

## KEMAMPUAN TUMBUH BAKTERI TERMOFILIK PASCA ERUPSI MERAPI PADA MEDIA FOSFAT ORGANIK DAN ANORGANIK

### *THE GROWTH ABILITY OF THERMOPHILIC BACTERIA AFTER MOUNT MERAPI ERUPTION IN ORGANIC AND ANORGANIC PHOSPHATE MEDIA*

Oleh: Vella Liani<sup>1</sup>, Biologi, FMIPA, UNY

[vellaliani4@gmail.com](mailto:vellaliani4@gmail.com)

Evy Yulianti, M.Sc.<sup>2</sup> [evy\\_yulianti@uny.ac.id](mailto:evy_yulianti@uny.ac.id); Anna Rakhmawati, M.Si.<sup>3</sup>

[anna\\_rakhmawati@uny.ac.id](mailto:anna_rakhmawati@uny.ac.id)

<sup>1</sup> mahasiswa biologi UNY

<sup>2,3</sup> dosen biologi UNY

#### Abstrak

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kemampuan tumbuh bakteri termofilik pasca erupsi Merapi dalam media fosfat organik dan anorganik. Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan dua variabel yaitu 3 jenis isolat terdiri atas D75, D92, dan D110a termasuk genus *Oscillospira* dan 4 jenis media fosfat organik berupa (guano fosfat dan fosfat alam) dan (anorganik berupa trikalsium fosfat dan amonium hidrogenfosfat). Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNY selama 3 bulan mulai tanggal 1 Februari – 31 April 2017. Bakteri diinkubasi selama 48 jam pada suhu 55 °C dan diukur pertumbuhan menggunakan Spektrofotometer UV-Vis panjang gelombang 600nm. Hasil penelitian menunjukkan semua isolat tumbuh di semua media perlakuan. Isolat D75 tumbuh optimal dalam media fosfat anorganik berupa trikalsium fosfat dengan nilai OD 1,653 inkubasi 39 jam, isolat D92 dalam media trikalsium fosfat dengan nilai OD 2,094 inkubasi 42 jam, dan isolat D110a dalam media trikalsium fosfat dengan nilai OD 2,778 inkubasi 6 jam.

**Kata kunci:** pertumbuhan, bakteri termofilik, fosfat organik, dan fosfat anorganik

#### Abstract

*This study was aimed to determine the growth ability of thermophilic bacteria after the eruption of Mount Merapi in organic and inorganic phosphates media. This research was an experimental study with two treatments, namely three types of isolates and four types of used growth media. This study was conducted at Microbiology Laboratory of FMIPA UNY for three months from February 1 to April 31, 2017. The research samples were three (3) isolates of thermophilic bacteria with phosphate solvent which were divided into D75, D92, and D110a including genus *Oscillospira*. Then, the samples were incubated for 48 hours at 55°C. The bacterial growth test was performed by measuring Optical Density (OD) using a 600 nm wavelength UV-Vis Spectrophotometer. The results show that D75 grew optimally in tricalcium phosphate medium with a value of OD 1,653 incubated for 39 hours. Meanwhile, D92 cultivated in tricalcium phosphate media with a value of OD 2,094 incubation for 42 hours. Also, D110a developed in tricalcium phosphate media with OD value 2,778 incubation for 6 hours.*

**Keywords:** growth, inorganic phosphate, organic phosphate, and thermophilic bacteria.

## PENDAHULUAN

Unsur P yang terkandung dalam senyawa fosfat ( $\text{PO}_4$ ) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Menurut Ginting, dkk. (2006: 144) fosfat di dalam tanah dapat berbentuk organik dan anorganik merupakan sumber fosfat penting bagi tanaman. Ketersediaan fosfat dalam tanah umumnya masih dalam bentuk terikat sehingga tidak bisa diserap langsung oleh tanaman dan perlu ditransformasikan terlebih dahulu menjadi bentuk P anorganik. Hal ini menyebabkan petani tetap melakukan pemupukan P di lahan sawah walaupun sudah terdapat kandungan P yang cukup memadai.

Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat tersedia dalam tanah adalah dengan memanfaatkan kelompok mikroorganisme pelarut fosfat. Mikroorganisme ini dapat diaplikasikan ketika proses fermentasi pupuk. Namun, pada proses tersebut dibutuhkan mikroorganisme yang mampu bertahan pada suhu tinggi.

