

## Isolasi dan Uji Potensi Mikroba Pelarut Fosfat pada Andisol Terdampak Erupsi Sinabung pada Beberapa Ketebalan Abu di Kabupaten Karo

*Isolation And Test Potential Of Phosphate Solubilization Microorganisms On Andisols Sinabung Eruption Impact On Some Thickness Of Ash In Karo District*

**Nofriyanto Pakolo\*, Mariani Sembiring, Abdul Rauf**

Program Studi Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, 20155

\*Corresponding author : [nofripakolo75@gmail.com](mailto:nofripakolo75@gmail.com)

### ABSTRACT

*Andisol soil erupted ash sinabung has a thickness level, where each thickness has microbial activity and nutrient status of soil who different. This study aims to determine the potential of phosphate solubilization microorganisms on soil erupted ash sinabung. This research was conducted at Soil Biology Laboratory of Faculty of Agriculture USU, which the isolation of microorganisms is fungi and bacteria from the soil erupted Sinabung in some ash thickness to get the isolates to be tested the potential solubility. Isolate tested for their solubility potential in two ways: solid pikovskaya medium with source of phosphate  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , and RP (Rock Phosphate) and in Andisol soil incubation with microbial dose as much as 1 ml. The result showed that there were 6 isolates of fungi (J1-J6) and 6 bacterial isolates (B1-B6) and the provision of phosphate solubilization microorganisms on Andisol soil has different potential in increasing microbial population, soil respiration, P-total soil, P-available soil, but can decrease C-organic soil with soil acidity degree (pH) and each type of MPF isolate tested will be able to dissolve P-not available to be P-available on solid pikovskaya medium with source of phosphate  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$  and Rock Phosphate but have different capabilities*

Keywords: Andisol, Phosphate Solubilization Microorganisms, Microbial Activity, Nutrient Status

### ABSTRAK

Tanah Andisol yang tererupsi Sinabung memiliki tingkat ketebalan abu, dimana setiap ketebalan memiliki aktivitas mikroba dan status hara yang berbeda. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui potensi mikroorganisme pelarut fosfat pada tanah tererupsi debu Gunung Sinabung. Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah Fakultas Pertanian USU, dimana dilakukan isolasi mikroorganisme yakni jamur dan bakteri dari tanah tererupsi Sinabung pada beberapa ketebalan abu untuk mendapatkan isolat yang akan diuji potensi kelarutannya. Isolat yang diuji potensi kelarutannya yakni dengan dua cara yaitu dengan media padat pikovskaya padat dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , dan RP (*Rock Phospat*) dan pada inkubasi tanah Andisol dengan dosis mikroba sebanyak 1 ml. Hasil yang diperoleh menunjukkan bahwa terdapat hasil isolat yang didapatkan yakni terdiri dari 6 isolat jamur (J1-J6) dan 6 isolat bakteri (B1-B6) dan pemberian MPF pada tanah Andisol memiliki potensi yang berbeda dalam meningkatkan populasi mikroba, respirasi tanah, P-total tanah, P-tersedia tanah, namun dapat menurunkan C-organik tanah dengan derajat kemasaman tanah (pH) dan setiap jenis isolat MPF yang diuji akan mampu melarutkan P tidak tersedia menjadi P tersedia pada media *pikovskaya* padat dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , dan RP (*Rock Phospat*) namun memiliki kemampuan yang berbeda

Kata kunci : Andisol, Mikroorganisme Pelarut Fosfat, Aktivitas Mikroba, Status Hara

## PENDAHULUAN

Gunung sinabung sudah pernah meletus pada tahun 2010, tepatnya pada tanggal 3 September 2010 dan kemudian meletus kembali pada September 2013. Letusan ini melepaskan awan panas dan abu vulkanik. Abu vulkanik selain menutupi jalan, rumah-rumah penduduk juga menutupi tanaman pertanian sekitar. Akibat letusan ini terdapat 6 kecamatan di sekitar Gunung Sinabung yaitu Kecamatan Naman Teran, Kecamatan Barusjahe, dan Kecamatan Berastagi yang terkena abu vulkanik (Balitbangtan, 2014).

Abu vulkanik yang cukup lama menutupi permukaan akan mengendap dan mengeras bergantung pada tingkat ketebalan abu vulkanik. Hal tersebut dapat menyebabkan terganggunya aerasi tanah yang berdampak pada kehidupan mikroorganisme dalam tanah. Menurut Penelitian yang dilakukan Lubis (2011) menyatakan bahwa abu vulkanik berpengaruh nyata menurunkan nilai respirasi mikroorganisme tanah.

Abu vulkanik hasil erupsi Gunung Sinabung mempunyai pH sangat masam dengan nilai 4,3 dimana menurut penelitian Sembiring *et al.* (2017) menyatakan bahwa tanah andisol yang terdampak erupsi sinabung dengan ketebalan abu <2cm memiliki pH tanah 4. Dimana dengan pH tersebut dapat merubah sifat kimia pada tanah seperti pH dan KTK tanah. Masamnya tanah akibat abu vulkanik juga mempengaruhi sifat biologi tanah yaitu kandungan dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Ginting *et al.* 2006).

Reaksi tanah (pH) mempengaruhi perkembangan mikroorganisme yang banyak hidup pada pH masam adalah bakteri dan fungi pada umumnya rentang pH bagi pertumbuhan bakteri antara 4-9 dengan pH optimum 6,5-7,5. Jamur lebih menyukai pH masam, rentang pH pertumbuhan jamur dari 1-9 dan pH optimumnya 4-6 (Lay, 1994)

Pada tanah Andisol, pengelolaan Andisol perlu diarahkan untuk menurunkan kemampuan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P. Mikroba yang dapat

menurunkan kemampuan jerapan dan meningkatkan ketersediaan P yaitu dengan menggunakan mikroba pelarut fosfat baik jamur maupun bakteri, dimana menurut penelitian yang dilakukan Ritonga *et al.* (2015) dan Sitanggang *et al.* (2017) menyatakan bahwa aplikasi mikroba pelarut fosfat berpengaruh nyata terhadap meningkatkan P-tersedia pada tanah Andisol.

