

EFEK RESIDU ABU VULKANIK KELUD DAN BAHAN ORGANIK TERHADAP KETERSEDIAAN DAN KADAR MAGNESIUM PADA JAGUNG DI TANAH ALFISOL

Suntoro¹⁾, Hery Widijanto¹⁾, Aziz Syaffifuddin²⁾

¹⁾ Staff Pengajar Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

²⁾ Mahasiswa Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sebelas Maret Surakarta

Contact Author: Suntoro_uns@yahoo.com

ABSTRACT

New Kelud volcanic ash will have negative effects on crops. After incubated in a certain period, Kelud volcanic ash will mineralized so thus nutrients become available to plants. This study aimed to determine the effects of Kelud volcanic ash residues and organic matter to the availability and magnesium contents in maize on the Alfisols. This study was conducted in a greenhouse using a completely randomized design with two factors. The first factor is the thickness of the Kelud volcanic ash (0, 2, 4, and 6 cm), while the second factor is the dose of cow manure (0; 2.5; and 5 ton ha⁻¹), this treatment was repeated 3 times. The results of this study showed that these treatment combinations kelud volcanic ash residues and organic matter effect on Magnesium availability but didn't affect on other variable. The thickness of Kelud volcanic ash effect magnesium contents in the plant tissue, soil pH, CEC, and chlorophyll, whereas the dose of cow manure didn't effect to all variables.

Keywords: kelud volcanic ash, cow manure, alfisols

JOURNAL AGRONOMY RESEARCH

Suntoro, Widijanto H, Syaffifuddin A. 2016. Efek residu abu vulkanik kelud dan bahan organik terhadap ketersediaan dan kadar magnesium pada jagung di tanah alfisol. J. Agro Res 5(2): 20-24.

Suntoro, Widijanto H, Syaffifuddin A. 2016. Redidual effect of kelud volcanic ash and organic matter to magnesium availability and contents of maize on alfisols. J. Agro Res 5(2):20-24.

PENDAHULUAN

Abu vulkanik merupakan hasil erupsi gunung berapi yang berbentuk debu yang memiliki kandungan unsur hara yang tinggi. Pada penelitian pertama yang dilakukan oleh Suntoro et al. (2014) tentang pengaruh abu vulkanik kelud dan penambahan bahan organik terhadap ketersediaan dan serapan Magnesium (Mg) pada jagung di tanah alfisol disebutkan bahwa dosis abu vulkanik dan penambahan bahan organik masing-masing berpengaruh nyata terhadap ketersediaan dan serapan Mg tetapi kombinasi keduanya tidak menimbulkan interaksi yang signifikan. Hal ini menunjukkan bahwa walaupun keduanya berpengaruh nyata dalam peningkatan Mg tertukar namun mekanisme peningkatannya berbeda.

Magnesium merupakan unsur hara makro esensial sekunder, sehingga banyak dibutuhkan oleh tanaman dan fungsinya tidak dapat digantikan oleh unsur hara lain (Allen, David 2007). Magnesium mempunyai peran penting dalam tanaman termasuk sebagai co-factor enzim untuk peroksida (POX), enzim untuk ketahanan tanaman, Rubisco (ribulose-1,5-bisphosphate carboxylase/oxygenase), enzim utama dalam fotosintesis (Hawkesford et al. 2012 Cit. Martins et al. 2015), molekul klorofil, kofaktor enzimatis yang terkait fosforilasi, defosforilasi, dan hidrolisis berbagai senyawa dan elemen penghubung untuk agregasi dari subunit ribosome yang digunakan untuk sintesis protein (Marchner 1995 Cit. Chou et al. 2011). Kehilangan Mg didalam tanah disebabkan oleh Curah hujan yang tinggi di daerah tropis, toksisitas aluminium, stres panas, tanah kering, dan persaingan elemen tingkat tinggi,

seperti K, kalsium (Ca), amonium (NH₄), dan natrium (Na) (Guo et al. 2015).

