



**ISOLASI DAN UJI POTENSI BAKTERI PELARUT FOSFAT
DARI LAHAN PERKEBUNAN KELAPA SAWIT (*Elaeis guineensis* Jacq.)**

***ISOLATION AND POTENTIAL TEST OF PHOSPHATE SOLUBILIZING BACTERIA
FROM OIL PALM (*Elaeis guineensis* Jacq.) PLANTATION LAND***

Mariani Sembiring¹, Imam Ramadhan² dan Tioner Purba³

¹Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara, Padang Bulan, Medan 20155, Indonesia

²Program Studi Budidaya Perkebunan, Sekolah Tinggi Ilmu Pertanian Agrobisnis Perkebunan, Medan

³Universitas Simalungun, Sumatera Utara

*Corresponding Email : mariani.sembiring29@yahoo.com/marianisembiring@usu.ac.id

Abstrak

Bakteri pelarut fosfat berpotensi tinggi dalam melarutkan P terikat menjadi P tersedia dalam tanah, mekanisme pelarutan P terkait dengan aktivitas mikroba dalam menghasilkan enzim dan asam organik. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui jenis dan kemampuan bakteri dalam melarutkan P. Penelitian ini dilakukan Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara (USU) pada Januari-Juni 2019. Parameter yang diamati yaitu populasi mikroorganisme pelarut fosfat, uji potensi pada media padat dari beberapa sumber P, analisis asam organik menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatografi* (HPLC), identifikasi bakteri secara *Polymerase Chain Reaction Sequences* (PCR-Sequence). Dari hasil penelitian menunjukkan mikroba yang mempunyai kemampuan tertinggi dalam melarutkan P dan menghasilkan asam organik adalah isolate dengan kode B1 dan hasil identifikasi PCR-Sequence isolat B1 adalah *Burkholderia sp strain IBP-VNS59*.

Kata kunci : asam organik, bakteri pelarut fosfat, indeks pelarutan fosfat, isolasi bakteri, identifikasi bakteri

Abstract

Phosphate solubilizing bacteria has high potential in dissolving P bound into P available in the soil, the mechanism of dissolving P related to the activity of the microbes concerned in producing enzymes and organic acids. This research aims were to determine the type and ability of bacteria that can dissolve P. This research was conducted at the Soil Biology Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Sumatera Utara (USU) in January-June 2019. The observed parameters were the population of phosphate solubilizing microorganisms, potential test on solid media from several P sources, analysis of organic acids using the High-Performance Liquid Chromatography (HPLC) method, identification of bacteria by Polymerase Chain Reaction Sequences (PCR-Sequence). The analysis results indicated that the microbes which had the highest ability to dissolve P and produce organic acids were isolates with B1 code and the results of PCR-Sequence identification of B1 isolates were Burkholderia sp strain IBP-VNS5.

Keywords : organic acid, phosphate solubilizing bacteria, P solubility index, Bacterial isolation, bacterial identification

PENDAHULUAN

Keberadaan mikroorganisme pelarut fosfat dari suatu tempat ke tempat lainnya sangat beragam. Salah satu faktor yang menyebabkan keragaman tersebut adalah sifat biologisnya. Mikroorganisme pelarut fosfat dapat diisolasi dari tanah terutama di sekitar perakaran tanaman yang kandungan fosfatnya rendah, karena bakteri ini menggunakan fosfat dalam jumlah sedikit dan mampu memanfaatkan fosfat tidak tersedia untuk keperluan metabolismenya. Hasil penelitian Fatmala, *et al.*, (2015); Sembiring dan Fauzi (2018) menemukan beberapa jenis mikroba pelarut fosfat pada tanah Andisol.

