

**EKSPLORASI BAKTERI PELARUT FOSFAT DI LAHAN GAMBUT BERENG
BENGKEL, KALIMANTAN TENGAH**
(*Phosphate Solubilizing Bacteria Eksplorasi in Peatland Bereng Bengkel, Central Kalimantan*)

Krestina, W.¹⁾

¹⁾Fakultas Keguruan dan Ilmu Pendidikan Universitas Palangka Raya
Telp. 081212740040 Email: widyakrestina@yahoo.com

Disetujui :15/08/2018

Disetujui : 09/09/2018

ABSTRACT

The high availability of organic compounds in peatlands is stored capital and can be converted into elements by soil microbe. The high organic content causes nutrients in the soil cannot be directly utilized by plants. Phosphate solubilizing bacteria are soil bacteria that capable of solubilizing phosphate, turns it into an available form in the soil. The aims of this research are to discover the existence of a phosphate solubilizing bacteriagenus and obtain potential pure isolates from Bereng Bengkel peatland, Central Kalimantan. Bacteria isolation using selective media Pikovskaya with pour plate method. The isolation results are five phosphate solvent bacterial isolates (BPF1, BPF2, BPF3, BPF4, BPF5) which form halozone. Based on the characterization results referring to the *Bergey's Manual of Determinative of Microorganism* through macroscopic observation, microscopic observation and physiological testing. BPF1 and BPF5 isolates were the genus *Rhodococcus* genus, BPF2 isolates were the *Rhizobium* genus, BPF3 isolates were the *Micorococcus* genus, BPF4 isolates were the *Serratia* genus

Keywords: Phosphate solubilizing bacteria, peatland, soil bacteria

ABSTRAK

Ketersediaan senyawa organik yang tinggi di lahan gambut merupakan modal yang tersimpan dan dapat dilepaskan dalam bentuk unsur dengan menggunakan jasa mikroba tanah. Tingginya kandungan bahan organik menyebabkan unsur-unsur hara yang berada di dalam tanah tidak bisa langsung dimanfaatkan oleh tumbuhan. Bakteri pelarut fosfat merupakan bakteri tanah yang memiliki kemampuan melarutkan fosfat, mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia di dalam tanah. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui keberadaan genus dari bakteri pelarut fosfat dan mendapatkan isolat murni yang potensial dari lahan gambut Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah. Sampel tanah diambil secara acak dari lahan gambut di Bereng Bengkel. Isolasi dilakukan dengan metode *pour plate* menggunakan media agar selektif *Pikovskaya*. Hasil isolasi didapatkan lima isolat murni bakteri pelarut fosfat (BPF1, BPF2, BPF3, BPF4, BPF5) yang membentuk zona bening. Berdasarkan hasil karakterisasi mengacu pada *Bergey's Manual of Determinative of Microorganism* melalui pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis dan uji fisiologis. Isolat BPF1 dan BPF5 adalah genus *Rhodococcus*, isolat BPF2 adalah genus *Rhizobium*, isolat BPF3 adalah genus *Micorococcus*, isolat BPF4 adalah genus *Serratia*.

Kata kunci : Bakteri pelarut fosfat, lahan gambut, bakteri tanah

PENDAHULUAN

Lahan gambut merupakan ekosistem yang unik dan dapat menjadi penyedia jasa lingkungan yang tinggi. Berdasarkan data Incas Indonesia (2011) Kalimantan Tengah merupakan provinsi yang memiliki lahan gambut terluas di pulau Kalimantan dengan luas gambut 2,659,000 ha. Ketersediaan senyawa organik yang tinggi di lahan gambut merupakan modal yang tersimpan dan dapat dilepaskan dalam bentuk unsur dengan menggunakan jasa mikroba tanah. Mikroba tanah merupakan bagian terpenting dari kehidupan di dunia, karena merupakan bagian dari sistem biologi dan kimia, serta kehidupan flora, fauna dan mikroba sendiri. Mikroba tanah seperti Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) juga berperan penting dalam ekosistemnya sebagai perombak bahan organik, mensintesis dan melepaskan kembali dalam bentuk bahan organik yang tersedia bagi tanaman, serta dapat mempertahankan ekosistem alam (Widawati, 2006). Agar dapat meningkatkan tingkat potensi dan produktivitas lahan gambut di daerah Kalimantan Tengah, maka perlu didukung data dan informasi tentang bakteri tanah. Salah satunya adalah dengan mengeksplorasi bakteri pelarut fosfat pada tanah gambut.