Abu vulkanik yang masih baru akan menimbulkan pengaruh yang negatif terhadap tanaman. Hal ini dikarenakan mineral primer pada abu vulkanik belum melapuk sehingga unsur hara belum tersedia bagi tanaman. Penelitian lebih lanjut, perlu dilakukan karena abu vulkanik yang diinkubasi dalam jangka waktu tertentu akan termineralisasi dan menghasilkan unsur hara yang tersedia bagi tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui efek residu abu vulkanik kelud dan bahan organik terhadap ketersediaan dan kadar Magnesium pada jagung di tanah alfisol.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilakukan di rumah kaca dan Laboratorium kimia dan kesuburan tanah Fakultas Pertanian Universitas Sebelas Maret. Penelitian ini dilaksanakan pada bulan Agustus 2015 sampai Januari 2016. Media tanam yang digunakan pada penelitian adalah campuran tanah alfisol, abu vulkanik, dan pupuk kandang diperoleh dari penelitian tahun pertama yang telah diinkubasi selama 8 bulan.

Alat yang digunakan antara lain, polibag ukuran 45cm x 45cm, oven, erlenmeyer, alat ukur, timbangan analitik, dan peralatan laboratorium. Bahan yang digunakan yaitu abu vulkanik Kelud, pupuk kandang sapi, benih jagung varietas Bisi-2, tanah Alfisol, dan bahan kimia laboratorium. Penelitian ini menggunakan Rancangan Acak Lengkap Lengkap (RAL), terdiri dari dua faktor yaitu ketebalan abu vulkanik Kelud ketebalan 0 cm (A0) sebagai kontrol; ketebalan 2 cm (A1); ketebalan 4 cm (A2); ketebalan 6 cm (A3), dan dosis pupuk kandang 0 ton ha⁻¹ (P0) sebagai kontrol; 2,5 ton ha⁻¹ (P1); dan 5 ton ha⁻¹ (P2). Kombinasi perlakuan

*Fak. Pertanian UNS Surakarta
Jl. Ir. Sutami 36 A Surakarta

yang didapat sebanyak 12, dengan ulangan sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 36 unit perlakuan.

Tahapan penelitian meliputi persiapan media tanam, penanaman, pemeliharaan, pemanenan, dan analisis laboratorium. Pengamatan peubah utama meliputi magnesium tersedia tanah menggunakan metode ekstraksi amonium acetat pH 7 dan kadar magnesium

jagung menggunakan metode pengabuan basah, Kapasitas Tukar Kation, pH, dan klorofil. Analisis data dalam penelitian ini menggunakan uji F taraf kepercayaan 95%, dan apabila perlakuan berpengaruh nyata dilanjutkan dengan uji jarak berganda Duncan taraf kepercayaan 95%.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kondisi Tanah Awal

Penelitian ini merupakan penelitian lanjutan dari penelitian sebelumnya yang berjudul pengaruh abu vulkanik kelud dan pupuk kandang terhadap ketersediaan dan serapan magnesium pada jagung di tanah alfisol. Penelitian yang dilakukan Suntoro et al. (2014) dijelaskan bahwa tanah alfisol (Tabel 1) memiliki pH yang agak masam, KTK sedang, dan Magnesium tertukarnya rendah. Analisis abu vulkanik dan pupuk kandang (Tabel 2) dijelaskan bahwa abu vulkanik memiliki pH agak masam dengan kandungan magnesium total 0,04%, sedangkan untuk pupuk kandang memiliki kandungan magnesium total 0,96%.

Pada analisis tanah akhir suntoro et al. (2014) menjelaskan bahwa ketebalan abu vulkanik kelud dan pupuk kandang mampu meningkatkan ketersediaan

Magnesium di dalam tanah dengan nilai rata-rata 0,448 - 0,593 cmol/kg untuk ketebalan abu vulkanik dan 0,45-0,57 cmol(+)/kg untuk dosis pupuk kandang. Kedua perlakuan juga mampu meningkatkan serapan Magnesium oleh akar tanaman dengan rata-rata penyerapannya 4,2-10,8 g/tanaman untuk perlakuan tebal abu vulkanik dan 4,58-9,14 g/tanaman untuk perlakuan dosis pupuk kandang. Abu vulkanik memberikan pengaruh pada KTK tanah, dimana tanah yang mengandung abu vulkanik dengan ketebalan 6 cm memiliki KTK yang rendah (18,18 cmol(+)/kg) dibanding kontrol (29,9 cmol(+)/kg). Selain itu abu vulkanik mampu meningkatkan pH tanah, dimana tanah dengan ketebalan abu 6 cm memiliki pH lebih tinggi (6,57) dibanding kontrol (6,23).