Di laboratorium, deteksi dan estimasi kemampuan mikroorganisme pelarut fosfat dilakukan dengan menggunakan metode cawan petri. Media selektif yang umum digunakan untuk mengisolasi dan memperbanyak organisme pelarut fosfat adalah media agar Pikovskaya (Rao, 1999) yang berwarna putih keruh, karena mengandung P tidak larut seperti $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Setelah inkubasi potensi mikroorganisme untuk melarutkan fosfat tidak tersedia secara kualitatif

dicirikan oleh zona bening (*halozone*) di sekitar koloni. Populasi dan kemampuan mikroba pelarut fosfat berbeda tergantung jenisnya. Jumlah dan jenis asam organik yang dihasilkan oleh bakteri pelarut fosfat akan berpengaruh terhadap kemampuannya dalam meningkatkan ketersediaan P didalam tanah yang dapat diserap oleh tanaman. Fosfat dapat diikat sebagai anion yang dapat dipertukarkan dan dapat terikat dalam bentuk yang tidak dapat diabsorpsi tanaman. Sebagai akibat dari sifat kimia fosfat, konsentrasi fosfat dalam larutan tanah adalah rendah (Nurhajati *et al.*, 1986).

Bakteri pelarut fosfat berpotensi tinggi dalam melarutkan P terikat menjadi P tersedia dalam tanah, mekanisme pelarutan P dari bahan yang sukar larut terkait dengan aktivitas mikroba bersangkutan dalam menghasilkan enzim dan asam organik. Mekanisme mikroorganisme dalam melarutkan P tanah yang terikat dan P yang berasal dari alam diduga karena asam-asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan AlPO_4 , FePO_4 , dan $\text{Ca}(\text{PO}_4)_2$, dari reaksi tersebut terbentuk khelat organik dari Al, Fe, dan

Ca sehingga P terbebaskan dan larut serta tersedia untuk tanaman (Rao, 1999) Jenis bakteri (*Pseudomonas sp.* dan *Pseudomonas aurantiogesum*) lebih efektif dalam melarutkan P dalam bentuk Ca-P seperti apatit dan brushit (Illmer *et al.*, 1995). Dari hasil penelitian Siswana *et al.*, (2019); Silitonga *et al.*, (2019) aplikasi mikroba pelarut fosfat dapat meningkatkan ketersediaan P dalam tanah. Dari uraian diatas dirasa perlu untuk mengetahui jenis dan kemampuan bakteri pelarut fosfat dalam meningkatkan ketersediaan P didalam tanah.

METODE PENELITIAN

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Biologi Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Sumatera Utara (USU). Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Januari – Juni 2019.

Bahan yang digunakan dalam penelitian yaitu Tanah, bahan media *Pikovskaya* (Glukosa 10 gram, Agar 20 gram, *Yeast extract* 0,5 gram, Aquades 1 liter, $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ 5 gram, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ 0,5 gram, MgSO_4 0,5 gram, MnSO_4 0,002 gram, FeSO_4 0,002 gram, KCl 0,2 gram) kapas, cling, aluminium foil, alkohol, emersi. Dan berbagai macam peralatan gelas (cawan petri, erlenmeyer, tabung reaksi, gelas ukur), neraca analitik,

preparat, mikroskop, pH meter, *shaker*, *autoklaf*, *laminar air flow*, stirer, magnetik stirer, inkubator, *rotary mixer*, bunsen, oven, jarum ose.

Pengambilan contoh tanah dilakukan di PT. Perkebunan Nusantara IV Kebun Unit Adolina. Contoh tanah diambil pada 3 kedalaman T1 : 0-10 cm, T2 : 10-20 cm dan T3 : 20-30 cm, tanah diambil sebanyak 1 kg untuk setiap kedalaman.

Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat

Tanah sebanyak 10 g dilarutkan dalam air fisiologis (larutan NaCl 0.85%), selanjutnya diencerkan secara serial sampai tingkat pengenceran 10^5 kali. Sebanyak 1 ml suspensi ini dibiarkan pada agar cawan yang mengandung larutan *Pikovskaya*, lalu diinkubasi pada suhu kamar selama dua hari. Medium ini berwarna putih keruh karena mengandung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$. Koloni yang dikelilingi zona berwarna terang jernih atau zona bening menunjukkan adanya pelarutan fosfat. Koloni-koloni bakteri pelarut fosfat yang diinginkan selanjutnya difurifikasi (dimurnikan) dengan metode cawan gores dan disimpan di dalam medium agar-miring *Pikovskaya*.

Analisis Asam Organik

Sel bakteri diinokulasikan sejumlah 8×10^9 pada 10 ml medium *Pikovskaya*, sumber fosfat adalah batuan fosfat (RP),

diinkubasikan selama 3 dan 7 hari pada suhu kamar pada *shaker* 100 rpm. Pada akhir inkubasi kultur *disentrifugasi* pada putaran 7.500 rpm, pada suhu 25⁰C selama 20 menit. Filtrat yang diperoleh digunakan untuk menentukan kadar asam organik yaitu: sitrat, oksalat, format, suksinat, butirat, asetat, propionate, dan malat. Penetapan dilakukan dengan *High Performance Liquid Chromatography* (HPLC) dengan menggunakan kolom *Aminex* ®HPX-87H, 300 mm x 7,8 mm pada suhu 35⁰C.

Uji potensi media padat

Bakteri pelarut fosfat yang telah diisolasi kemudian diuji pada cawan petri yang berisi media *Pikovskaya* padat steril dengan sumber fosfat digunakan Ca₃(PO₄)₂, AlPO₄, FePO₄ dan Rock Fosfat (RP). Media uji dimasukkan dalam cawan petri dan dibiarkan mengeras. Setiap isolat bakteri ditumbuhkan pada media uji dengan 2 ulangan agar didapatkan rata-rata hasil yang valid. Inkubasi dilaksanakan selama 7 hari. Mikroba pelarut fosfat yang membentuk *holozone* paling cepat dengan diameter paling besar secara kualitatif di sekitar koloni menunjukkan besar kecilnya potensi bakteri pelarut fosfat dalam melarutkan unsur P dari bentuk yang tidak terlarut.

Kemudian dihitung potensi dengan menggunakan nilai indeks pelarutan.

$$IPF = \frac{d_{zb} - d_k}{d_k}$$

dimana, IPF = Indeks Pelarutan Fosfat

d_{zb} = diameter zona bening

d_k = diameter koloni

Identifikasi Isolat

Hasil seleksi bakteri pada media *Pikovskaya* padat, cair dan pada tanah Andisol. Diperoleh satu bakteri yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat yang terbaik bila dibanding dengan yang lainnya. Mikroba yang terpilih dari bakteri diidentifikasi dengan menggunakan amplifikasi PCR 16SrRNA dengan *sequencing* dari GeneBank kemudian di *BLAST-Alignment*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolasi Bakteri Pelarut Fosfat

Hasil isolasi bakteri pelarut fosfat diperoleh 5 isolat yang mampu membentuk zona bening yang merupakan ciri dari mikroba pelarut fosfat. Hasil isolasi bakteri pelarut fosfat yang diperoleh disajikan pada Tabel 1.

Penghitungan populasi mikroba pelarut fosfat dilakukan pada setiap kedalaman tanah. Hasil perhitungan

populasi mikroba diperoleh bahwa terdapat perbedaan populasi bakteri pada setiap kedalaman. Pada kedalaman 0-10 cm menghasilkan populasi bakteri pelarut fosfat sebesar 18×10^5 dengan pH 6,8. Hal ini disebabkan kondisi tanah memiliki kelembaban dan pH yang baik sehingga pertumbuhan bakteri pelarut fosfat pada kedalaman tersebut optimal. Pada kedalaman 10-20 cm menghasilkan populasi bakteri pelarut fosfat yaitu sebesar 6×10^5 dengan pH 6,6 dan pada kedalaman 20-30 cm menghasilkan populasi bakteri pelarut fosfat yaitu sebesar 2×10^5 dengan pH 4,8. Hal ini terjadi karena tanah dengan kedalaman 20-30 cm memiliki pH yang sangat asam yang merupakan kondisi kurang optimal bagi pertumbuhan bakteri. Menurut (Soegiman, 1982), populasi bakteri terbanyak terdapat di horizon permukaan, karena memiliki temperatur, kelembaban, aerasi dan makanan lebih banyak pada permukaan tanah. Jumlah bakteri dalam tanah tersebut cenderung