Bakteri pelarut fosfat (BPF) merupakan kelompok bakteri tanah yang memiliki kemampuan melarutkan P yang terfiksasi dalam tanah dan mengubahnya menjadi bentuk yang tersedia sehingga dapat diserap tanaman sehingga ketersediaan fosfat bagi tanaman dapat ditanggulangi dengan agen hayati berupa mikroorganisme yang mampu melarutkan fosfat di tanah secara alami (Khan, 2009). Kemampuan bakteri pelarut fosfat dalam menyediakan unsur P telah banyak dilaporkan. Isolat bakteri pelarut fosfat jenis *Bacillus pantotheticus*, *Klebsiella aerogenes*, *Chromobacterium lividum* dan *B. megaterium* sebagai inokulan padat yang dapat memacu pertumbuhan tanaman kacang (Widawati, 2005), pemberian BPF berpengaruh nyata terhadap tinggi, berat kering tajuk, berat kering akar, persentase polong bernas, persentase polong total, berat 100 biji dan berat biji panen tanaman kacang

hijau (Aditya, 2015), *Bacillus* sp. dan *Pseudomonas* sp. merupakan kelompok bakteri pelarut fosfat yang dapat meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dan juga kemampuan produksi antibiotik sehingga dapat menekan penyakit dari jamur patogen *Peronosclerospora maydis* pada tanaman (Jatnika *et al*, 2013). Sebagai upaya untuk mengetahui keberadaan bakteri pelarut fosfat pada tanah gambut, maka dilakukan isolasi dan identifikasi BPF. Penelitian ini dilakukan bertujuan untuk mengetahui keberadaan dan mengidentifikasi genus bakteri pelarut fosfat di tanah gambut Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah.

BAHAN DAN METODE

Bahan

Sampel tanah yang diambil dari lahan gambut daerah Bereng Bengkel dan media agar *Pikovskaya* (10 gr glukosa; 5 gr $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$; 0.5 gr $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$; 0.1 gr $\text{MgSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$; MnSO_4 dan FeSO_4 sedikit; 0.5 gr ekstrak ragi; dan 15 gr agar dan 1 L Akuades) (Santosa, 2007)

Pengambilan Sampel Tanah

Pengambilan sampel tanah dilakukan di lahan gambut di daerah Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah. Sampel tanah yang diambil secara acak di beberapa area kecil permukaan tanah, sampel diambil pada bagian tanah rizosfer dengan kedalaman 5 cm menggunakan bor tanah kemudian disimpan di dalam wadah steril dan juga dilakukan pengukuran pH pada tanah.

Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat

Sampel tanah sebanyak 25 g dicampurkan ke dalam 225 ml akuades steril kemudian diencerkan sampai dengan 10^{-4} . Suspensi tanah diambil 1 ml lalu dituangkan ke dalam cawan petri media *Pikovskaya* dan dihomogenkan lalu diinkubasi pada suhu kamar. Pertumbuhan diamati setiap hari. Koloni yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening (*hallozone*) diindikasikan sebagai isolat yang mampu melarutkan fosfat. Identifikasi dilakukan dengan pengamatan makroskopis, pengamatan

mikroskopis dan uji fisiologis. Untuk mengetahui karakter fisiologi masing-masing isolat, setiap jenis bakteri yang diperoleh diidentifikasi dengan menggunakan Kit Microbact 24 E (12E/12A+12B). Isolat murni bakteri pelarut fosfat kemudian diidentifikasi berdasarkan karakteristik yang mengacu pada *Bergey's Manual of Determinative of Microorganism*.