Mikroorganisme yang bermanfaat di bidang pertanian salah satunya adalah mikroorganisme pelarut fosfat. Mikroorganisme pelarut fosfat adalah mikroorganisme yang mampu melarutkan ikatan fosfat menjadi bentuk tersedia. Mikroorganisme pelarut fosfat dapat berupa bakteri (BPF), jamur (JPF), aktinomycetes atau khamir (Premono, 1994).

Mikroorganisme pelarut fosfat seringkali diaplikasikan pada tanah Andisol karena tanah tersebut memiliki beberapa sifat yang menjadi keterbatasan dan kendala utama bagi pertumbuhan tanaman. Menurut Mukhlis (2011), permasalahan utama pada Andisol adalah retensi fosfat yang cukup tinggi (>85%). Sebagian besar P yang diberikan dalam bentuk pupuk diserap oleh bahan amorf menjadi tak tersedia bagi tanaman.

Dari masalah ini penulis menjadikan latar belakang guna mengisolasi mikroba lokal dan menguji potensi mikroorganisme pelarut fosfat pada andisol terdampak abu gunung sinabung pasca 4 tahun terjadinya erupsi.

## BAHAN DAN METODE

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Biologi Tanah Program Studi Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Sumatera Utara medan, dari bulan Mei sampai dengan Desember 2017

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah sampel tidak terkena abu vulkanik dan terkena abu vulkanik pada beberapa ketebalan, media Pikovskaya untuk komposisi per liter aquades: (glukosa 10g;  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  5g;  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$  0,5g; KCl 0,2g;  $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$  0,1g;  $\text{MnSO}_4$  0,2g;  $\text{FeSO}_4$  0,2 g; yeast extract 0,5 g; agar 20g; aquades;  $\text{AlPO}_4$  5g,  $\text{FePO}_4$  5g, dan Rock Phospat 5g, serta

bahan-bahan kimia yang dipergunakan untuk keperluan analisis di laboratorium.

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bor tanah, autoklaf, petridish, laminar air flow, erlenmeyer, cawan timbang, plastik, sterofom, alumunium foil, kapas, test tube, oven, serta alat-alat lainnya yang dipergunakan selama penelitian.

Dilakukan pengambilan sampel tanah dilakukan berdasarkan beberapa ketebalan abu baik pada tanah tertutupi abu vulkanik dan tidak tertutupi abu vulkanik di Daerah Kawasan Gunung Sinabung Kabupaten Karo.

**Pengambilan Sampel.**

Titik Pengambilan sampel diambil pada tanah yang dibedakan berdasarkan beberapa ketebalan abu yaitu : A0 : Tanah yang sudah diolah, A1 : Tipis (<2cm), A2 : Sedang (>2-8cm) dan A3 : Tebal (>8cm).

Pengambilan sampel dilakukan pada kedalaman 0-20cm dari atas permukaan tanah di sekitar daerah rhizosfer dengan menggunakan bor tanah. Pengambilan contoh tanah dilakukan cara bebas sesuai keinginan dan setiap titik pengambilan sampel diambil 10 titik lokasi dan dikompositkan.

Analisis awal berupa pH (elektrometri), C-organik (Weakley and Black), P-Total (Spektrofotometer), P-Tersedia tanah (Bray II), Respirasi tanah (Kadar CO<sub>2</sub> tanah) dan total mikroba (cawan).

**Isolasi MPF Pada Andisol**

Dilakukan isolasi tanah Andisol terdampak erupsi Sinabung di beberapa ketebalan abu vulkanik guna untuk mendapatkan isolat yang akan diuji potensi kelarutan P nya.

**Uji Potensi Jamur dan Bakteri Pelarut Fosfat Pada Beberapa Sumber P**

Uji potensi dilakukan di laboratorium pada cawan petri yang berisi media pikovskaya padat steril dengan berbagai sumber fosfat yang digunakan Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, AlPO<sub>4</sub>, FePO<sub>4</sub> dan RP (Rock Phospat).

Media Uji dimasukkan dalam cawan petri dan dibiarkan mengeras. Dimana setiap genus ditumbuhkan pada media uji dengan 3 ulangan agar didapatkan rata-rata hasil yang valid dan diinkubasi selama 7 hari.

**Uji Potensi Mikroba Dalam Meningkatkan Ketersediaan P Pada Andisol**

Setelah dilakukan isolasi didapatkan jenis isolat yaitu 6 jenis isolat bakteri pelarut fosfat (B1-B6) dan 6 jenis isolat jamur pelarut fosfat (J1-J6) yang akan diuji potensi kelarutan P nya.

Setelah proses inkubasi selesai dilakukan pengamatan seperti pH (elektrometri), C-organik (Weakley and black), P-terseia tanah (Bray II), Respirasi Tanah (Kadar CO<sub>2</sub> tanah), P-total (Spektrofotometer) serta populasi mikroorganisme (metode cawan).

**HASIL DAN PEMBAHASAN**

**Analisis Tanah Andisol Pada Beberapa Ketebalan Abu**

Analisis tanah andisol pada beberapa ketebalan abu pada parameter seperti P-total, P-tersedia, dan C-organik tanah. Hal ini dapat dilihat pada tabel 1 di bawah ini..