sangat besar, berkisar antara 3 - 4 milyar dalam tiap gram tanah. Tingkat kemasaman atau pH merupakan salah satu faktor yang sangat mempengaruhi populasi bakteri pelarut fosfat didalam tanah(Rao, 1999)

Pada Gambar1 dapat dilihat secara makroskopis bahwa pertumbuhan isolat bakteri pada media pikovskaya padat berbeda bentuk dan ukurannya serta kemampuannya dalam membentuk zona bening. Hal ini sesuai dengan pendapat Havlin, dkk. 1999; Maliha, dkk (2004) yang menyatakan kemampuan mikroba dalam melarutkan P terlihat dari kemampuannya membentuk zona bening. Daerah bening pada media padat tidak dapat menunjukkan banyak sedikitnya jumlah P terlarut yang dihasilkan bakteri pelarut fosfat, namun luas sempitnya daerah bening pada media padat dapat menunjukkan besar kecilnya bakteri dalam melarutkan P. Menurut Havlin *et al.*, (1999) bakteri pelarut P mempunyai kemampuan berbeda dalam melarutkan P.

Tabel 1. Isolasi dan Populasi Bakteri Pelarut Fosfat

Kedalaman (cm)		Kode Isolat				pH Tanah	Populasi Bakteri (CPU)
0-10	-	B1	B2	B3	-	6,8	18×10^5
10-20	-	-	B4	-	-	6,6	6×10^5
20-30	B5	-	-	-	-	4,8	2×10^5

B1	B2	B3	B4	B5
-----------	-----------	-----------	-----------	-----------



Gambar 1. Bentuk koloni bakteri pelarut fosfat dan kemampuannya membentuk zona bening

Kemampuan Bakteri Pelarut Fosfat dalam Menghasilkan Asam Organik

Hasil analisis asam organik dengan menggunakan metode *High Performance Liquid Chromatografi* (HPLC) dapat dilihat pada Tabel 2. Hasil analisa bakteri pelarut fosfat hanya menghasilkan asam organik malat tetapi memiliki kadar yang berbeda-beda. Kadar asam organik tertinggi

dihasilkan oleh isolat B1 sebesar 375,68 ppm dan kadar asam organik terendah dihasilkan oleh isolat B3. Asam organik malat termasuk kedalam golongan asam organik yang memiliki keefektifan sedang. Mikroba pelarut fosfat dengan asam organik yang dihasilkannya mampu melepaskan P dari ikatannya menjadi bentuk tersedia (Setiawati, 2008).

Tabel 2. Asam organik yang dihasilkan oleh isolat bakteri pelarut fosfat

Isolat	Hasil Analisis Asam Organik (ppm)			
	Malat	Asetat	Sitrat	Oksalat
B1	375,68	Ttd	Ttd	Ttd
B2	174,20	Ttd	Ttd	Ttd
B3	97,64	Ttd	Ttd	Ttd
B4	147,20	Ttd	Ttd	Ttd
B5	137,94	Ttd	Ttd	Ttd

Keterangan : Ttd : Tidak terdeteksi

Menurut Premono (1994), kecepatan pelarutan P dari mineral P oleh asam organik ditentukan oleh beberapa faktor diantaranya adalah kadar asam organik dalam larutan tanah. Proses pelarutan fosfat terjadi karena efektivitas BPF mereduksi pH substrat dengan

mensekresi sejumlah asam-asam organik “*non-volatile*” (asam sitrat, asam glutamat, asam suksinat, asam laktat, asam oksalat, asam glikooksalat, asam malat, asam fumarat, asam tartarat, asam alfa ketobutirat) yang dihasilkan oleh mikroba tersebut dan berakibat pada terjadinya

pelarutan P terikat. Asam-asam tersebut akan mengikat kation dalam bentuk kompleks yang stabil dengan Ca^+ , Mg^{2+} , Fe^{3+} , dan Al^{3+} (Rao, 1999).