Bakteri termofilik dari erupsi Gunung Merapi sudah teruji mampu bertahan di suhu tinggi. Berdasarkan penelitian yang dilakukan oleh Evy Y. dan Anna R. (2017) diketahui bahwa bakteri termofilik pasca erupsi Merapi mampu tumbuh pada media pikovskaya dengan sumber fosfat anorganik berupa trikalsium fosfat. Bakteri termofilik ini belum diketahui kemampuannya dalam media dengan sumber fosfat organik maupun anorganik jenis lain sehingga perlu dilakukan penelitian untuk mengetahui hal tersebut. Berdasarkan permasalahan tersebut dilakukan penelitian yang bertujuan untuk mengetahui pertumbuhan

bakteri termofilik pasca erupsi Merapi dalam media fosfat organik dan anorganik.

Penelitian ini bermanfaat untuk memberikan informasi awal terkait potensi bakteri termofilik yang berasal dari Sungai Gendol dalam melarutkan fosfat. Fosfat organik yang digunakan dalam penelitian ini adalah pupuk guano fosfat dan fosfat alam. Kedua pupuk tersebut berasal dari batuan fosfat alam dan memiliki kadar  $\text{P}_2\text{O}_5$  lebih tinggi dibandingkan dengan pupuk organik lainnya. Namun demikian, batuan fosfat alam umumnya mempunyai kelarutan fosfat relatif rendah, sehingga perlunya penambahan pupuk hayati (*biofertilizer*) yang berisi mikroba pelarut fosfat. Sedangkan fosfat anorganik yang digunakan berasal dari trikalsium fosfat ( $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ ) dan amonium hidrogenfosfat ( $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ) merupakan pupuk kimia superfosfat.

## METODE PENELITIAN

### Jenis Penelitian

Penelitian ini merupakan penelitian eksperimen dengan dua variabel yaitu jenis isolat dan sumber fosfat yang digunakan.

### Waktu dan Tempat Penelitian

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNY selama 3 bulan mulai tanggal 1 Februari – 31 April 2017.

### Populasi dan Sampel

Populasi dari penelitian meliputi semua isolat bakteri termofilik yang diisolasi dari Sungai Gendol pasca erupsi Merapi 2010 yang ada di Laboratorium Mikrobiologi FMIPA UNY. Sampel penelitian yaitu 3 isolat bakteri pelarut fosfat termofilik terpilih yang terdiri atas isolat D75, D92 dan D110a yang diisolasi dari Sungai Gendol pasca erupsi Merapi.

### Prosedur

Prosedur penelitian ini yaitu pembuatan media berupa NA, NB, dan media perlakuan berupa 2 jenis sumber fosfat organik (guano fosfat dan fosfat alam) dan anorganik (trikalsium fosfat dan amonium hidrogenfosfat). Kemudian dilakukan peremajaan isolat bakteri termofilik pelarut fosfat, dan persiapan inokulum. Selanjutnya dilakukan pengukuran pertumbuhan bakteri pelarut fosfat.

### Teknik Pengumpulan Data

Pertumbuhan bakteri pelarut fosfat diukur kekeruhannya dengan mengambil sampel sebanyak 1 ml diencerkan dengan 2 ml air destilasi lalu dispektrofotometer dengan panjang gelombang 600 nm.

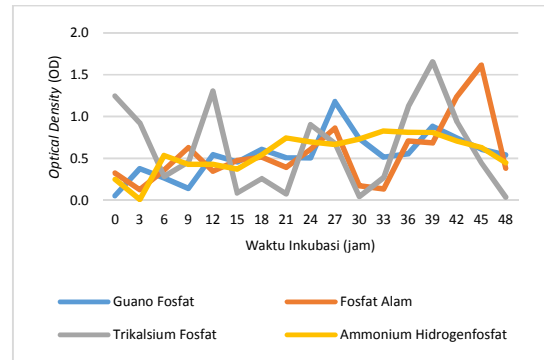
### Teknik Analisis Data

Data dianalisis menggunakan *One Way ANOVA* dan dilakukan uji lanjut *Duncan's Multiple Range Test (DMRT)* pada taraf signifikansi 5% dengan bantuan *software SPSS 19.0 for Windows*.