Tabel 1. Kadar P-total, P-tersedia, pH dan C-organik tanah di beberapa ketebalan abu vulkanik

Titik Lokasi	P-total (ppm)	P-tersedia (ppm)	pH	C-organik %
Lokasi I	3500	9,83	5,59	7,34
Lokasi II	3700	8,13	5,41	6,06
Lokasi III	4200	6,44	4,28	4,99
Lokasi IV	5800	5,79	4,10	4,41

Keterangan : Lokasi I : Ketebalan Abu (0cm)  
 Lokasi II : Ketebalan Abu (<2cm)  
 Lokasi III : Ketebalan Abu (>2-8cm)  
 Lokasi IV : Ketebalan Abu (>8cm)

Berdasarkan Tabel 1 dapat diketahui bahwa P-total tertinggi pada lokasi IV (Tanah dengan ketebalan abu tebal >8cm) dengan P-total 5800 ppm dan P-total terendah pada lokasi I ( Tanah dengan tanpa abu) dengan P-total 3500 ppm. Hal ini menunjukkan semakin tebal tanah tertutupi abu vulkanik maka tanah tersebut semakin banyak kadar hara P-total , dan terjadinya peningkatan P-total sebesar 60 % dimana abu vulkanik memiliki kandungan unsur hara makro P yang tinggi.. Hal ini sesuai dengan literatur (Sudaryo dan Sucipto, 2009) yang menyatakan bahwa Karakteristik debu vulkanik yang terdapat pada Gunung Merapi memiliki kandungan P dalam abu volkan berkisar antara rendah sampai tinggi (8-232 ppm P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

P-tersedia tertinggi pada Lokasi I (tanah dengan tanpa abu) dengan P-tersedia 9,83 ppm dan P-tersedia terendah pada tanah ketebalan abu tebal dengan P-tersedia 5,79 ppm, sehingga terjadi penurunan sebesar 41%. Hal ini dikarenakan pada abu vulkanik memiliki kandungan logam seperti Fe ataupun Pb dimana hal ini akan menyebabkan turunnya P-tersedia tanah karena terikat oleh logam didalam tanah dan pH tertinggi terdapat pada tanah tanpa abu dengan pH 5,59 dan pH terendah terdapat pada tanah ketebalan abu tebal dengan 4,10. Hal ini disebabkan .karena adanya kandungan logam dan sulfur yang tinggi pada abu vulkanik yang menyebabkan turunnya pH. Hal ini sesuai dengan literatur literatur Balitbangtan (2014) yang menyatakan bahwa hasil analisis abu vulkanik Sinabung mengandung unsur S berkisar antara 0,05-0,32

%, Fe berkisar antara 0,58-3,1 % dan Pb berkisar antara 1,5-5,3 %.

C-organik tertinggi pada lokasi I (tanah tanpa abu ) dengan C-organik 7,34 % dan C-organik terendah pada tanah ketebalan abu dengan C-organik 4,41 %. Hal ini menunjukkan bahwa semakin tebal tanah tertutupi abu vukanik maka akan semakin rendah pula kadar C-organik , dan sebaliknya. Hal ini sesuai dengan literatur (Sarah *et al.* 2015) yang menyatakan bahwa Aktivitas mikroorganisme pada tanah yang tidak terkena debu vulkanik lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanah yang terkena debu vulkanik, hal ini disebabkan pH dan C-Organik yang juga lebih tinggi jika dibandingkan dengan pH dan C-Organik pada sampel tanah yang terkena debu vulkanik

Hal ini menunjukkan bahwa adanya hubungan antara, P-tersedia dan C-organik, dimana semakin tebal abu vulkanik maka C-organik didalam tanah akan menurun , hal ini disebabkan bahwa pada abu vulkanik pada tanah akan menyebabkan terganggunya aerase tanah sehingga terganggunya aktivitas mikroba dalam tanah dan populasi mikroba dalam tanah menurun, dengan berkurangnya populasi dalam tanah maka akan menyebabkan P-tersedia tanah menurun.

### Isolasi Mikroba Pelarut Fosfat

Dilakukan isolasi mikroba pelarut fosfat (mpf) untuk mengetahui jumlah isolat mpf di beberapa ketebalan abu vulkanik, populasi, dan respirasi. Hal ini dapat dilihat pada tabel 2 di bawah

Tabel 2. Jumlah isolat , populasi mikroba, dan respirasi tanah pada tanah Andisol di beberapa ketebalan

Titik Lokasi	Jumlah Isolat		Populasi (10) <sup>5</sup>		Kadar CO2 (Respirasi) mgCO <sub>2</sub> /hari
	Jamur (J)	Bakteri (B)	Jamur (J)	Bakteri (B)	
Lokasi I	2 isolat	2 isolat	13	7	0,211
Lokasi II	2 isolat	2 isolat	10	6	0,165
Lokasi III	1 isolat	1 isolat	8	2	0,125
Lokasi IV	1 isolat	1 isolat	6	2	0,125

Keterangan : Lokasi I : Ketebalan Abu (0cm)  
 Lokasi II : Ketebalan Abu (<2cm)  
 Lokasi III : Ketebalan Abu (>2-8cm)

Lokasi IV : Ketebalan Abu (>8cm)

Berdasarkan Tabel 2 dapat diketahui bahwa jumlah isolat jamur ada 6 jenis isolat dari beberapa ketebalan abu yaitu dengan kode isolat masing masing yaitu untuk jamur J1-J6 dimana pada lokasi I terdapat 2 isolat dengan kode isolat (J1 dan J5), lokasi II terdapat 2 isolat dengan kode isolat (J2 dan J6), lokasi III terdapat 1 isolat dengan kode isolat (J4), serta pada lokasi IV terdapat 1 isolat dengan kode isolat (J3) serta pada bakteri ada 6 jenis isolat yaitu dengan kode isolat masing masing yaitu B1-B6, dimana pada lokasi I terdapat 2 isolat dengan kode isolat (B1 dan B5), lokasi II terdapat 2 isolat dengan kode isolat (B2 dan B6), lokasi III terdapat 1 isolat dengan kode isolat (B3), serta pada lokasi IV terdapat 2 isolat dengan kode isolat (B4).