Tabel 1 Karakteristik tanah alfisol sebelum perlakuan

Sifat Kimia Tanah	Hasil	Satuan	Pengharkatan
Bahan Organik	0,18	%	Sangat rendah*
pH	5,78	-	Agak masam*
KTK	24,80	cmol(+) kg ⁻¹	Sedang*
K tertukar	0,49	cmol(+) kg ⁻¹	Sedang*
Ca tertukar	1,28	cmol(+) kg ⁻¹	Rendah*
Mg tertukar	0,91	cmol(+) kg ⁻¹	Rendah*
S terlarut	0,27	cmol(+) kg ⁻¹	Sedang**

Keterangan : * Pengharkatan Menurut Balai Penelitian Tanah (2005)

**Pengharkatan Menurut Amacher et al. (2007)

Sumber : Suntoro et.al (2014)

Tabel 2 Karakteristik Abu Vulkanik Kelud dan pupuk kandang sapi

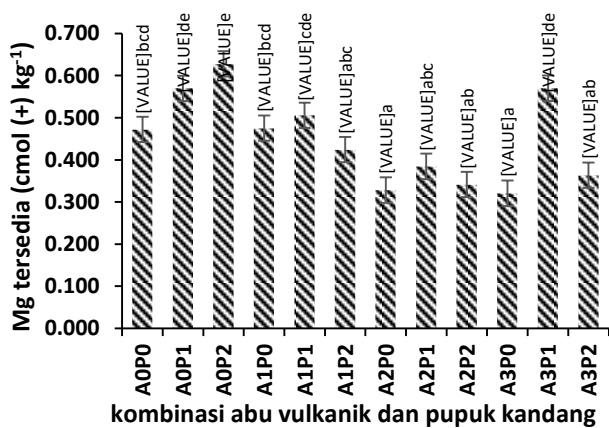
Variabel pengamatan	Abu Vulkanik	Pupuk Kandang Sapi
pH	6,58	-
K Total	1,03 cmol(+) kg ⁻¹	0,04%
Mg Total	3,83 cmol(+) kg ⁻¹	0,09%
Ca Total	18,56 cmol(+) kg ⁻¹	0,70%
S Total	225,83 ppm	0,02%

Sumber : Suntoro et.al (2014)

B. Ketersediaan magnesium

Magnesium tersedia

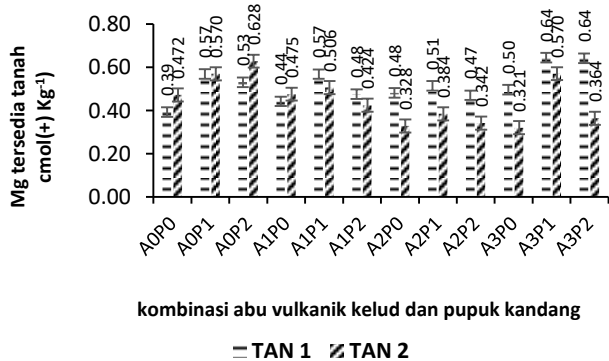
Magnesium di dalam tanah didistribusikan diantara mineral primer, mineral sekunder, dan Magnesium tertukar yang tertahan di kompleks pertukaran (Opfergelt et al. 2012). Persyaratan Mg untuk pertumbuhan tanaman optimal adalah 1,5-3,5 g per kg di bagian vegetatif, dan konsentrasi Mg dalam solum tanah terletak antara 125 $\mu\text{mol L}^{-1}$ dan 8,5 mmol L^{-1} , nilai yang cukup untuk mendukung pertumbuhan tanaman (Karley, White 2009).



Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 95%.