HASIL DAN PEMBAHASAN

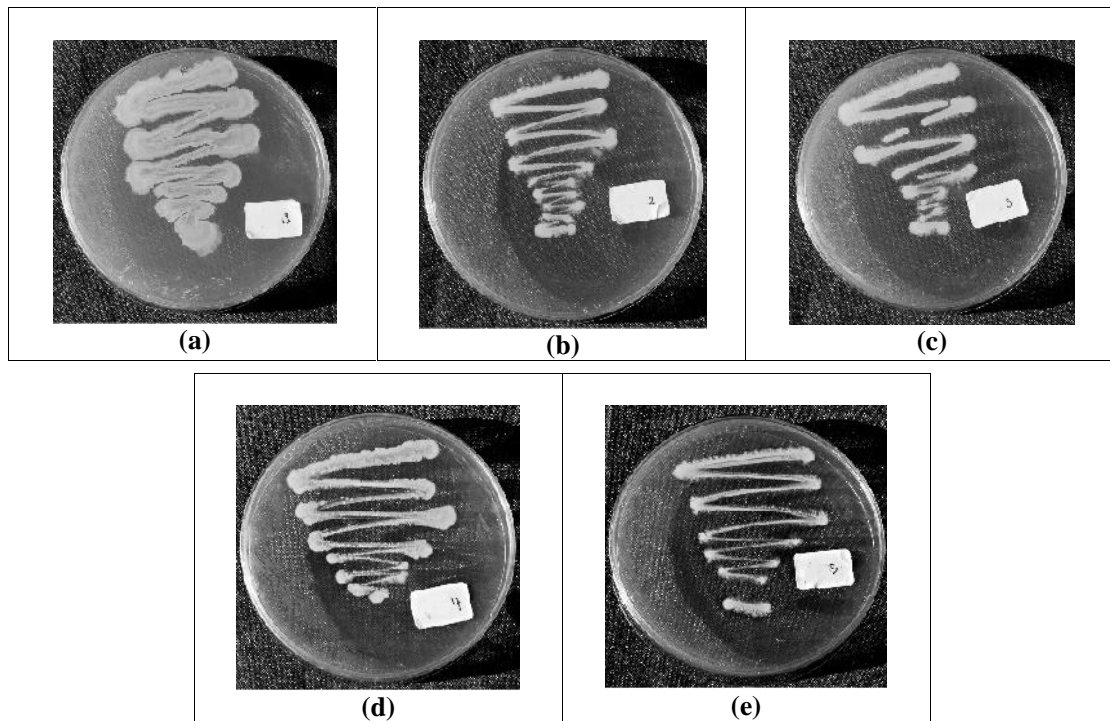
Isolasi bakteri pelarut fosfat dari sampel tanah dari lahan gambut di Bereng Bengkel, Kalimantan Tengah ditandai dengan terbentuknya koloni pada media selektif *Pikovskaya*, menurut Larasati *et al* (2018) uji positif adanya bakteri pelarut fosfat terlihat dari terbentuknya zona bening disekitar koloni bakteri yang tumbuh pada media selektif *Pikovskaya* dan terjadi penambahan ukuran pada koloni, zona bening merupakan tanda awal ada atau tidaknya pelarutan fosfat oleh bakteri (Silaen, 2015). Terbentuknya zona bening di sekitar koloni menunjukkan bahwa isolat ini mampu menghasilkan asam-asam organik yang mampu berikatan dengan ion Ca^{2+} membentuk senyawa $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ dan membebaskan ion H_2PO_4^- sehingga isolat ini dapat membentuk area yang berwarna lebih jernih pada media *Pikovskaya* (Sagervansh *et al*, 2012).