Jumlah isolat tertinggi terdapat pada tanah tanpa abu dengan 2 isolat dan jumlah isolat terendah terdapat pada tanah ketebalan abu tebal. Hal ini dikarenakan pada ketebalan abu memiliki pH yang sangat masam sehingga hanya MPF tertentu yang dapat bertahan hidup. Hal ini sesuai dengan literatur Fatmala *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa semakin tebal suatu ketebalan abu vulkanik maka akan semakin sedikit jenis isolat hal ini dikarenakan semakin masamnya tanah sehingga berkurangnya aktivitas mikroba tanah.

Populasi jamur tertinggi pada tanah tanpa abu dengan populasi  $13 \times 10^5$  serta populasi jamur terendah pada tanah dengan ketebalan abu tebal (>8cm) dengan populasi  $6 \times 10^5$  dan populasi bakteri tertinggi pada tanah tanpa abu dengan populasi  $7 \times 10^5$  serta populasi bakteri terendah pada tanah dengan ketebalan abu tebal (>8cm) dengan populasi  $2 \times 10^5$ , dapat di simpulkan bahwa semakin tebal suatu abu vulkanik maka populasi mikroba semakin sedikit. Hal ini sesuai dengan penelitian Sarah *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa perhitungan total mikroorganisme tanah pada tanah yang tidak terkena debu vulkanik lebih tinggi dibandingkan dengan tanah yang terkena debu vulkanik, hal ini disebabkan tanah yang tidak terkena debu

vulkanik memiliki pH yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan tanah yang terkena debu vulkanik karena mikroorganisme umumnya hidup pada pH netral.

Kadar respirasi tertinggi pada tanah tanpa abu dengan kadar CO<sub>2</sub> 0,211 mgCO<sub>2</sub>/hari dan kadar respirasi terendah pada tanah ketebalan abu tebal dengan kadar CO<sub>2</sub> 0,125 mgCO<sub>2</sub>/hari. Hal ini menunjukkan bahwa ketebalan abu vulkanik mempengaruhi kadar respirasi tanah, dikarenakan semakin tebal tanah tertutupi abu vulkanik maka akan semakin rendah aktivitas mikroorganisme dalam tanah sehingga respirasi didalam tanah akan menurun, dan sebaliknya Menurut Sinaga *et al.* (2015), aktivitas mikroorganisme tanah tinggi berarti produksi CO<sub>2</sub> di tanah pun tinggi. Semakin tebalnya abu yang menutupi tanah menyebabkan perubahan nilai respirasi tanah. Hal ini tergantung pada total mikroorganisme dan jumlah persediaan bahan organik di tanah.

Hal ini menunjukkan bahwa terdapat hubungan antara populasi mikroba, jumlah isolat dan respirasi, dimana jika semakin tebal suatu abu vulkanik menutupi tanah maka akan semakin rendah pula populasi mikroba didalam tanah dengan berkurangnya populasi dalam tanah maka aktivitas mikroba akan berkurang seperti respirasi akan menurun, dan pada kondisi tersebut akan mempengaruhi jenis isolat yang tumbuh dimana hanya isolat tertentu yang dapat hidup dan berkembang.

#### **Uji Potensi Mikroba Pada Media Pikovskaya Padat (sumber P: Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, FePO<sub>4</sub>, AlPO<sub>4</sub>, dan RP) selama 7 hari inkubasi**

Adapun hasil Indeks Pelarutan pada Jamur Pelarut Fosfat dalam media Pikovskaya padat dengan berbagai sumber P: Ca<sub>3</sub>(PO<sub>4</sub>)<sub>2</sub> FePO<sub>4</sub>, AlPO<sub>4</sub>)<sub>2</sub>, dan RP) selama 7 hari inkubasi dapat dilihat dari Tabel 3 dan 4 dibawah ini.

Tabel 3. Indeks pelarutan fosfat dalam media Pikovskaya padat (sumber P:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{FePO}_4$ ,  $\text{AlPO}_4$ , dan RP) selama 7 hari inkubasi

Jenis Jamur	Jenis Sumber P	Indeks Pelarutan/Hari Pengamatan						
		1	2	3	4	5	6	7
J1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,05	1,12	1,08	1,1	1,05	1,26
	$\text{AlPO}_4$	0	1,09	1,07	1,07	1,13	1,12	1,11
	$\text{FePO}_4$	0	1,45	1,08	1,06	1,13	1,17	1,16
	RP	0	1,11	1,13	1,06	1,22	1,1	1,1
J2	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,04	1,04	1,03	1,03	1,05	1,05
	$\text{AlPO}_4$	0	1,07	1,05	1,03	1,03	1,06	1,07
	$\text{FePO}_4$	0	1,05	1,05	1,03	1,03	1,06	1,06
	RP	0	1,04	1,07	1,05	1,05	1,07	1,1
J3	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,04	1,04	1,05	1,05	1,08	1,11
	$\text{AlPO}_4$	0	1,08	1,09	1,08	1,14	1,16	1,09
	$\text{FePO}_4$	0	1,08	1,07	1,05	1,17	1,1	1,12
	RP	0	1,06	1,05	1,04	1,04	1,07	1,07
J4	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,09	1,07	1,05	1,04	1,05	1,06
	$\text{AlPO}_4$	0	1,06	1,07	1,07	1,07	1,08	1,08
	$\text{FePO}_4$	0	1,06	1,06	1,06	1,06	1,09	1,09
	RP	0	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05	1,05
J5	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,06	1,06	1,06	1,07	1,1	1,11
	$\text{AlPO}_4$	0	1,09	1,07	1,07	1,08	1,06	1,06
	$\text{FePO}_4$	0	1,07	1,06	1,06	1,1	1,1	1,12
	RP	0	1,04	1,05	1,04	1,05	1,06	1,06
J6	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	1,06	1,07	1,05	1,05	1,06	1,06
	$\text{AlPO}_4$	0	1,08	1,09	1,07	1,06	1,17	1,1
	$\text{FePO}_4$	0	1,09	1,12	1,09	1,12	1,11	1,15
	RP	0	1,08	1,12	1,09	1,12	1,11	1,15