Uji potensi Bakteri Pelarut Fosfat Melarutkan P pada Media *Pikovskaya*

Kemampuan mikroba membentuk zona bening berkorelasi terhadap jumlah P yang dapat dilarutkan secara kualitatif, maka pengukuran zona bening dilakukan dengan menghitung nilai indeks pelarutan P tiap isolat. Hasil pengukuran indeks pelarutan fosfat oleh bakteri dapat dilihat pada Tabel 3. Besarnya fosfat terlarut yang dihasilkan tiap isolat BPF bervariasi satu dengan yang lainnya. Hal ini menunjukkan setiap bakteri pelarut fosfat mempunyai kemampuan secara genetik yang berbeda-beda. Zona bening yang terlihat disekitar koloni menunjukkan kemampuan mikroba dalam melarutkan fosfat karena menghasilkan asam organik, enzim fosfatase yang berperan dalam pelarutan fosfat. Berdasarkan hasil uji pada media padat pikovskaya dari beberapa sumber P yang digunakan dapat dilihat bahwa isolat bakteri pelarut fosfat yang diperoleh mampu melarutkan P dari beberapa sumber P yang digunakan walaupun kemampuan dari masing-masing mikroba berbeda.

Perbedaan kemampuan mikroba pelarut fosfat dalam melarutkan fosfat dipengaruhi oleh kemampuan mikroba dalam menghasilkan asam organik (Havlin *et al.*, 1999).

Kelima isolat mampu melarutkan P dari ke empat sumber P ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, AlPO_4 , FePO_4 , RP) dan menghasilkan asam organik yang berbeda. Isolat B1 menghasilkan P tersedia paling besar berasal dari FePO_4 sebesar 2,43 dan P tersedia paling kecil berasal dari AlPO_4 sebesar 1,07. Isolat B2 menghasilkan P tersedia paling besar berasal dari FePO_4 sebesar 2,40 dan menghasilkan P tersedia paling kecil berasal dari RP sebesar 1,01. Isolat B3 menghasilkan P tersedia paling besar berasal dari AlPO_4 sebesar 1,64. Isolat B4 menghasilkan P tersedia paling besar berasal dari FePO_4 sebesar 2,27. Isolat B5 menghasilkan P tersedia paling besar berasal dari $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ sebesar 2,09. Pelarutan fosfat yang paling tinggi pada isolat B1 pada media FePO_4 yaitu 2,43 dan memiliki hasil kelarutan terendah pada isolat B2 pada media RP yaitu 1,01.

Goenadi (1993); Gupa *et al.*, (2007) juga menyatakan bahwa setiap jenis BPF mempunyai kemampuan berbeda secara genetik dalam menghasilkan jumlah jenis asam-asam organik yang berperan dalam

menentukan tinggi rendahnya pelarutan P. Perbedaan dalam menghasilkan asam organik oleh mikroba yang mempengaruhi kemampuan mikroba dalam melarutkan P dari beberapa sumber P yang berbeda

kelarutannya. Khan *et al.*, (2013) menyatakan bahwa kemampuan bakteri dalam melarutkan fosfat dapat diuji dengan menumbuhkannya pada media *Pikovskaya* yang mengandung $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$.