Setiap koloni yang tumbuh pada media dipilih yang memiliki bentuk koloni tunggal dan diberi kode isolat BPF. Isolat terpilih diinokulasikan kembali ke media *Pikovskaya* dalam cawan petri untuk dilakukan pemurnian dengan metode *streak*. Koloni tunggal yang tumbuh kemudian dipindahkan ke media *Pikovskaya* miring dan dikarakterisasi. Dari proses isolasi diduga ada 5 jenis isolat yang mengandung bakteri pelarut fosfat. Menurut Dwijoseputro (2005) koloni bakteri memiliki sifat-sifat khusus dalam medium padat, dimana bentuk koloni dapat digambarkan sebagai titik, bulat atau

sirkular, filament, dan tak teratur. Permukaan koloni dapat rata, timbul rata, melengkung, mencembung, membukit dan serupa kawah, sedangkan tepian koloni dapat berbentuk utuh, berbelah atau lobate, berbenang atau filamentus, dan keriting. Kelima koloni tersebut diidentifikasi dengan pengamatan makroskopis, pengamatan mikroskopis dan uji fisiologis.

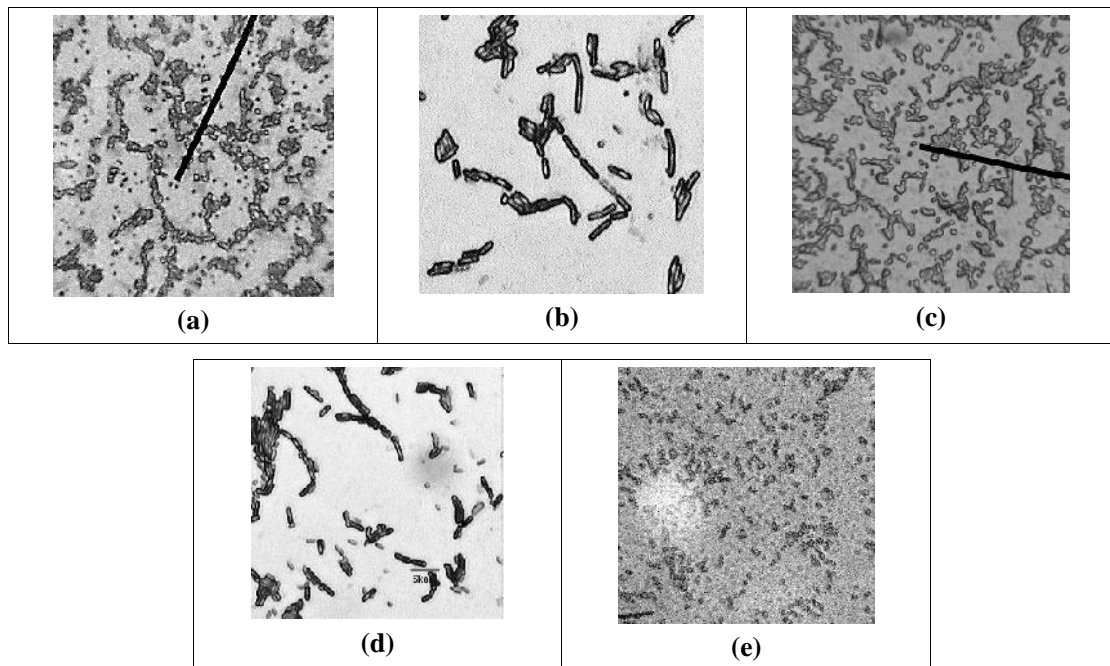
Berdasarkan pengamatan yang dilakukan secara makroskopis (Gambar 1) dan mikroskopis (Gambar 2), dan juga hasil pengamatan pada uji fisiologis (Tabel 1) dapat dilihat jika Isolat BPF1 memiliki koloni berwarna putih kuning, dimana bentuk koloni irregular dengan tepian koloni rata, elevasi flat, optik opaque dengan permukaan berkerut, gram positif, sel berbentuk coccoid dan tidak motil. Isolat BPF2 memiliki koloni berwarna putih, berbentuk rhizoid dengan tepi filament, elevasi flat, optik opaque, permukaannya halus mengkilap, sel berbentuk batang, merupakan gram negatif dan bersifat motil. Isolat BPF3 memiliki koloni yang permukaannya halus mengkilap dengan warna putih kekuningan, memiliki bentuk koloni bulat dengan tepian filament, elevasi flat, optik opaque, merupakan gram positif dengan bentuk coccoid dan bersifat motil. Isolat BPF4 memiliki koloni berwarna putih kuning dengan bentuk bulat, memiliki permukaan yang halus mengkilap dengan tepi yang berfilamen, elevasi flat, optik opaque, gram positif, sel berbentuk batang dan bersifat motil. Isolat BPF5 koloninya berwarna putih berbentuk bulat, memiliki tepi koloni filament dengan permukaannya yang halus mengkilap, elevasi flat, optik opaque, gram positif, sel berbentuk coccoid dan tidak motil.