Dilakukan pengamatan pada media pikovskaya padat berbagai sumber P selama 7 hari, diketahui bahwa efisiensi pelarut fosfat terbesar yaitu pada isolat J1 dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 126% dan efisiensi pelarut fosfat terkecil yaitu pada isolat J2 dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 105 %. Hal ini menunjukkan pemberian isolat J1 lebih berpotensi dalam melepaskan P yang terikat menjadi bentuk tersedia sebesar 126 %

Berdasarkan Tabel 3 dapat disimpulkan pada isolat yang paling berpotensi

dalam melarutkan P-terikat adalah isolat J1 dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 1,26 dan yang terendah adalah isolat J4 dengan 1,05 dengan sumber fosfat RP namun setiap jenis isolat JPF yang diuji akan mampu melarutkan P-terikat pada media *pikovskaya* padat dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , dan RP. Hal ini menunjukkan bahwa setiap isolat mampu melarutkan P dengan kemampuan yang berbeda. Hal ini disebabkan karena MPF berasal dari tanah dengan beberapa ketebalan

abu yang berbeda. Hal ini sesuai dengan literatur Fatmala *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa MPF yang berbeda baik yang berasal dari tanah yang sama maupun

yang berasal dari tanah yang berbeda bisa sama ataupun berbeda kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

Tabel 4. Indeks pelarutan fosfat dalam media Pikovskaya padat (sumber P:  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{Al}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , dan RP) selama 7 hari inkubasi

Jenis Bakteri	Jenis Sumber P	Indeks Pelarutan/Hari Pengamatan						
		1	2	3	4	5	6	7
B1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	3,15	3,11	3,39	3,77	3,5	4,38	4,39
	$\text{AlPO}_4$	1,41	1,6	2,2	1,65	2,27	3,18	3,2
	$\text{FePO}_4$	2,27	2,9	3,04	2,86	3,34	4,04	4,05
	RP	0	2,62	2,63	2,54	2,44	3,6	3,6
B2	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2,21	2,5	2,85	2,79	3,04	3,43	3,45
	$\text{AlPO}_4$	2,6	2,32	2,46	3,86	2,82	4,67	4,65
	$\text{FePO}_4$	3,68	3,37	3,41	4,08	4,43	3,31	3,32
	RP	3,3	3,57	4	3,84	3,48	4,31	4,28
B3	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2,2	2,54	2,2	2,63	2,69	3,06	3,08
	$\text{AlPO}_4$	1,92	1,8	2,61	2,7	3,47	3,21	3,15
	$\text{FePO}_4$	2,2	3,24	4,41	4,39	4,43	3,37	3,37
	RP	2,6	3,28	3,87	4,52	3,97	3,42	3,46
B4	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,27	1,5	1,78	1,92	1,76	2,07	2,11
	$\text{AlPO}_4$	3,3	2,72	1,87	2,69	2,54	2,29	2,32
	$\text{FePO}_4$	1,81	2,26	2,57	2,02	2,22	3,88	3,9
	RP	2,16	3	3,96	4	3,25	4,02	4,1
B5	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	2,42	3,21	2,93	3,51	3,09	3,06	3,07
	$\text{AlPO}_4$	2,21	1,88	2,16	1,98	1,7	2,25	2,3
	$\text{FePO}_4$	1,88	2,51	2,48	3,65	3,17	3,68	3,73
	RP	2,39	2,5	3,86	2,7	3,36	4,65	4,58
B6	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	0	2,41	2,6	3,4	3,07	3,44	3,56
	$\text{AlPO}_4$	0	2,6	3,09	4	3,8	3,13	3,72
	$\text{FePO}_4$	0	2,51	3,13	3,21	2,5	2,74	2,79
	RP	0	2,58	2,51	3,09	3,08	4,5	4,43

Setelah dilakukan pengamatan pada media pikovskaya padat berbagai sumber P selama 7 hari, diketahui bahwa efisiensi pelarut fosfat terbesar yaitu pada isolat B2 dengan sumber fosfat  $\text{AlPO}_4$  sebesar 465% dan efisiensi pelarut fosfat terkecil yaitu pada isolat B4 dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  sebesar 211%. Hal ini menunjukkan bahwa

pemberian isolat B2 lebih berpotensi dalam melepaskan P yang terikat menjadi bentuk tersedia sebesar 465 %.

Berdasarkan Tabel 4 di atas dapat diketahui isolat yang paling berpotensi dalam melarutkan P-terikat adalah isolat B2 dengan sumber fosfat  $\text{AlPO}_4$  sebesar 4,65 dan yang terendah adalah isolat B1 sebesar 2,11 dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ . Setiap jenis isolat

BPF yang diuji akan mampu melarutkan P-terikat pada media *pikovskaya* padat dengan sumber fosfat  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ,  $\text{AlPO}_4$ ,  $\text{FePO}_4$ , dan RP namun memiliki kemampuan yang berbeda dan semakin lama waktu inkubasi maka akan semakin besar pula indeks pelarutan fosfat. Perbedaan kemampuan tiap isolat BPF membentuk zona bening diduga

### Uji Potensi Pada Tanah Andisol Dengan 30 Hari Inkubasi

#### pH Tanah, Populasi Mikroba dan Kadar Respirasi

Analisis akhir tanah dengan parameter pH tanah, populasi mikroba dan kadar respirasi setelah inkubasi selama 1 bulan pada tanah andisol dengan ketebalan abu tipis pada kondisi steril dan dosis yang sama. Hal ini dapat dilihat pada tabel 5 dibawah.