Gambar 1 Interaksi abu vulkanik Kelud dan pupuk kandang terhadap Mg tersedia

Berdasarkan uji F terhadap Mg tersedia menunjukkan bahwa kombinasi abu vulkanik kelud dan pupuk kandang yang berpengaruh sangat nyata ($P < 0.05$) terhadap ketersediaan magnesium. Uji Duncan dengan taraf 95% menunjukkan bahwa kombinasi abu vulkanik dan pupuk kandang dengan perlakuan tanpa ketebalan abu dan pupuk kandang 5 ton/ha lebih baik dibanding dengan perlakuan dengan penambahan abu. dalam penyediaan magnesium dalam tanah. Hal ini menunjukkan bahwa abu vulkanik masih belum dapat termineralisasi dengan baik karena penelitian yang sebelumnya yang dilakukan Ahmad dan Hadi (2015) menyatakan bahwa Magnesium yang terkandung dalam abu vulkanik kelud adalah 0,51 cmol(+) kg-1 sedangkan pada penelitian ini belum mencapai nilai tersebut. Selain bersumber dari abu vulkanik, Magnesium juga banyak terkandung didalam bahan organik. Bahan organik dapat meningkatkan kapasitas menahan air, daya larut unsur hara P, K, Ca, Mg (Hayes, Clapp 2001), peningkatan kondisi daerah perakaran (struktur, kelembaban dan lain-lain), peningkatan populasi mikroorganisme (Shaheen et al. 2007 Cit. Mofunanya et al. 2014), dan meningkatkan kualitas dan kuantitas hasil tanaman (Aisha et al. 2014).



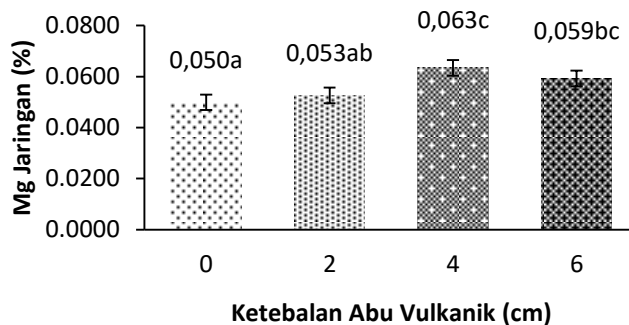
Gambar 2 Kondisi magnesium tersedia pada musim tanam pertama dan musim tanam kedua

Berdasarkan Gambar 3 dapat dijelaskan bahwa pada musim tanam pertama memiliki rataan ketersediaan magnesium paling tinggi. Hal ini

dikarenakan pada saat musim tanam pertama pupuk kandang yang diberikan untuk perlakuan memiliki kandungan Magnesium yang cukup tinggi dibandingkan musim tanam kedua. Penurunan ketersediaan magnesium ini dikarenakan pupuk kandang memiliki tingkat dekomposisi yang tinggi sehingga mudah dalam penyediaan hara dibandingkan dengan abu vulkanik. Menurut hartatik dan widodadi (2006) menjelaskan bahwa pupuk kandang sapi yang telah mengalami pengomposan memiliki C/N ratio dibawah 20.

Magnesium dalam jaringan tanaman

Magnesium diserap oleh tanaman dengan cara aliran massa. Aliran massa ini dapat dihitung dari tingginya konsentrasi Mg di dalam tanah dan jumlah air yang ditranspirasikan oleh tanaman (Gerendas, Fuhr 2013). Berdasarkan uji F terhadap Magnesium jaringan tanaman menunjukkan bahwa abu vulkanik memberikan pengaruh sangat nyata terhadap Magnesium di dalam jaringan tanaman ($P < 0,05$).



Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 95%.

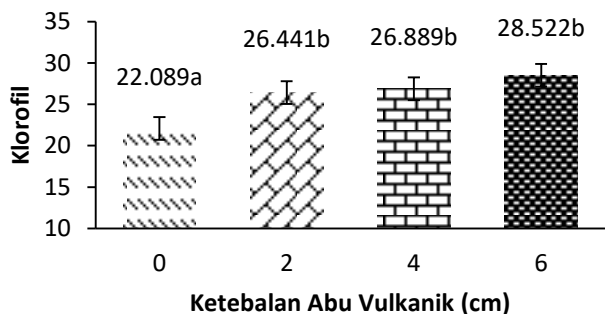
Gambar 3 Pengaruh ketebalan abu vulkanik Kelud terhadap Magnesium dalam jaringan tanaman

Uji Duncan dengan taraf 95% menunjukkan bahwa abu vulkanik kelud dengan ketebalan 4 cm mampu meningkatkan kadar magnesium jaringan dibanding kontrol. Hal ini menunjukkan bahwa pemberian abu vulkanik memberikan pengaruh terhadap pertumbuhan tanaman, meskipun kadar yang diberikan masih jauh dari kebutuhan Mg pada jagung per tanaman. Allen dan David (2007) menjelaskan bahwa rata-rata kebutuhan Mg pada tanaman jagung adalah 0,3-1 % per tanaman. Di dalam daun, Mg^{2+} bebas adalah cadangan utama didalam vakuola untuk penyesuaian potensial osmotik. Magnesium juga dibutuhkan untuk pembentukan pollen (Wen, Jian 2012).