Berdasarkan pengamatan makroskopis dan uji fisiologis maka didapatkan hasil analisa tingkat kesamaan yang mengacu pada *Bergey's Manual of Determinative of Microorganism* dan didapatkan 4 genus yaitu *Rhodococcus*, *Serratia*, *Micrococcus* dan *Rhizobium*.



Gambar 1. Isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)

Keterangan: (a) Isolat BPF1 (b) Isolat BPF2 (c) Isolat BPF3 (d) Isolat BPF4 (e) Isolat BPF5



Gambar 2. Sel Bakteri Pelarut Fosfat

Keterangan: (a) Sel BPF1 (b) Sel BPF2 (c) Sel BPF3 (d) Sel BPF4 (e) Sel BPF5

Tabel 1. Tabel Uji Fisiologis Isolat Bakteri Pelarut Phospat (BPF) 12A dan 12B

Uji Fisiologis 12 A	Isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)					Uji Fisiologis 12B	Isolat Bakteri Pelarut Fosfat (BPF)				
	1	2	3	4	5		1	2	3	4	5
Oksidase	+	+	+	+	+	Gelatin	+	-	-	+	+
Katalase	+	+	+	+	-	Malonat	-	+	-	-	-
Red. Nitrat	+	+	+	+	+	Inositol	-	+	-	-	-
Lysine	-	+	-	-	-	Sorbitol	-	-	-	-	-
Ornithine	-	-	-	-	-	Ramnos	-	-	-	-	-
H ₂ S	-	-	-	-	-	Sukrosa	-	-	-	-	-
Glukosa	-	+	-	-	-	Laktosa	-	-	-	-	-
Manitol	-	-	-	-	-	Araginosa	+	+	-	+	+
Xylosa	+	+	+	-	+	Adonitol	-	+	-	-	-
ONPG	+	-	-	+	-	Rafinos	-	-	-	-	-
Indole	-	-	-	-	-	Salisin	-	+	-	-	-
Urease	-	-	+	-	-	Arginin	-	+	-	-	-
VP	+	-	-	+	-						
Citrat	-	-	-	-	-						
TDA	-	-	-	-	-						

Keterangan: + = 90% mendekati positif; - = 90% mendekati negatif

Rhodococcus didapatkan dari isolat BPF1 dan BPF5, mikroorganisme ini adalah jenis bakteri yang dapat bertumbuh dengan baik pada lingkungan yang mengalami kontaminasi baik pada tanah dan air, mampu bertahan hidup meskipun kondisi lingkungannya memiliki kadar oksigen dan nutrisi yang terbatas, mampu merombak substrat yang beragam, dan juga dapat beradaptasi secara ekologi dan fisiologi di lingkungan yang bersifat ekstrim (Alvares, 2010) karena dapat secara alami berada di lingkungan yang mengalami kontaminasi sehingga dapat menjadi kandidat yang menjanjikan sebagai inokulan bioremediasi dan biodegradasi polutan selain itu genus ini dapat berperan sebagai biosurfaktan dan bioflokulan, menurut Ruwaida *et al.* (1991).