Berdasarkan Tabel 5. dapat dilihat bahwa pemberian mikroba pelarut fosfat baik bakteri dan jamur dapat menurunkan pH dimana pada perlakuan isolat jamur J5 dengan pH 5,08 dan isolat bakteri B1 dengan pH 5,08. Hal ini menunjukkan bahwa semua perlakuan MPF yang diuji dapat menurunkan pH tanah dengan kemampuan yang berbeda. Hal ini sesuai dengan literatur Marbun *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa Dalam aktivitasnya, mikroba pelarut p akan menghasilkan asam-asam organik diantaranya adalah asam sitrat, glutamat, suksinat, laktat, oksalat,dll. Meningkatnya asam-asam organik tersebut biasanya dengan diikuti dengan penurunan pH.

Pemberian MPF dapat meningkatkan populasi mikroba di dalam tanah, hal ini dapat dilihat dari Tabel (5) dimana bakteri yang paling efektif meningkatkan populasi MPF adalah bakteri dengan kode isolat B2 dengan populasi  $245 \times 10^7$  dan yang kurang efektif meningkatkan populasi MPF pada kode isolat B4 dengan populasi  $229 \times 10^7$  dan jamur yang paling efektif dalam meningkatkan populasi yakni jamur dengan kode isolat J4 dengan populasi  $37 \times 10^5$  dan yang kurang efektif dalam meningkatkan populasi yakni jamur

karena isolat berasal dari titik pengambilan sampel tanah yang berbeda dengan beberapa tingkat ketebalan abu. Hal ini sesuai dengan literatur Fatmala *et al.* (2015) yang menyatakan bahwa Jenis MPF yang berbeda baik yang berasal dari tanah yang sama maupun yang berasal dari tanah yang berbeda bisa sama ataupun berbeda kemampuannya dalam melarutkan fosfat.

dengan kode isolat yakni J6 dengan populasi  $9 \times 10^5$  Hal ini menunjukkan bahwa seluruh jenis MPF yang diujikan dapat meningkatkan populasi mikroba namun memiliki kemampuan yang berbeda.

Dari penjelasan dibawah dapat dijelaskan bahwa pemberian MPF akan menyebabkan aktivitas mikroba dalam tanah meningkat sehingga populasi mikroba dalam tanah akan meningkat. Hal ini sesuai dengan literatur Hanafiah *et al.* (2009) aktivitas mikroorganisme yang tinggi berhubungan dengan banyaknya populasi mikroorganisme dan bahan organik sebagai sumber energi.

Pemberian MPF dapat meningkatkan respirasi didalam tanah hal ini sesuai dengan Tabel (5) dimana pada jenis isolat bakteri B2 paling berpotensi dengan kadar respirasi 0,85  $\text{mgCO}_2/\text{hari}$  dan isolat bakteri B3 dan B6 dengan kadar respirasi 0,17  $\text{mgCO}_2/\text{hari}$  merupakan bakteri yang kurang berpotensi dalam meningkatkan respirasi dalam tanah sedangkan jamur pelarut fosfat yang paling berpotensi meningkatkan respirasi didalam tanah adalah isolat J4 dengan kadar respirasi 1,02  $\text{mgCO}_2/\text{hari}$  dan pada jenis isolat J2 dengan kadar respirasi 0,25 merupakan yang berrpotensi rendah dalam meningkatkan respirasi didalam tanah. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis MPF baik jamur ataupun bakteri dapat meningkatkan kadar respirasi suatu tanah tapi dengan kemampuan yang berbeda.

Dari Tabel 5 di bawah dapat diketahui bahwa jamur pelarut fosfat dapat meningkatkan respirasi didalam tanah dan pada jenis isolat T4 dengan kadar respirasi 1,02  $\text{mgCO}_2/\text{hari}$  merupakan jamur yang paling berpotensi dalam meningkatkan



respirasi di dalam tanah dan pada jenis isolat T2 dengan kadar respirasi 0,25 mgCO<sub>2</sub>/hari merupakan yang berpotensi rendah dalam meningkatkan respirasi didalam tanah. Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis jamur pelarut fosfat dapat meningkatkan kadar respirasi suatu tanah tapi dengan kemampuan yang berbeda.

Berdasarkan penjelasan di bawah dapat dijelaskan bahwa terjadinya peningkatan respirasi tanah oleh pemberian MPF dikarenakan pemberian MPF dapat meningkatkan jumlah total populasi di dalam

Tabel 5. Nilai pH tanah, populasi mikroba dan kadar respirasi setelah aplikasi mikroba pelarut fosfat pada tanah dengan ketebalan abu tipis (pH:5,41)

Isolat Bakteri	pH		Populasi Mikroba (10 <sup>7</sup> )		Kadar respirasi (mgCO <sub>2</sub> /hari)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
B1	5,41	5,08	217	220	0,165	0,51
B2	5,41	5,11	157	245	0,165	0,85
B3	5,41	5,21	176	250	0,165	0,17
B4	5,41	5,14	220	229	0,165	0,42
B5	5,41	5,18	170	226	0,165	0,25
B6	5,41	5,13	161	197	0,165	0,17

  

Isolat Jamur	Awal	Akhir	Populasi Mikroba (10 <sup>5</sup> )		Awal	Akhir
			Awal	Akhir		
J1	5,41	5,33	4	21	0,165	0,34
J2	5,41	5,13	8	23	0,165	0,25
J3	5,41	5,12	6	19	0,165	0,42
J4	5,41	5,15	5	37	0,165	1,02
J5	5,41	5,08	5	10	0,165	0,85
J6	5,41	5,09	6	9	0,165	0,34