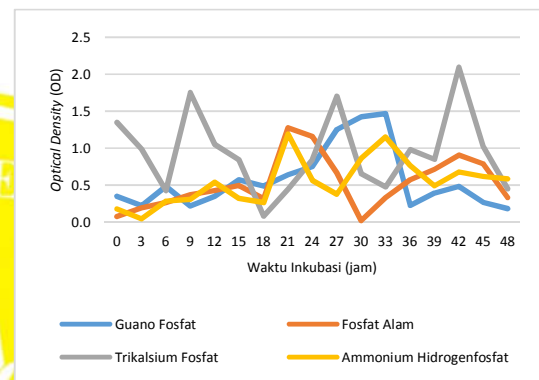
## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Pola Pertumbuhan Bakteri pada Media Fosfat Organik dan Anorganik

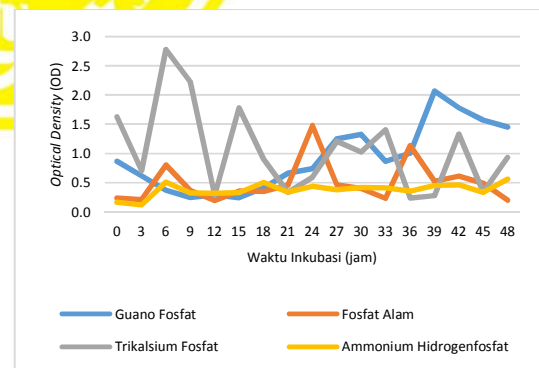
Hasil menunjukkan terdapat perbedaan pola pertumbuhan tiga isolat bakteri termofilik yang terlihat dari lama waktu dari setiap fase yang dialami oleh masing-masing isolat. Gambar 1, 2 dan 3 menunjukkan puncak fase eksponensial pada media berbeda akan berbeda pula. Variasi puncak fase eksponensial terjadi karena adaptasi yang dilakukan bakteri pada media dengan berbagai sumber fosfat organik maupun anorganik untuk aktivitas atau metabolisme.



Gambar 1. Kurva Pertumbuhan Isolat D75 pada Media Fosfat Organik dan Anorganik



Gambar 2. Kurva Pertumbuhan Isolat D92 pada Media Fosfat Organik dan Anorganik



Gambar 3. Kurva Pertumbuhan Isolat D110a pada Media Fosfat Organik dan Anorganik

Berdasarkan Gambar 9, 10, dan 11 terdapat perbedaan pola pertumbuhan tiga isolat bakteri termofilik yang terlihat dari lama waktu dari setiap fase yang dialami

oleh masing-masing isolat. Fase-fase tersebut mencerminkan keadaan bakteri dalam biakan pada waktu tertentu, yang antara setiap fase terdapat suatu periode peralihan di mana waktu dapat berlalu sebelum semua sel memasuki fase yang baru (Kusnandi dkk., 2003: 52).

Fase lag (adaptasi) dialami oleh ketiga isolat bakteri kecuali pada isolat D110a pada media trikalsium fosfat tidak mengalami fase lag tetapi langsung ke fase log. Hal tersebut terjadi karena sel di media lama dalam kondisi fase perbanyakan dan isolat D110a tidak mengalami adaptasi untuk menyesuaikan diri dengan kondisi lingkungan sekitarnya yang baru. Rata-rata fase lag dilalui ketiga isolat bakteri termofilik pada media sumber fosfat berbeda selama  $\pm 15$  jam. Meskipun isolat D75 pada media fosfat alam, isolat D92 pada media trikalsium fosfat dan D110a pada media amonium hidrogenfosfat melakukan fase lagnya lebih lama.

Lamanya fase lag yang dilalui isolat tersebut dan pada beberapa media dipengaruhi oleh beberapa faktor diantaranya medium dan lingkungan pertumbuhan serta jumlah inokulum. Adanya sumber fosfat yang berbeda pada medium dan lingkungan pertumbuhan baru atau berbeda dengan lingkungan sebelumnya sehingga memerlukan waktu penyesuaian untuk mensintesa enzim-enzim dalam medium. Kandungan nutrisi dari medium sebelumnya yang rendah dipindahkan ke medium baru dengan kandungan nutrisi yang lebih tinggi juga mempengaruhi fase adaptasi. Selain hal tersebut, lamanya fase lag juga dipengaruhi oleh jumlah inokulum, di mana jumlah awal sel yang semakin tinggi akan mempercepat fase adaptasi sebaliknya apabila jumlah

awal sel hanya sedikit maka akan memperlama fase adaptasi.