Genus *Rhizobium* merupakan karakterisasi dari isolat BPF2, Wiratama (2010) melaporkan terdapat genus *Rhizobium* sebanyak 4075 sel/g pada sampel tanah gambut di Provinsi Riau. Genus ini dapat tumbuh pada tanah dan dapat menunjukkan kinerja simbiotik yang baik di tanah asam (Appunu, 2006), mikroorganisme ini merupakan mikrosimbion fakultatif dimana mikroorganisme ini dapat hidup dengan baik pada tanah seperti populasi mikroba normal saat tidak hidup bersimbiosis dengan nodul akar pada *host* legume. Tanah gambut banyak

mengandung biomassa tumbuhan sehingga keberadaannya dapat ditemukan, karena selain ditemukan pada nodul akar, rhizobia dapat ditemukan pada permukaan akar bagian *rhizoplane*, tanah, permukaan akar pada bagian rhizosfer maupun lapisan tanah yang dekat dengan daerah perakaran (Somasegaran, 1994). Menurut Hanafi (2006), isolat Rhizobia yang diisolasi dari tanah gambut memiliki kemampuan infektivitas yang tinggi dalam membentuk bintil akar dan juga memiliki nilai efektivitas yang tinggi dalam berat kering bintil akar dan berat kering tajuk dari kedelai. Hasil penelitian juga menunjukkan bahwa interaksi antara inokulasi *Rhizobium indigenus* dan takaran pupuk urea berpengaruh nyata dalam meningkatkan nodulasi dan pertumbuhan kacang Nagara pada media tanah gambut (Usman, 2014). Selain aktivitas pengikatan N₂ yang menguntungkan dengan kacang-kacangan, rhizobia dapat memperbaiki nutrisi P tanaman dengan memobilisasi fosfat anorganik dan organik (Alikhani, 2006). *Micrococcus* merupakan hasil karakterisasi dari isolat BPF3, genus ini mampu menghasilkan enzim katalase dan sifat hidupnya aerob dan anaerob fakultatif. Menurut Madigan *et al* (2000) *Micrococcus* dapat hidup secara aerob dan anaerob fakultatif. Marista *et al* (2013) menemukan 5 genus bakteri pelarut fosfat

yaitu *Azotobacter*, *Bacillus*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Staphylococcus* yang diisolasi dari tanah gambut rhizosfer tanaman pisang. *Strain* yang diisolasi dari tanah rhizosfer padi diidentifikasi sebagai *Enterobacter*, *Micrococcus*, *Pseudomonas*, *Bacillus*, *Klebsiella* dan *Serratia* dimana isolat ini mampu melarutkan fosfat atau melepaskan fosfat menjadi enzim fosfatase dengan sangat efisien sehingga dapat digunakan sebagai bioinokulan untuk meningkatkan fosfat yang tersedia di dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman padi (Prasanna, 2011). *Serratia* merupakan genus dari isolat BPF4. Mohamed, 2018 melaporkan bakteripelarut fosfat yang diisolasi dari rizosfer tanaman tomat yaitu *Bacillus subtilis* dan *Serratia marcescens* memiliki indeks tertinggi dalam melarutkan fosfat dan juga resisten terhadap pestisida, selain itu *Serratia* bersifat antagonistik terhadap hama tanaman. *Serratia* yang diisolasi dari rizosfer tanaman teh menunjukkan sifat biokontrol seperti aktivitas antijamur dan dapat memproduksi enzim litik, senyawa HCN, senyawa IAA, siderophore dan antibiotik (Khan *et al*, 2017).

Bakteri pelarut fosfat merupakan mikrobial tanah yang mempunyai kemampuan dalam melarutkan fosfat, sehingga yang tidak tersedia menjadi tersedia. Selain itu bakteri pelarut fosfat dapat menstimulasi pertumbuhan tanaman melalui beberapa mekanisme seperti produksi fitohormon, fiksasi nitrogen, menghambat mikroorganisme patogen, dan memproduksi siderofor (Bhattacharyya *et al*, 2012). Mikroorganisme akan tumbuh dengan baik di dalam lingkungannya selama kondisinya menguntungkan bagi pertumbuhan dan untuk mempertahankan dirinya. Salah satu faktor lingkungan yang berpengaruh terhadap viabilitas suatu bakteri adalah pH (Pelczar, 2005), pertumbuhan bakteri pelarut fosfat ini sangat dipengaruhi oleh kemasaman tanah (Simanungkalit *et al*, 2006). Pemberian isolat bakteri pelarut fosfat yang diisolasi asal tanah sulfat masam Kabupaten Pulang Pisau pada media uji tanah non steril dan steril memberikan pengaruh nyata dalam meningkatkan pH, hal ini dipengaruhi aktivitas mineralisasi oleh mikroorganisme pelarut fosfat (Dewi, 2017). Lahan gambut