Klorofil

Klorofil merupakan pigmen hijau yang berfungsi sebagai penyerap cahaya dalam kegiatan fotosintesis yang dibutuhkan dalam pertumbuhan dan perkembangan tanaman (Megia et al. 2015). Berdasarkan Uji F terhadap kadar klorofil menjelaskan bahwa perlakuan abu vulkanik memberikan pengaruh nyata terhadap jumlah klorofil ($P < 0,05$), Uji Duncan dengan taraf 95% (Gambar 3) menunjukkan bahwa abu vulkanik kelud perlakuan abu vulkanik mampu

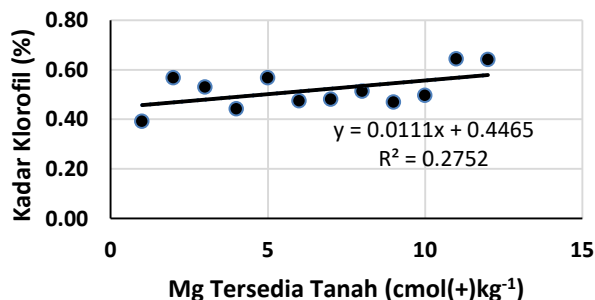
meningkatkan kadar klorofil di dalam tanaman dibanding kontrol.



Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 95%.

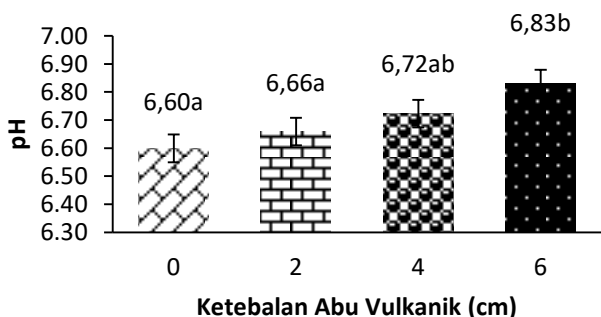
Gambar 4 Pengaruh ketebalan abu vulkanik Kelud terhadap kadar klorofil

Berdasarkan Gambar 4 dijelaskan bahwa Magnesium tersedia berkorelasi positif terhadap kadar klorofil di dalam tanaman, maka semakin tinggi kadar Mg dalam tanah maka semakin tinggi kadar Klorofil didalam tanaman. Hal ini sesuai dengan penelitian Suntoro et al. (2014) yang menjelaskan bahwa semakin tinggi kadar Magnesium di dalam tanah maka semakin tinggi kadar klorofil di dalam tanaman. Magnesium merupakan unsur utama dalam pembentukan hijau daun dan pembentukan jaringan tunas/meristem, membantu penyebaran fosfor ke seluruh organ (Tedjaswarana, Wuryaningsih 2009).



Gambar 5 Hubungan antara ketersediaan Mg dalam tanah dan kadar klorofil dalam tanaman

pH Tanah

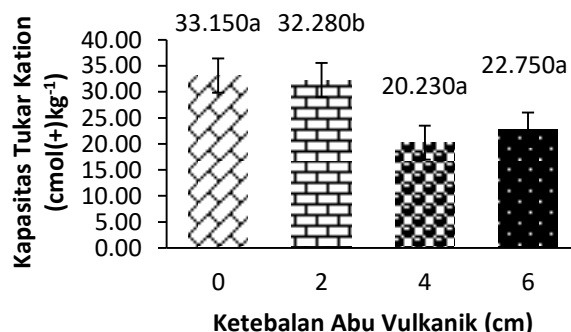


Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 95%.