Kode Isolat	Sumber P	Indeks Pelarutan P / Hari pengamatan						
		1	2	3	4	5	6	7
B1	$\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$	1,75	1,77	2,36	1,52	1,66	1,60	1,57
B2		2,17	1,69	1,75	1,28	1,18	1,20	1,34
B3		1,22	1,50	1,19	1,32	1,08	1,12	1,09
B4		1,50	2,09	1,35	1,45	1,41	1,41	1,24
B5		2,09	1,18	1,18	1,19	1,20	1,24	1,49
B1	AlPO_4	1,92	2,00	1,08	1,15	1,21	1,19	1,07
B2		2,36	2,36	1,53	1,10	1,12	1,05	1,07
B3		1,64	1,50	1,23	1,18	1,16	1,10	1,10
B4		1,71	1,36	1,38	1,32	1,63	1,42	1,28
B5		1,24	1,20	1,17	1,20	1,21	1,16	1,16
B1	FePO_4	2,43	1,81	1,76	1,61	1,64	1,71	1,94
B2		1,61	1,55	1,37	1,40	2,40	1,04	1,23
B3		1,39	1,14	1,04	1,07	1,11	1,09	1,48
B4		1,47	1,06	1,08	1,13	2,27	1,15	1,04
B5		1,56	1,15	1,03	1,08	1,24	1,19	1,66
B1	RP	1,79	1,67	1,52	1,50	1,40	1,31	1,38
B2		1,43	1,60	1,01	1,02	1,03	1,05	1,05
B3		1,57	1,19	1,14	1,17	1,12	1,22	1,07
B4		1,10	1,03	1,30	1,34	1,25	1,42	1,28
B5		1,93	1,04	1,15	1,51	1,44	1,34	1,46

Tabel 3. Indeks pelarutan Fosfat oleh Bakteri pada media *Pikovskaya* padat

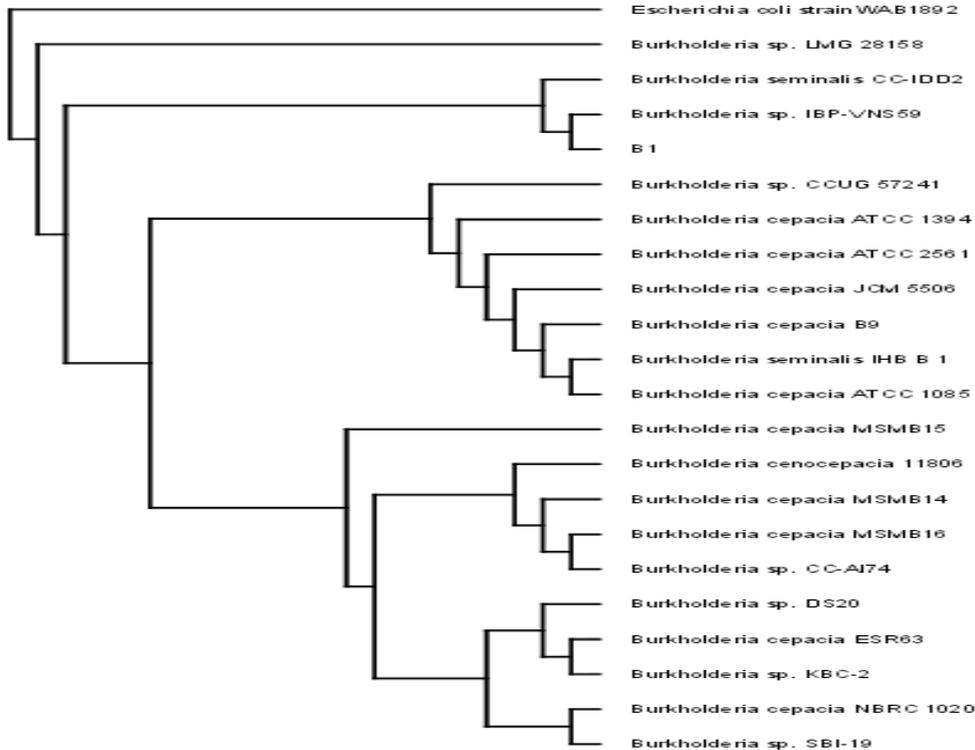
Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat

Mikroba terpilih dengan kriteria kemampuan melarutkan P dan kemampuan menghasilkan asam organik diidentifikasi menggunakan PCR. Hasil PCR-*Sequences* yang diperoleh berupa data mentah yang harus diolah menggunakan berbagai

aplikasi, kemudian digunakan sebagai data mentah pada program BLAST (*Basic Local Alignment Search Tool*). Identitas suatu gen yang telah diketahui sekuennya dapat ditentukan dengan membandingkan sekuen yang diketahui dengan data sekuen yang terdapat di *GenBank* yaitu *National Centre for Biotechnology Information* atau NCBI.

Data tersebut akan disejajarkan (*multiple alignment*) dengan data yang tersimpan di *GenBank* yang bertujuan untuk mencari

similaritas suatu sekuen nukleotida atau protein dengan sekuen *database* pada *GenBank* (Sugianto, 2015).



Gambar 2. Filogenetik Isolat B1 dan Isolat yang mendekati

Gambar 2 menunjukkan bahwa isolat B1 adalah jenis bakteri *Burkholderia sp.* strain *IBP-VNS59* yang memiliki persen similaritas 96% dengan Isolat yang mendekati strain yaitu bakteri *Burkholderia sp.* strain *IBP-VNS59*. Gupta *et al.*, (2007) menyatakan bahwa *Burkholderia* mampu meningkatkan serapan hara tanaman. Hasil penelitian Sembiring *et al.*, (2017a, 2017b, 2017c); Sembiring *et al.*, (2018) Masdariah *et al.*, (2019) menunjukkan bahwa aplikasi

Burkholderia cepacia dapat meningkatkan ketersediaan P pada tanah.

KESIMPULAN

1. Terdapat 5 isolat yang ditemukan pada 3 kedalaman tanah yaitu B1, B2, B3, B4 dan B5. Isolat bakteri pelarut fosfat yaitu B1 memiliki kemampuan terbaik dalam melarutkan sumber P (FePO_4) pada media padat.

2. Isolat bakteri pelarut fosfat dengan kode B1 adalah yang terbaik dalam menghasilkan asam malat yaitu 375,68 ppm.

3. Isolat B1 termasuk ke dalam jenis *Burkholderia sp.* strain IBP-VNS59.

DAFTAR PUSTAKA

- Fatmala, V. 2015. Eksplorasi Potensi Jamur Pelarut Fosfat Pada Andisol Terkena Dampak Erupsi Gunung Sinabung Dengan Beberapa Ketebalan Abu Di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. Skripsi. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Goenadi, D. H. dan Saraswati, R. 1993. Kemampuan Melarutkan Fosfat dari Beberapa Isolat Fungi Pelarut Fosfat. Menara Perkebunan 61(3): 61-66.
- Gupta, N., J. Sabat, R. Parida, dan D. Kerkatta. 2007. Solubilization of Tricalcium Phosphate And Rock Phosphate by Microbes Isolated From Chromite, Iron and Manganese Mines. Acta Bot Croat 66:197 – 204.
- Havlin, J. L., J. D. Beaton, S. L. Tisdale, and W.L. Nelson. 1999. Soil Fertility and Fertilizer. An Introduction to Nutrient Management. Sixth ad. Prentice Hall, New Jersey.
- Khan, M. S., E. Ahmad, A. Zaidi, and M. Oves. 2013. Functional aspect of phosphate solubilizing bacteria: importance in crop production. In: Maheshwari DK *et al* (eds) Bacteria in agrobiolgy: crop productivity. Springer, Berlin, pp 237–265.
- Masdariah, M. Sembiring, Mukhlis dan Rosneli. 2019. The increasing of phosphorus availability and corn growth (*Zea mays* L.) with the application of phosphate solubilizing microbes and some sources of organic materials on Andisol. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 260 (012166).
- Maliha, R., K. Samina, A. Najma, A. Sadia, and L. Farooq. 2004. Organic Acid Production and Phosphate Solubilization by Phosphate Solubilizing Microorganisms Under In Vitro Conditions. Pak J Biol Sci 7:187–196.
- Nurhajati, H., M. Y. Nyakpa, A. M. Lubis, S.G. Nugroho, M.R. Saul, M.A. Diha, H. Bailey. 1986. Dasar-Dasar Ilmu Tanah. Kesuburan Tanah. UNILA. Lampung.
- Premono, E. 1994. Jasad Renik Pelarut Fosfat Pengaruhnya Terhadap P-Tanah dan Efisiensi Pemupukan P-Tanaman Tebu. Program PascaSarjana. IPB. Bogor.
- Rao, N. S. 1999. Soil Microbiolog (Fourth Edition of Soil Microorganism and Plant Growth). Science Publisher, Inc. New Hampshire, USA.
- Sembiring, M. and Fauzi. 2017a. Bacterial and Fungi Phosphate Solubilization Effect to Increase Nutrient Uptake and Potatoes (*Solanum tuberosum* L.) Production on Andisol Sinabung Area. Journal of Agronomy 16(3) :131-137