Fase lag diawali dengan proses inokulasi di mana akan terjadi peningkatan ukuran sel, mulai pada waktu sel tidak atau sedikit mengalami pembelahan. Pada fase lag ditandai dengan peningkatan komponen makromolekul, aktivitas metabolik dan kerentanan terhadap zat kimia serta faktor fisik. Fase lag merupakan suatu periode penyesuaian yang sangat penting untuk penambahan metabolit pada kelompok sel, menuju tingkat setaraf dengan sintesis sel maksimum (Kusnandi, dkk., 2003:53).

Setelah isolat mengalami fase lag kemudian fase log, dilanjutkan ke fase eksponensial di mana jumlah bakteri yang ada pada media mencapai titik tertinggi ditandai dengan nilai OD. Gambar 9 menunjukkan isolat D75 memiliki nilai OD tertinggi pada media trikalsium fosfat yaitu sebesar 1,653 pada jam ke 39. Gambar 10 menunjukkan isolat D92 memiliki nilai OD tertinggi pada media trikalsium fosfat yaitu sebesar 2,094 pada jam ke 42. Gambar 11 menunjukkan isolat D110a memiliki nilai OD tertinggi pada media trikalsium fosfat yaitu sebesar 2,778 pada jam ke 6.

Menurut Yanti Hamdiyati (2014: 5), ketika fase eksponensial mikroba membelah dengan cepat dan konstan mengikuti kurva logaritmik. Pada fase ini kecepatan pertumbuhan sangat dipengaruhi oleh medium tempat tumbuhnya seperti pH dan kandungan nutrisi, juga kondisi lingkungan termasuk suhu dan kelembaban udara. Pada fase ini mikroba membutuhkan energi lebih banyak dari pada fase lainnya. Pada fase ini kultur paling sensitif terhadap keadaan lingkungan. Akhir fase log, kecepatan pertumbuhan populasi menurun dikarenakan nutrisi di dalam medium sudah berkurang dan hasil metabolisme

yang mungkin beracun atau dapat menghambat pertumbuhan mikroba.

Setelah eksponensial, bakteri mengalami fase stasioner. Semua isolat mengalami fase ini kecuali isolat D110a pada media amonium hidrogenfosfat. Hal ini dikarenakan isolat tersebut baru mencapai puncak eksponensial pada jam ke 48 sehingga tidak diketahui fase stasionernya. Menurut Yanti Hamdiyati (2014: 5) fase ini jumlah populasi sel tetap karena jumlah sel yang tumbuh sama dengan jumlah sel yang mati. Ukuran sel pada fase ini menjadi lebih kecil karena sel tetap membelah meskipun zat-zat nutrisi sudah habis. Karena kekurangan zat nutrisi, sel kemungkinan mempunyai komposisi berbeda dengan sel yang tumbuh pada fase logaritmik.

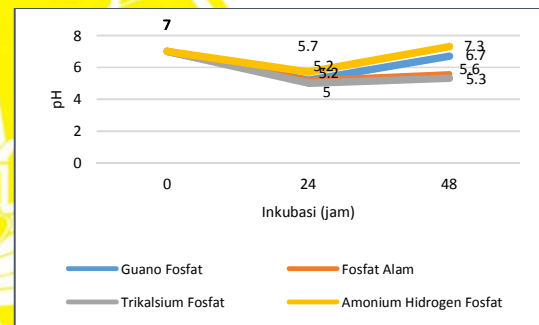
Semua isolat dapat diketahui fase kematiannya kecuali isolat D110a pada media amonium hidrogenfosfat. Hal ini dikarenakan isolat tersebut baru mencapai puncak eksponensial pada jam ke 48 sehingga tidak diketahui fase kematiannya. Pada fase ini sebagian populasi mikroba mulai mengalami kematian karena nutrisi di dalam medium sudah habis dan energi cadangan di dalam sel habis. Kecepatan kematian bergantung pada kondisi nutrisi, lingkungan, dan jenis mikroba (Yanti Hamdiyati, 2014: 5).

Pola turun naiknya pertumbuhan yang terjadi menyebabkan turun dan naiknya pH menunjukkan bahwa di samping melakukan aktivitas pelarutan fosfat ketiga isolat tersebut juga melakukan immobilisasi fosfat. Immobilisasi tersebut dapat terjadi karena aktivitas metabolit yang dihasilkan atau digunakannya fosfat tersebut untuk memproduksi biomasnya. Hal ini seperti yang dikemukakan oleh Jurinak *et al.*, (2006) bahwa mekanisme

pelarutan fosfat tergantung pada produksi biomassa mikroba.