Gambar 5 Pengaruh ketebalan abu vulkanik Kelud terhadap pH tanah

Berdasarkan uji F terhadap pH tanah diperoleh hasil bahwa ketebalan abu vulkanik memberikan pengaruh nyata terhadap pH tanah ($P < 0,05$), Berdasarkan Gambar 5 dijelaskan bahwa perlakuan abu vulkanik mampu meningkatkan pH tanah, hal ini dapat dilihat dari histogram yang menunjukkan grafik yang naik pada setiap penambahan ketebalan abu. Hal ini selaras dengan pernyataan Itturi dan Buzchiazoo (2014) yang menyatakan bahwa abu vulkanik mampu meningkatkan pH tanah. Pada umumnya unsur hara mudah diserap akar tanaman pada pH tanah netral, karena pada pH tersebut kebanyakan unsur hara mudah larut dalam air. Selain itu pada reaksi tanah yang masam, unsur-unsur mikro juga menjadi mudah larut, sehingga penyerapan unsur mikro yang terlalu banyak bisa menjadi racun bagi tanaman (Yamani 2010).

KTK Tanah



Keterangan: Angka yang diikuti huruf yang sama menunjukkan tidak berbeda nyata pada uji Duncan taraf 95%.

Gambar 6 Pengaruh ketebalan abu vulkanik Kelud terhadap KTK tanah

KTK (Kapasitas Tukar Kation) merupakan jumlah total kation yang dapat diikat oleh partikel tanah (Sukmabuana 2010). Berdasarkan hasil analisis menggunakan uji F terhadap KTK tanah menyatakan bahwa ketebalan abu vulkanik berpengaruh nyata terhadap kapasitas tukar kation ($P < 0,05$). Hal ini menunjukkan abu vulkanik berpengaruh terhadap reaksi pertukaran kation yang ada di dalam tanah. Uji Duncan dengan taraf 95% menunjukan bahwa abu vulkanik kelud menunjukkan perlakuan penambahan abu menurunkan KTK tanah dibanding kontrol. Hal ini selaras dengan penelitian Itturi dan Buzchiazoo (2014) yang menyatakan bahwa KTK tanah yang tidak mengandung abu lebih tinggi (rata-rata 24 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$) dibanding dengan tanah yang mengandung abu (rata-rata 18 $\text{cmol}(+)\text{kg}^{-1}$). Pengaruh yang diberikan abu vulkanik cenderung menurun hal ini dikarenakan abu vulkanik memiliki tekstur yang lebih kasar di bandingkan dengan kontrol sehingga KTKnya rendah (Novizan 2005).

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

Berdasarkan hasil penelitian, kesimpulan yang di dapat yaitu:

1. Kombinasi residu abu vulkanik dan dosis pupuk kandang memberikan pengaruh terhadap ketersediaan Magnesium dalam tanah dengan rerata tertinggi adalah pada perlakuan tanpa abu vulkanik dan dosis pupuk kandang 5 ton/ha ($0,628 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$) dan terendah pada perlakuan abu vulkanik ketebalan 6 cm tanpa pupuk kandang ($0,321 \text{ cmol}(+) \text{ kg}^{-1}$).
2. Residu abu vulkanik berpengaruh terhadap Magnesium di jaringan tanaman dimana perlakuan terbaik pada ketebalan abu vulkanik 4 cm ($0,063 \%$) dibanding kontrol ($0,050 \%$).
3. Residu abu vulkanik berpengaruh terhadap pH, KTK, Klorofil.

Saran

Berdasarkan proses dan hasil penelitian, hal-hal yang dapat disarankan adalah

1. Perlu adanya waktu inkubasi abu vulkanik kelud yang lebih lama untuk mendapatkan hasil dekomposisi mineral yang lebih tinggi
2. Perlu adanya pengujian lebih lanjut abu vulkanik dengan penambahan bahan organik yang berbeda agar diketahui pupuk organik yang efektif untuk mendekomposisi abu vulkanik kelud.

