

ISOLASI DAN IDENTIFIKASI KAPANG PELARUT FOSFAT DARI FOSFAT GUANO GUA PAWON

Isolation and Identification of Phosphate Solubilizing Fungi from Phosphate Guano in Pawon Cave

Anggita Rahmi Hafsari dan Vinessa Dwi Pertiwi

*Jurusan Biologi, Universitas Islam Negeri Sunan Gunung Djati Bandung,
Bandung, Jawa Barat, Indonesia
email: anggitarahmi@uinsgd.ac.id*

Abstract

The purpose of this study was to isolate and identify phosphate solubilizing Fungi from phosphate guano in Pawon Cave, Karst area, Citatah, West Java. The research design was descriptive. The data obtained were presented descriptively based on macroscopic and microscopic morphological characteristics and the result of qualitative phosphate capability screening on pikovskaya medium. The results showed that there were five isolates in the phosphate guano in Pawon Cave. Karst area, which were *Penicillium sp.* PF1, *Aspergillus sp.* PF2, *Aspergillus sp.* PF3, *Mycelia sterilia*, and *Mucor sp.* Based on the screening test, there were two isolates which could solubilize the phosphate, *Aspergillus sp.* PF3 and *Mucor sp.*

Keywords: Karst, phosphate solubilizing mold, biofertilizer, *Aspergillus spp.*

PENDAHULUAN

Unsur fosfat (P) adalah unsur esensial kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis dan perkembangan akar. Fungsi penting P lainnya adalah sebagai penyusun *adenosin triphosphate* (ATP) yang terkait dalam metabolisme tumbuhan. Unsur P yang rendah menyebabkan terhambatnya pertumbuhan tanaman, daun menjadi tipis, kecil dan tidak mengkilat, daun dan

buah rontok sebelum waktunya, batangnya menjadi gopong (lubang di tengah), terkadang terdapat bercak pada tepi atau ujung daun (nekrosis). Unsur P di alam berikatan dengan oksigen yang disebut senyawa fosfat. Tanaman menyerap fosfat dalam bentuk ion fosfat anorganik terutama $H_2PO_4^-$, dan HPO_4^{2-} . Namun, ketersediaan fosfat dalam tanah umumnya sangat rendah yang disebabkan karena fosfat terikat menjadi $AlPO_4$ pada tanah asam atau $Ca_3(PO_4)_2$ pada tanah basa. Tumbuhan tidak dapat menyerap fosfat terikat sehingga harus diubah menjadi bentuk yang dapat diserap tumbuhan (Elfiati, 2005). Ketersediaan fosfat dalam tanah sangat ditentukan oleh pH tanah, jumlah dan tingkat dekomposisi bahan organik, serta kegiatan mikroorganisme dalam tanah (Subba-Rao, 1994).

Penggunaan fosfat alami seperti batu fosfat sebagai fertiliser bagi tanah dengan kekurangan P, beberapa tahun ini telah mendapat perhatian sejak harga batuan fosfat tersebut murah dan tersedia di berbagai negara di dunia (Straaten, 2002). Secara konvensional, batuan fosfat diproses secara kimia dengan mereaksikan dengan asam sulfat atau asam fosfat untuk menghasilkan batuan fosfat yang diasamkan sebagian. Prosesnya memerlukan biaya tinggi dan membuat kerusakan lingkungan semakin buruk (Reddy dkk., 2002).

Salah satu alternatif untuk meningkatkan efisiensi pemupukan fosfat dalam mengatasi rendahnya fosfat tersedia dalam tanah adalah dengan memanfaatkan kelompok kapang pelarut fosfat (Chuang dkk., 2006). Penggunaan kapang pelarut fosfat sebagai biofertiliser memiliki beberapa keunggulan dibandingkan pupuk kimia konvensional untuk keperluan pertanian. Keunggulannya adalah sebagai berikut: (1) produk mikroba dianggap lebih aman daripada banyak pupuk kimia yang sekarang digunakan; (2) tidak ada zat beracun maupun mikroba yang terakumulasi dalam rantai makanan; dan (3) mudah diperbanyak (Ouahmane dkk., 2007). Beberapa jenis kapang seperti *Trichoderma*, *Fusarium*, *Mucor*, *Geotrichum*, *Aspergillus* dan *Penicillium* dilaporkan memiliki kemampuan dalam pelarutan fosfat inorganik menjadi bentuk yang tersedia dan mudah diserap oleh tanaman serta menstimulasi pertumbuhan tanaman (Raharjo, 2007).

Mekanisme kapang untuk melarutkan fosfat salah satunya adalah dengan menghasilkan enzim fosfatase. Fosfatase adalah enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah. Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat oleh senyawa organik menjadi bentuk yang tersedia dan menyebabkan adanya daerah di sekeliling koloni yang berwarna lebih pucat hingga bening atau disebut zona bening (Ginting *dkk.*, 2006). Isolasi dapat dilakukan untuk mendapatkan isolat mikroorganisme tertentu yang kita inginkan, kemudian dilanjutkan dengan identifikasi untuk mendapatkan identitas mikroorganisme tersebut. Identifikasi konvensional pada kapang dapat dilakukan dengan mengamati karakter mikroskopik dan makroskopik kapang serta membandingkan dengan kunci identifikasi pada monograf. Beberapa karakter kunci pada mikromorfologi kapang antara lain: spora aseksual atau spora seksual; bentuk, tipe dan ukuran spora; struktur penghasil spora; keberadaan septum pada hifa dan ukuran lebar hifa (Gandjar *dkk.* 2000). Apabila suatu kapang memiliki spora seksual, maka kapang tersebut berada pada fase telemorf. Apabila hanya spora aseksual yang ditemukan, maka kapang tersebut berada pada fase anamorf. Jika tidak ditemukan spora seksual dan spora aseksual kapang tersebut disebut *mycelia sterilia* (Carlile *dkk.* 2001).