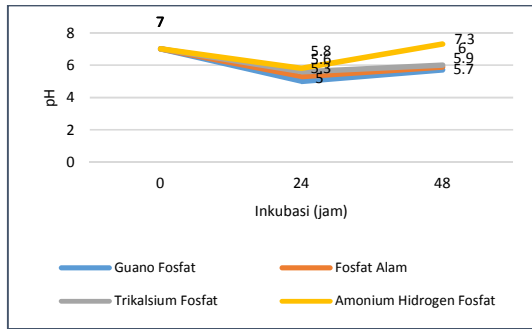
### Pengaruh Jenis Media dan Waktu Inkubasi terhadap pH

Gambar 4 menunjukkan terjadi penurunan pH awal 7 menjadi rata-rata 5,3 pada jam ke 24 sedangkan pada jam ke 48 terjadi kenaikan pH menjadi rata-rata 6,2. Hal ini menunjukkan waktu inkubasi mempengaruhi pH media. Isolat D75 mengalami penurunan pH paling banyak pada media sumber fosfat berupa trikalsium fosfat yaitu dari pH awal 7 kemudian turun menjadi 5 pada jam ke 24 dan naik menjadi 5,3 pada jam ke 48.

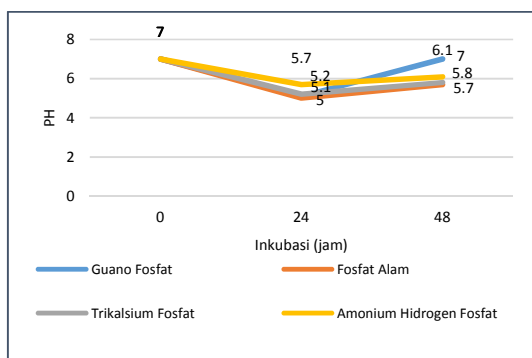


Gambar 4. Grafik Pengaruh Jenis Media dan Waktu Inkubasi terhadap pH Media Isolat D75

Gambar 5 menunjukkan terjadi penurunan pH awal 7 menjadi rata-rata 5,2 pada jam ke 24 sedangkan pada jam ke 48 terjadi kenaikan pH menjadi rata-rata 6,1. Hal ini menunjukkan waktu inkubasi mempengaruhi pH media. Isolat D92 mengalami penurunan pH paling banyak pada media sumber fosfat berupa fosfat alam yaitu dari pH awal 7 kemudian turun menjadi 5 pada jam ke 24 dan naik menjadi 5,7 pada jam ke 48.



Gambar 5. Grafik Pengaruh Jenis Media dan Waktu Inkubasi terhadap pH Media Isolat D92

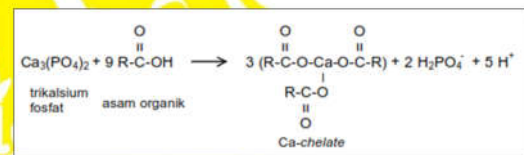


Gambar 6. Grafik Pengaruh Jenis Media dan Waktu Inkubasi terhadap pH Media Isolat D110a

Gambar 6 menunjukkan terjadi penurunan pH awal 7 menjadi rata-rata 5,3 pada jam ke 24 sedangkan pada jam ke 48 terjadi kenaikan pH menjadi rata-rata 6,2. Hal ini menunjukkan waktu inkubasi mempengaruhi pH media. Isolat D75 mengalami penurunan pH paling banyak pada media sumber fosfat berupa trikalsium fosfat yaitu dari pH awal 7 kemudian turun menjadi 5 pada jam ke 24 dan naik menjadi 5,3 pada jam ke 48.