Bereng Bengkel memiliki nilai pH berkisar pada nilai pH 3 dandidapatkan empat genus bakteri pelarut fosfat dari lahan gambut tersebut yaitu *Rhodococcus*, *Rhizobium*, *Mircococcus*, dan *Serratia*..

KESIMPULAN

Dari hasil penelitian dapat disimpulkan bahwa didapatkan empat genus dari lima isolat bakteri pelarut fosfat yang telah diuji dengan media selektif *Pikovskaya* diantaranya isolat BPF1 dan BPF5 adalah *Rhodococcus*, isolat BPF2 adalah genus *Rhizobium*, isolat BPF3 adalah genus *Micrococcus*, dan isolat BPF4 adalah genus *Serratia*.

DAFTAR PUSTAKA

- Abu, R. A.S., Banat I.M., dan Haditirto S. dan Khamis, A. 1991. Nutritional Requirements and Growth Characteristics of a Biosurfactant Producing *Rhodococcus* Bacterium. World Journal of Microbiology and Biotechnology 7. 53–61.
- Aditya, M., Idwar, Nurbaiti. 2015. Aplikasi Bakteri Pelarut Fosfat Isolat No. 68 Dengan Berbagai Takaran Batuan Fosfat Pada Medium Gambut dalam Meningkatkan Pertumbuhan Dan Produksi Kacang Hijau (*Vigna Radiata* L.) Varietas 129. JOM Faperta Vol. 2 (2) 1-15
- Alikhani, H.A., N. S. Rastin, dan H. Antoun. 2006. Phosphate Solubilization Activity Of Rhizobia Native To Iranian Soils. Plant and Soil. Vol 287 pp. 35-41.
- Alvares M., dan Hector. 2010. Biology of *Rhodococcus*. Springer Heidelberg Dordrecht London. New York.
- Appunu, A.O., dan B. Dhar. 2006. Symbiotic Effectiveness Of Acid-Tolerant *Bradyrhizobium* Strains With Soybean In Low pH. African Journal of Biotechnology 5: 842-845.
- Santoso, E. 2007. Mikroba Pelarut Fosfat. P 55. dalam Saraswati, Edi H. R.D.M., dan

