporan Penelitian. Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Padjadjaran. Jatinangor, Sumedang.
- Garcia M, Forbe T, Gonzales E. 2010. Potential applications of nanotechnology in the agrofood sector. *Ciência e Tecnologia de Alimentos*. 30(3):573-81.
- Ginting RC, Badia R, Saraswati, Husen EF. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 144-146.
- Grim RE. 1968. *Clay Mineralogy*. McGraw-Hill. New York, 596 pp.
- Hanafiah AS, Sabrina T, Guchi H. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Hanafiah, KA. 2005. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Hardjowigeno S. 2010. *Ilmu Tanah*. Jakarta: Akademika Pressindo.
- 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.
- Marta Ritonga, Bintang, Mariani S. 2015. Perubahan bentuk P oleh mikroba pelarut fosfat dan bahan organik terhadap P-tersedia dan produksi kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada Tanah Andisol terdampak erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4(1):1641-1650.
- Maryanto, Abubakar. 2010. Pengaruh konsentrasi pupuk hayati majemuk dan batuan fosfat alam terhadap serapan P tanaman selada (*Lactuca sativa* L) di tanah Andisols. *J Agrovigor*. 3(2):110-117.
- Mehrvarz S, Chaichi MR, Alikhani HA. 2008. Effect of phosphate solubilizing microorganisms and phosphorus chemical fertilizer on yield and yield components of barely (*Hordeum vulgare* L.). *American-Eurasian J. Agric. Environ. Sci*. 3(6):822-828.
- Pawar VC, Thaker VS. 2009. Acid phosphatase and invertase activities of *Aspergillus niger*. *Mycoscience*. 50:323-330.
- Ponmurugan P, Gopi. 2006. distribution pattern and screening of phosphate solubilizing bacteria isolated from different food and forage crops. *Journal of Agronomy. Asian Network for Scientific Information* 5(4):600-604.
- Rachim AD, Arifin M. 2011. *Dasar-dasar Klasifikasi Taksonomi Tanah*. Pustaka Reka Cipta, Bandung.
- Raiesi F, Ghollarata M. 2006. Interactions between phosphorus availability and an AM Fungus (*Glomus intraradices*) and their effects on soil microbial respiration, biomass and enzyme activities in a Calcareous Soil. *Pedobiologia*. 50:413-425.
- Rizky MN, Sabrina T, Fauzi. 2014. Pemanfaatan jamur pelarut fosfat dan mikoriza untuk meningkatkan ketersediaan dan serapan P tanaman jagung pada tanah alkalin. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2(3):1003-1010.
- Suwarda R, Syamsul M. 2011. Pengembangan Inovasi Teknologi Nanopartikel Berbasis Pati Untuk Menciptakan Produk yang Berdaya Saing. *Jurnal Teknik Industri* ISSN: 1411-6340.
- Sanjotha P, Mahantesh, dan Patil CS. 2011. Isolation and screening of efficiency of phosphate solubilizing microbes. *International Journal of Microbiology Research*. 3:56-58.

- Spedding TA, Hamel C, Mehuys GR, Madramootoo CA. 2003. Soil microbial dynamics in maize-growing soil under different tillage and residue management systems. *Soil Biology & Biochemistry*. 36(2004):499-512.
- Suciatmih. 2006. Isolasi dan Uji Pelarutan Fosfat serta Degradasi Selulosa dari Jamur Tanah Hutan Bekas Terbakar Wanariset-Semboja, Kalimantan Timur. Bogor: Pusat Penelitian Biologi, LIPI.
- Suriadikarta DA, Simanungkalit RDM. 2006. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor.
- Quintanilla-Carvajal M, Camacho-Díaz, Gutiérrez-López. 2010. Nanoencapsulation: a new trend in food engineering processing. *Food Engineering Reviews*. 2(1):39-50.
- Yulineri T, Suciatmih, Suharna N. 2001. Pengaruh pemupukan dan vegetasi terhadap keberadaan jamur tanah di lahan bekas penambangan emas yang direklamasi pada daerah Cimanggu dan Bojong Pari, Jampang Sukabumi. *Berkala Penelitian Hayati*. 7(1):47-51.