Asam organik yang dihasilkan menyebabkan turunnya nilai pH. Hal ini dibuktikan dengan pengukuran pH media pada Gambar 4, 5, dan 6 terjadi penurunan pH pada jam ke 24. Pada jam ke 24 ketiga isolat di semua media mengalami penurunan pH awal yang semula 7 menjadi  $\pm 5$  (asam). Asam organik kemudian

bereaksi dengan fosfat yang terikat dalam media. Reaksi yang terjadi berupa pemutusan struktur kompleks logam dengan gugus fosfat. Dapat dilihat pada Gambar 7 reaksi pemutusan kompleks Ca pada tanah masam. Asam organik yang berikatan dengan kompleks logam menyebabkan kenaikan pH sehingga pH media menjadi menjadi  $\pm 6$  (asam). Meskipun pH media setelah reaksi mengalami kenaikan, namun tetap dalam kondisi asam. Hal ini disebabkan oleh adanya ion  $H^+$  yang dihasilkan setelah reaksi pemutusan struktur kompleks logam dengan gugus fosfat. Gambar 7 menunjukkan adanya ion  $H^+$  yang dilepas setelah reaksi pemutusan kompleks  $Ca_3(PO_4)_2$ .



Gambar 7. Pelarutan Fosfat dari Ca-P pada Tanah Basa Oleh Asam Organik

Sekresi asam organik oleh bakteri termofilik sangat dipengaruhi oleh ketersediaan karbon, keberadaan unsur logam, dan pH media. Pada kondisi defisiensi sumber karbon, bakteri termofilik tidak mensekresi asam-asam organik dan akan memperoleh energi dalam jumlah maksimum dengan mengoksidasi dan mengasimilasi substrat secara sempurna (Schelegel dan Schmidt, 1994: 31).

Vyas dan Gulati (2009) mengemukakan bahwa perbedaan strain akan memberikan perbedaan kualitas dan kuantitas asam organik yang dihasilkan. Reyes *et al.*, (2007) mengemukakan bahwa kompleksitas molekul asam organik yang mencerminkan jenis asam organik ditentukan oleh sifat genetik, fisiologis, nutrisi dan kondisi pertumbuhan kulturnya.

Setiap isolat memiliki kecepatan sekresi asam organik yang berbeda. Secara genetik isolat akan mensekresikan asam organik dalam jumlah dan jenis yang berbeda. Jumlah dan jenis asam organik inilah yang berperan dalam menentukan tingginya pelarutan fosfat.

### Uji *One Way* ANOVA dan DMRT Pengaruh Jenis Isolat dan Media terhadap OD

Hasil uji *Analysis of Variances* (ANOVA) Pengaruh Jenis Isolat dan Media terhadap OD dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil Uji ANOVA Pengaruh Jenis Media dan isolat terhadap Nilai *Optical Density* (OD)

Faktor yang Diuji	Jumlah Kuadrat	Df	Rata-rata Kuadrat	F. Hitung	Sig.
Isolat	0,982	2	0,491	70,428	0,000
Jenis Media	7,845	3	2,615	375,198	0,000
Isolat & Jenis Media	2,952	6	0,492	70,591	0,000
Total	94,656	36			

R Squared = 0,986 (Adjusted R Squared = 0,980)

Keterangan: tingkat kepercayaan 95% ( $\alpha$  : 0,05)

\*) signifikan (F hitung > F tabel)

Hasil uji statistik ANOVA perlakuan jenis isolat dan media berpengaruh nyata terhadap nilai OD. Interaksi kedua perlakuan yaitu antara jenis isolat dan jenis media berpengaruh nyata terhadap nilai OD. Untuk mengetahui letak perbedaan antara kelompok perlakuan, maka dilanjutkan dengan uji *Duncan's Multiple Range Test* (DMRT) dengan tingkat kepercayaan 95%. Hasil dari uji

DMRT pengaruh jenis isolat terhadap OD dapat diketahui pada Tabel 2.

Tabel 2. Hasil uji DMRT Pengaruh Jenis Isolat terhadap OD

Jenis Isolat	Ulangan	OD
D75	12	1,31775 <sup>a</sup>
D92	12	1,50750 <sup>b</sup>
D110a	12	1,72200 <sup>c</sup>

Keterangan: kode huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95% ( $\alpha$ : 0,05)

Berdasarkan Tabel 2 hasil uji DMRT pengaruh jenis isolat terhadap OD menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan terhadap kadar fosfat terlarut, hal tersebut ditunjukkan dengan kode subset yang berbeda. Perbedaan yang signifikan nilai OD yang ditunjukkan dari kode subset yang berbeda yaitu a, b dan c. Pada tabel tersebut diketahui bahwa pertumbuhan optimum isolat D110a pada perlakuan jenis isolat terhadap OD. Hasil dari uji DMRT pengaruh jenis media terhadap OD dapat diketahui pada Tabel 3.