**Kadar P-total, P-tersedia dan C-organik Tanah**

Berdasarkan Tabel 6 dibawah dapat diketahui bahwa bakteri yang paling berpotensi dalam meningkatkan P-total adalah isolat bakteri B1 dan B4 sebesar 4600 ppm dimana terjadi peningkatan sebesar 24 % dan isolat bakteri yang berpotensi rendah dalam meningkatkan P-total adalah isolat B5 sebesar 4300 hanya terjadi peningkatan sebesar 16 % dan jenis jamur yang paling berpotensi dalam meningkatkan P-total dalam tanah andisol yaitu pada jenis isolat J3 sebesar 4400 ppm dengan peningkatan sebesar 18,9 % dan isolat jamur yang berpotensi

rendah dalam meningkatkan kadar P-total yaitu isolat J2 sebesar 3800 ppm dengan peningkatan 2,7 %. Hal ini terjadi karena pada sisa mikroorganisme mengandung Fosfor organik (P-organik) yang mana terdiri dari senyawa ester dari asam ortofosfat yang akan menyebabkan kandungan P didalam tanah meningkat. Hal ini sesuai dengan penelitian Elfiati (2005) pemberian mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan P dalam tanah dalam literatur (Havlin *et al.* 1999) yang menyatakan bahwa P-organik berasal dari sisa tanaman, hewan dan mikroba, dimana P-organik didalam tanah terdapat sekitar 50% dari P-total tanah dan mengandunga senyawa ester dari asam fosfat

yaitu inositol, fosfolipid, asam nukleat, nukleotida dan gula fosfat

Pemberian MPF dapat berpotensi meningkatkan P-tersedia tanah, hal ini sesuai dengan Tabel (6) dapat diketahui bahwa terjadinya peningkatan P-tersedia tertinggi pada B3 sebesar (127,31 ppm) dengan peningkatan 119,01 ppm daripada kontrol (8,3 ppm) dan J5 sebesar (92,86 ppm) dengan peningkatan 84,56 ppm daripada kontrol (8,3 ppm). Hal ini menunjukkan bahwa setiap jenis MPF dapat berpotensi dalam meningkatkan P-tersedia tanah dengan kemampuan yang berbeda, dimana hal ini disebabkan karena MPF dapat mengeluarkan asam-asam organik dimana asam organik

Tabel 6. Nilai P-total, P-tersedia dan C-organik setelah aplikasi mikroba pelarut fosfat pada tanah dengan ketebalan abu tipis

Isolat Bakteri	P-total (ppm)		P-tersedia (ppm)		C-organik (%)	
	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
B1	3700	4600	8,3	83,31	6,06	2,56
B2	3700	4500	8,3	83,66	6,06	2,04
B3	3700	4500	8,3	127,31	6,06	1,67
B4	3700	4600	8,3	103,20	6,06	1,94
B5	3700	4300	8,3	87,31	6,06	2,45
B6	3700	4500	8,3	82,51	6,06	1,69
Isolat Jamur	Awal	Akhir	Awal	Akhir	Awal	Akhir
J1	3700	4100	8,3	82,87	6,06	2,49
J2	3700	3800	8,3	85,79	6,06	2,4
J3	3700	4400	8,3	86,15	6,06	1,93
J4	3700	4100	8,3	76,35	6,06	2,09
J5	3700	4300	8,3	92,16	6,06	2,4
J6	3700	4200	8,3	84,63	6,06	1,95

Analisis akhir tanah dengan parameter P-total, P-tersedia dan C-organik Tanah setelah inkubasi selama 1 bulan pada tanah andisol dengan ketebalan abu tipis pada kondisi steril dan dosis yang sama dimana P-total awal tanah 3700 ppm, P-tersedia awal tanah 8,3 ppm dan C-organik awal tanah 6,06 %.

Berdasarkan penjelasan diatas dapat disimpulkan bahwa pemberian Bakteri Pelarut Fosfat lebih berpotensi dibandingkan dengan pemberian Jamur Pelarut Fosfat. Hal ini sesuai dengan literatur (Chen *et al.* 2006) yang menyatakan bahwa

tersebut dapat melerutkan P yang terikat menjadi bentuk tersedia, Hal ini sesuai dengan literatur Sembiring dan Fauzi (2017) dan Sembiring *et al.* (2016) yang menyatakan bahwa pemberian mikroorganisme pelarut fosfat dapat meningkatkan P-tersedia tanah dimana P-tersedia tanpa pemberian mpf sebesar 100,91 ppm dapat meningkat sebesar 47,7 % menjadi 149,06 ppm oleh pemberian *penicillum* sp.1 dan pemberian inokulum mikroorganisme pelarut fosfat *B.cepacia* dengan perlakuan 30 ml inokulum dapat meningkatkan P-tersedia tanah (95,54 ppm) sebesar 14,47 % daripada perlakuan kontrol (83,46 ppm).

bakteri telah diidentifikasi lebih efektif dalam pelarut fosfor daripada jamur. Di antara keseluruhan populasi mikroba di dalam tanah, Bakteri Pelarut Fosfat merupakan 1 sampai 50%, sementara Jamur Pelarut Fosfat (JPF) hanya 0,1 sampai 0,5% pada potensi pelarutan P.

## SIMPULAN DAN SARAN

Jumlah isolat mikroorganisme pelarut fosfat yang terdapat pada tanah Andisol pada lokasi I (ketebalan abu 0cm) yaitu 2 isolat jamur (J1,J5) dan 2 isolat bakteri (B1,B5),

lokasi II (ketebalan abu <2cm) yaitu 2 isolat jamur (J2,J6), lokasi III (ketebalan abu 2-8cm) yaitu 1 isolat jamur (J4) dan 1 isolat bakteri (B3), lokasi IV (ketebalan abu >8cm) yaitu 1 isolat jamur (J3) dan 1 isolat bakteri (B4).

Jamur Pelarut Fosfat yang memiliki indeks pelarutan fosfat dan efisiensi pelarut fosfat terbesar pada media padat pikovskaya selama 7 hari inkubasi yaitu isolat J1 sebesar 1,26 dan 126% dengan sumber  $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$  dan Bakteri Pelarut Fosfat yang memiliki indeks pelarutan fosfat dan efisiensi pelarut fosfat terbesar yaitu isolat B2 sebesar 4,65 dan 465% dengan sumber  $\text{AlPO}_4$ .