DAFTAR PUSTAKA

- Aisha H, Ali MR, Shafeek, Mahmoud R, Asmaa M, El-Desuki. 2014. Effect of various levels of organic fertilizer and humic acid on the growth and roots quality of turnip plants (*Brassica rapa*). *Current Science International* 3(1): 7-14. ISSN: 2077-4435
- Allen David. 2007. *Hand book of plant nutrition*. Taylor and Francis Group.
- Chou YY, Huang WD, Hong CY, Kao CH. 2011. Effect of magnesium deficiency on antioxidant status and cadmium toxicity in rice seedlings. *Journal of Plant Physiology* 168: 1021–1030. DOI:10.1016/j.jplph.2010.12.004
- Gerendás J, Fühns H. 2013. The significance of magnesium for crop quality. *Plant Soil* 368:101–128. DOI 10.1007/s11104-012-1555-2.
- Guo W, Hussain N, Zongsuo L, Dongfeng Y 2015. Magnesium deficiency in plants: An urgent problem. *The Crop Journal* XX (2015) XXX– XXX. DOI:10.1016/j.cj.2015.11.003
- Hartatik, widodadi 2006. *Pupuk Organik Dan Pupuk Hayati*. *Academica.edu*. URL: <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/ind/dokumentasi/lainnya/04pupuk%20kandang.pdf>
- Hayes MHB, Clapp CE. 2001. Humic substances: considerations of compositions, aspects of structure, and environmental influences. *Soil Science* 166,723-737. DOI:10.1097/00010694-200111000-00002.
- Iturri LA, Buschiazzi DE. 2014. Cation exchange capacity and mineralogy of loess soils with different amounts of volcanic ashes. *Catena* 121 : 81–87. DOI:10.1016/j.catena.2014.04.021
- Karley AJ, White PJ. 2009. Moving cationic minerals to edible tissues: potassium, magnesium, calcium. *Curr. Opin. Plant Biol.* 12 :291–298. DOI: 10.1016/j.pbi.2009.04.013.
- Martins SJ, Ricardo SMD, Medeiros FHVd, Faria AFd, Cancellier EL, Helbert, Silveira RdO, Rezende MLVd, Luiz, Guilherme RG 2015. Common bean growth and health promoted by rhizobacteria and the contribution of magnesium to the observed responses. *Applied Soil Ecology* 87 : 49–55 DOI:10.1016/j.apsoil.2014.11.005
- Megia R, Ratnasari, Hadisunarso. 2015. Karakteristik morfologi dan anatomi, serta kandungan klorofil lima kultivar tanaman penyerap polusi udara *Sansevieria trifasciata*. *J Sumberdaya Hayati*1(1): 34-40. ISSN : 2477-037X
- Mofunanya AAJ, J.K. Ebigwai, O.S. Bello, A.O. Egbe. 2014. Comparative Study of the Effects of Organic and Inorganic Fertilizer on Nutritional Composition of *Amaranthus spinosus* L. *American-Eurasian J Agric. & Environ. Sci.* 14 (9): 824-830. DOI: 10.3923/ajps.2015.34.39
- Novizan. 2005. *Petunjuk Pemupukan yang efektif*. Tangerang (ID): Agro Media Pustaka.
- Saiful RA, Hananto H. 2015. Identifikasi sifat kimia abu vulkanik dan upaya pemulihan tanaman karet terdampak letusan Gunung Kelud (studi kasus: kebun Grangkah Pawon, Jawa Timur). *J Warta Perkaretan.* 34 (1): 19-30. ISSN: 2502-5207
- Sukmabuana P. 2010. Parameter transfer radiostronsium ^{85}Sr di lingkungan melalui jalur tanah – tanaman bayam (*Amaranthus sp.*). *J Sains dan Teknologi Nuklir Indonesia.* 11 (2): 99-110.
- Suntoro, Sudadi, Widijanto H. 2014. Dampak abu vulkanik erupsi gunung Kelud terhadap ketersediaan dan serapan K, Mg Dan S jagung di tanah alfisol dalam sistem pertanian organik. Laporan akhir hibah unggulan fakultas. Bidang unggulan: ketahanan dan keamanan pangan. PNPB UNS.
- Wen ZC, Jian FM. 2012. Magnesium transport and their role tolerance in plant. *Plant soil* DOI 10.1007/s11104-012-1433-Y.
- Yamani A. 2010. Kajian tingkat kesuburan tanah pada hutan lindung Gunung Sebatung di Kabupaten Kotabaru Kalimantan Selatan. *J Hutan Tropis.* 11 (29): 32-37. ISSN 1412-4645