Tabel 3. Hasil uji DMRT Pengaruh Jenis Media terhadap OD

Jenis Media	Ulangan	OD
Guano Fosfat	9	1,57133 <sup>a</sup>
Fosfat Alam	9	1,45633 <sup>b</sup>
Trikalsium Fosfat	9	2,17533 <sup>c</sup>
Amonium Hidrogenfosfat	9	0,86000 <sup>d</sup>

Keterangan: kode huruf yang berbeda menunjukkan berbeda nyata pada taraf kepercayaan 95% ( $\alpha$ : 0,05)

Berdasarkan Tabel 3 hasil uji DMRT pengaruh jenis media terhadap OD menunjukkan perbedaan yang signifikan antara kelompok perlakuan, hal tersebut

ditunjukkan dengan kode subset yang berbeda pada masing-masing OD yaitu a, b, c dan d. Pada Tabel 2 dan 3 diketahui bahwa pertumbuhan optimum isolat D110a pada media trikalsium fosfat

## SIMPULAN DAN SARAN

### Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan maka dapat disimpulkan bahwa bakteri termofilik mampu tumbuh di semua media dengan sumber fosfat organik dan anorganik. Isolat D75 tumbuh paling optimal dalam media sumber fosfat anorganik berupa trikalsium fosfat dengan nilai OD 1,653 dengan waktu inkubasi selama 39 jam. Isolat D92 tumbuh paling optimal dalam media sumber fosfat anorganik berupa trikalsium fosfat dengan nilai OD 2,094 dengan waktu inkubasi selama 42 jam. Isolat D110a tumbuh paling optimal dalam media sumber fosfat anorganik berupa trikalsium fosfat dengan nilai OD 2,778 dengan waktu inkubasi selama 6 jam.

### Saran

Perlu dilakukan karakterisasi tingkat molekuler agar diketahui spesiesnya dan jenis asam organik yang disekresikan masing-masing isolat dalam melarutkan fosfat organik serta perlu mengukur kadar fosfat yang dilarutkan oleh bakteri pada media fosfat organik maupun anorganik.

### Daftar Pustaka

- Evy Yulianti dan Anna Rakhmawati. (2017). Screening And Characterization of Phosphate Solubilizing Bacteria from Isolate of Thermophilic Bacteria. *AIP Conference Proceedings 1868*, 090015 (2017); doi: 10.1063/1.4995207.
- Ginting, Rohani Cinta Badia, Rasti Saraswati, dan Edi Husen. (2006). *Mikroorganisme Pelarut Fosfat* dalam R.D.M. Simanungkalit, Didi Ardi Suriadikarta (Ed) *Pupuk Organik dan Pupuk Hayati*. Bogor: Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Sumberdaya Lahan Pertanian. Diunduh dari: <http://balittanah.litbang.pertanian.go.id/eng/dokumentasi/juknis/pupuk%20organik.pdf> pada 30 November 2016.
- Hamdiyati, Yanti. (2014). *Pertumbuhan dan Pengendalian Mikroorganisme II*. Diunduh dari <http://file.upi.edu> pada tanggal 31 Mei 2017.
- Kusnandi, dkk.. (2003). *Mikrobiologi*. Bandung: Universitas Pendidikan Indonesia.
- Reyes, I., A. Valery, Z. Valduz. (2007). Phosphate Solubilizing Microorganism Isolate from Rhizospheric and Bulk Soil of Colonizer Plants at An Abandoned Rock Phosphate Mine. Di Dalam E. Velazquez Dan C. Rodriguez-Barrueco (Edt). *First International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization*. Hlm. 69-75.
- Schelegel, H. G. dan Schmidt, K.. (1994). *Mikrobiologi Umum*. Yogyakarta: Gadjah Mada University Press.
- Vyas, P., A. Gulati. (2009). Organic Acid Production in Vitro and Plant Growth Promoting in Maize Under Controlled Environment by Phosphate-Solubilizing Fluorescent Pseudomonas. *BCM Microbiology*. 9. Hlm. 174.



480 Jurnal Prodi Biologi Vol 6 No 8 Tahun 2017

[http://www.biomedcentral.com/  
content/pdf/1471-2180-9-  
174.pdf](http://www.biomedcentral.com/content/pdf/1471-2180-9-174.pdf) Diakses pada tanggal 5  
Maret 2017.