Jamur Pelarut Fosfat yang paling berpotensi dalam melarutkan P-tidak tersedia menjadi P-tersedia pada tanah andisol (ketebalan abu <2cm) selama 30 hari inkubasi adalah isolat J5 sebesar 92,16 ppm dan Bakteri Pelarut Fosfat yang paling berpotensi dalam melarutkan P menjadi P-tersedia adalah isolat B3 sebesar 127,31 ppm

## Saran

Diharapkan adanya penelitian lanjutan dimana dilakukan pengujian terhadap mikroba yang didapatkan pada tanaman di lapangan.

## DAFTAR PUSTAKA

- Balitbangtan. 2014. Hasil Kajian dan Identifikasi Dampak Erupsi Gunung Sinabung pada Sektor Pertanian. Badan Penelitian dan pengembangan pertanian. Kementrian pertanian.
- Chen, G.C., He, Z.L. and Huang, C. Y. 2006. Microbial biomass phosphorus and its significance in predicting phosphorus availability in red soils. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, Volume 31, Issue 5-6.
- Elfiati, D. 2005. Peranan Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman. USU e-Repository. Medan.
- Fatmala, V. Sembiring, M. dan Jamilah. 2015. Eksplorasi dan Potensi Jamur Pelarut Fosfat pada Andisol Terkena Dampak Erupsi Gunung Sinabung dengan Beberapa Ketebalan Abu di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. ISSN No. 2337- 6597 Vol.3, No.3 : 1164 - 1168,
- Ginting, R.C., Badia, R. Saraswati dan E.F. Husen. 2006. Mikroorganisme Pelarut Fosfat. Pupuk Organik dan Pupuk Hayati. Balai Besar Litbang Sumber Daya Lahan Pertanian. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Bogor. 144-146.
- Hanafiah, A. S., T. Sabrina, dan H. Guchi, 2009. Biologi dan Ekologi Tanah. USU. Medan.
- Havlin, J.L., J.D. Beaton., S.L. Tisdale., and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and fertilizers. An introduction to Nutrient Management. Sixth ed. Prentice Hall, New Jersey.
- Lay, W. B. 1994. *Analisis Mikroba di Laboratorium*. PT Raja Grafindo Persada, Jakarta.
- Lubis, A. H. 2011. Dampak Debu Vulkanik Letusan Gunung Sinabung Terhadap Ketersediaan Dan Serapan Hara P Oleh Tanaman Jagung Serta Terhadap Respirasi Mikroorganisme Pada Tanah Dystrandeps. Skripsi. Universitas Sumatera Utara.
- Marbun, S. Sembiring, M. dan Sitorus, B. 2015. Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat dan Bahan Organik untuk Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Kentang Pada Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan *Jurnal Agroekoteknologi* Vol.4. No.1, (552) :1651 - 1658.

- Mukhlis. 2011. Tanah Andisol Genesis, Klasifikasi, Karakteristik, Penyebaran dan Analisis. USU Press. Medan.
- Premono, E.M. 1994. Jasad renik pelarut fosfat, pengaruhnya terhadap P tanah dan efisiensi pemupukan P tanaman tebu. Disertasi. Program Pascasarjana IPB, Bogor.
- Ritonga, M. Marbun, B. Sembiring, M. 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. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan Jurnal Online Agroekoteknologi Vol.4. No.1, (551) :1641- 1650
- Sagiman, S. Umran, I. Wicaksono, T. 2015. Kajian Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Beberapa Cara Penggunaan Lahan DI Desa PAL IX Kecamatan Sungai Kakap Kabupaten Kubu Raya. Fakultas Pertanian, Universitas, Tanjung Pura, Pontianak.
- Sarah, P. Elfiati, D. dan Delvian. 2015. Aktivitas Mikroorganisme Pada Tanah Bekas Erupsi Gunung Sinabung Di Kabupaten Karo. Prodi Kehutanan, Fakultas Pertanian, USU, Medan Peronema Forestry Science Journal Vol 4, No 4.
- Sembiring, M., Elfiati, D., Sabrina, T dan Sutarta, D. 2016. Effect of Burkholderia cepacia and SP36 on Available Phosphate and Potato Production on Andisol Impacted by Mount Sinabung Eruption, North Sumatera, Indonesia.
- Sembiring, M. Elfiati, D. Sutarta, D. dan Sabrina, T. 2017. Phosphate Solubilization Agents in Increasing Potatoes Production on Andisol Sinabung Area. Faculty Of Agriculture, Universitas Sumatera Utara, Medan. Asian Journal of Plant Sciences. Vol. 16: 141-148.
- Sembiring dan Fauzi. 2017. Bacterial and Fungi Phospate Solubilization effect to Increase Nutrient Uptake and Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) Production on Andisol Sinabung Area. Journal Of Agronomy Volume 16, Number 3, 131-137, 2017.
- Sinaga, B. Sembiring, M. dan Lubis, A. 2015. Dampak Ketebalan Abu Vulkanik Erupsi Gunung Sinabung Terhadap Sifat Biologi Tanah Di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan Jurnal Online Agroekoteknologi . ISSN No. 2337- 6597 Vol.3, No.3 : 1159 - 1163.
- Sitanggang, V. Sembiring, M. dan Fauzi. 2017. Aplikasi Mikroba Pelarut Fosfat dan Beberapa Sumber Pupuk P Untuk Meningkatkan Serapan P dan Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Andisol Terdampak Erupsi Gunung Sinabung. Program Studi Agroekoteknologi, Fakultas Pertanian, USU, Medan. Jurnal Online Agroteknologi Vol.5.No.4, (99): 768- 773
- Sudaryo dan Sucipto, 2009. Sudaryo dan Sutjipto. 2009. Identifikasi dan penentuan logam berat pada tanah vulkanik di daerah Cangkringan, Kabupaten Sleman dengan metode Analisis Aktivasi Neutron Cepat, Seminar Nasional V SDM Teknologi, Yogyakarta.