- Simanungkalit (eds). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Bhattacharyya, P.N., dan Jha D. K. 2012. Plant Growth-Promoting Rhizobacteria (PGPR): Emergence in Agriculture. *World J. Microbiology Biotechnology*. 28: 1327-1350
- Dewi, R.P., Basuki, dan Widiastuti L. 2017. Uji Potensi Bakteri dan Jamur Pelarut Fosfat dalam Meningkatkan Jumlah P-tersedia Pada Tanah Sulfat Masam. *Jurnal Agri Peat Vol 18. No. 1*
- Dwijoseputro, D. 2005. Dasar-Dasar Mikrobiologi. Djembatan. Jakarta.
- Hanafi, A. 2006. Isolasi dan Uji Potensi Rhizobia dari Bahan Asal Tanah Gambut pada Tanaman Kacang Kedelai. Skripsi. Universitas Sumatera Utara: Medan.
- INCAS Indonesia. 2018. Sekilas Tentang Kalimantan Tengah 2011. <http://www.incas-indonesia.org/id/data/central-kalimantan> [5 Januari 2018]
- Husen, E. 2007. Metode Analisis Biologi Tanah. P5. dalam Saraswati, Edi Husen R.D.M., dan Simanungkalit (eds). Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian, Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Bogor.
- Jatnika, W., A. L. Abadi dan L. Q. Aini. 2013. Pengaruh Aplikasi *Bacillus* Sp. Dan *Pseudomonas* Sp. Terhadap Perkembangan Penyakit Bulai Yang Disebabkan Oleh Jamur Patogen *Peronosclerospora Maydis* Pada Tanaman Jagung. *Jurnal HPT Volume 1 Nomor 4*. 19-29
- Khan, A.A., G. Jilani., M. S. Akhtar, S. M. S. Naqvi, dan M. Rasheed. 2009. Phosphorus Solubilizing Bacteria: Occurrence, Mechanisms and their Role in Crop Production. *Journal Agriculture Biological Science*. 1:48-58
- Khan, A.R., Park G.S., Asaf S., Hong S.J., Jung B.K., dan Shin J.H. 2017. Complete Genome Analysis of *Serratia Marcescens* RSC-14: A Plant Growth Promoting Bacterium That Alleviates Cadmium Stress In Host Plants. *Plos One* 12(2).
- Larasati, D. E., M.G. I. Rukmi, E. Kusdiyantini, dan R. C. B. Ginting. 2018. Isolasi dan Identifikasi Bakteri Pelarut Fosfat dari Tanah Gambut. *Bioma Vol. 20 (1)* 1-8.
- Marista, E., S. Khotimah, dan R. Linda. 2013. Bakteri Pelarut Fosfat Hasil Isolasi dari Tiga Jenis Tanah Rizosfer Tanaman Pisang Nipah (*Musa paradisiacavar. nipah*) di Kota Singkawang. *Protobiont 2013 Vol 2 (2)*: 93 -101
- Madigan, M. T., Martinko J. M., dan Parker, J. 2000. *Brock Biology of microorganism*, Prentice Hall Inc. New Jersey
- Pelczar, M.J., dan E.C.S.Chan. 2005. *Dasar-Dasar Mikrobiologi Jilid 2*. Jakarta: UI press
- Prasanna, A., V. Deepa, P. Balakrishna Murthy, M. Decaraman, R. Sridhar dan P. Dhandapani. 2011. Insoluble Phosphate Solubilization by Bacterial Strains Isolated from Rice Rhizosphere Soils from Southern India. *International Journal of Soil Science*. 6: 134-141.
- Sagervansh, A., Kumari P., dan A. N Kumar. 2012. Media Optimization for Inorganic Anand Agriculture Soil. *International Journal of Life Science & Pharma Research* 2 (3) 245-255.
- Silaen N.R., 2015. Aktivitas Mikroba Pelarut Fosfat dalam Meningkatkan Kelarutan Fosfat Alam dan Memperbaiki Pertumbuhan Sorgum Manis. Skripsi. Institut Pertanian Bogor: Bogor.
- Simanungkalit, R.D.M., Suriadikarta, D.A. Saraswati, Rasti, Setyorini, Dyah dan Hartatik, W. 2006. *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian: Bogor.
- Somasegaran P., dan H.J. Hoben. 1994. *Handbook of Rhizobia*. Springer New York, Inc
- Usman, H. J., dan Zulhidiani. 2014. Inokulasi *Rhizobium Indigenus* dan Takaran

- Pupuk Urea Terhadap Nodulasi Dan
Pertumbuhan Kacang Nagara Pada
Media Tanah Gambut. Jurnal Agri Peat
Vol. 16 (1) 9 – 19
- Widawati, S., Suliasih. 2005. Augmentasi
Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) Potensial
sebagai Pemacu Pertumbuhan Caysin
(*Brasica caventisOed.*) di Tanah
Marginal. Biodiversitas Vol.7 (1) 10-14
- Widawati, S., dan Suliasih. 2006. Populasi
Bakteri Pelarut Fosfat (BPF) di
Cikaniki, Gunung Botol, dan Ciptrasa,
serta Kemampuannya melarutkan P
Terikat di Media Pikovskaya Padat.
Biodiversitas Vol.7 (2) 109-113
- Wiratama, Ade. 2010. Eksplorasi Bakteri
Potensial Sebagai PupukHayati Pada
Lahan Gambut Bekas Terbakar dan
Lahan Gambut Tidak Terbakar Dari
Riau. Skripsi. Institut Pertanian
Bogor: Bogor.