- Sembiring, M., D. Elfiati, E.S. Sutarta, and T., Sabrina. 2017b. Phosphate Solubilization Agents in Increasing Potatoes Production on Andisol Sinabung Area. *Asian journal of Plant Sciences*. 16(3) :141-148.
- Sembiring, M., S. Alifa, and Bintang. 2017c. Phosphate Fertilization Efficiency Through The Use of Microbial Phosphate Solubilization to Boost Growth of Mustard (*Brassica juncea* L.) in Andisol Affected by Sinabung Earuption. *Journal of Applied Horticulture* 19(3): 196-19
- Sembiring M, Jefri, Sakiah, and M. Wahyuni. 2018. The Inoculation of *Mycorrhiza* and *Talaromyces Pinophilus* Toward The Improvement in Growth and Phosphorus Uptake of Oil Palm Seedlings (*Elaeis guineensis* Jacq.) on Saline Soil Media. *Bulg. J. Agric. Sci.* 24 (4).
- Silitonga, N., M. Sembiring, P. Marbun, and Rosneli. 2019. Application of Phosphate Solubilizing Fungi and Various Sources of P-Fertilizers Toward P-Available And P Nutrient Content Of Soybean (*Glycine max* L. Merrill) in Andisol Soil. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 260 (012159).
- Siswana, S. R., M. Sembiring, H. Hanum, and Rosneli. 2019. The Effect of Phosphate Solubilizing Microbes and Chicken Manure in Increasing The P Availability and Growth of Green Beans (*Phaseolus radiatus* L.) on Andisol. IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science 260 (012160).
- Setiawati, T. C. dan Mihardja, P. A. 2008. Identifikasi dan Kuantifikasi Metabolit Bakteri Pelarut Fosfat dan Pengaruhnya terhadap Aktivitas *Rhizoctonia solani* pada Tanaman Kedelai. *J. Tanah Trop* 13(3): 23.
- Soegiman. 1982. Ilmu Tanah. Terjemahan The Nature and Properties of Soil. The Macmillan Company, New York, 1969. Penerbit Bhratara Karya Aksara. Jakarta.
- Sugianto, I. P. S., H. Widjajanti, dan Muharni. 2015. Identifikasi Isolat Bakteri Pelarut Fosfat dari Rhizosfer Mangrove di Kawasan Taman Nasional Sembilang Sumatera Selatan Dengan Pendekatan Biologi Molekuler Berbasis Gen 16S-Rrna. *Jurnal Ilmiah Sidang Sarjana*. Universitas Sriwijaya, Palembang.