Hingga saat ini belum ada penelitian mengenai kapang pelarut fosfat pada batuan fosfat guano di Gua Pawon yang merupakan lahan bekas pertambangan fosfat. Di dalam Gua Pawon terdapat fosfat guano, yaitu fosfat hasil akumulasi sekresi burung pemakan ikan atau kelelawar yang terlarut dan bereaksi dengan batu gamping karena pengaruh air hujan dan air tanah (Kasno, 2009). Batuan fosfat guano ini mengandung kadar P_2O_5 antara 0,17 dan 43% (Abubakar, 2013). Oleh karena itu untuk mengetahui jenis kapang pelarut fosfat yang terdapat di kawasan tersebut diperlukan penelitian yang bertujuan untuk mengisolasi dan mengidentifikasi kapang pelarut fosfat dari lahan bekas pertambangan fosfat di dalam Gua Pawon.

METODE PENELITIAN

Lokasi Pengambilan Sampel

Sampel fosfat guano diambil dari Gua Pawon Kawasan Karst Citatah, Kecamatan Cipatat, Kabupaten Bandung Barat. Pengambilan sampel dilakukan pada tanggal 22 januari 2015.

Pengambilan Sampel Fosfat Guano

Sampel fosfat alam guano diambil dari Gua Pawon di kawasan Karst di Cipatat Padalarang, Bandung Barat. Pengambilan sampel fosfat alam guano dilakukan dengan menggunakan metode Sampel Quota (*Quota Sampling*) secara acak atau *Random* yaitu pengambilan sampel dengan jumlah dan tempat pengambilan sampel yang sudah ditentukan dari awal penelitian. Diambil 3 titik yang mewakili daerah sekitarnya. Masing-masing titik diambil ± 1 kg, sampel dimasukkan ke kantong plastik dan disimpan dalam *ice box* (Sedarmayanti dan Hidayat, 2011)

Isolasi Kapang

Isolasi kapang dilakukan di laboratorium dengan teknik pengenceran. Sebanyak 1 g fosfat guano dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisikan 9 mL akuades dan divortex (pengenceran 10^{-1}), selanjutnya dilakukan pengenceran bertingkat sampai 10^{-5} dengan mengambil 1 mL dari pengenceran sebelumnya lalu diencerkan dengan 9 mL akuades (Cappucino dan Sherman, 1987). Dilakukan pengenceran 10^{-3} sampai 10^{-5} , kemudian diambil 1 mL dan dimasukkan ke dalam cawan petri untuk ditanam secara *pour plate* menggunakan media Pikovskaya dan dilakukan sebanyak dua kali (*duplo*), kemudian diinkubasi pada suhu 28-30°C selama 3 hari.

Pemurnian Koloni Kapang Pelarut Fosfat

Koloni kapang yang tumbuh selama proses isolasi, dimurnikan dengan metode *Quadrant streak* yaitu mengambil satu ose isolat mikroba dan menumbuhkan pada media PDA. Isolat-Isolat kapang yang tumbuh pada media PDA dipilih kemudian ditransfer ke dalam media Pikovskaya. Isolat murni ditumbuhkan pada media pikovskaya dengan metode tusuk (*stab method*) pada bagian tengah media pada cawan petri. Zona bening yang terbentuk di sekitar isolat media pikovskaya menjadi indikator

adanya kemampuan kapang tersebut dalam melarutkan fosfat (Chuang *dkk.*,2006; Singh *dkk.*, 2011).

Tabel 1.
Deskripsi Lokasi Pengambilan Sampel Fosfat Guano

NO	No Sampel	Karakteristik Fosfat	Keterangan
1	PG-01	Bebatuan berwarna putih	Dari bagian atas dekat dinding gua
2	PG-02	Bebatuan berwarna putih	Bagian tengah
3	PG-03	Bebatuan berwarna putih	Bagian bawah dekat tanah di dalam gua

Identifikasi Kapang

Kapang yang telah murni diinokulasi ke dalam media dengan teknik *stab*. Satu *stab* dilakukan pada pusat media, sehingga akan dihasilkan satu koloni kapang. Kapang yang telah tumbuh pada media, diamati ciri-ciri makroskopik dengan memperhatikan warna dan permukaan koloni (granular, seperti tepung, menggunung, licin), tekstur, daerah tumbuh, garis-garis radial dan konsentris, warna balik koloni (*reverse color*), dan tetes eksudat (*exudate drops*).

Pengamatan morfologi kapang secara mikroskopik dilakukan pada biakan berumur tiga hari, berdasarkan Pitt dan Hocking (2009). Pengamatan morfologi kapang secara mikroskopik diamati dengan memperhatikan keberadaan spora atau konidia, tipe spora atau konidia, bentuk spora atau konidia, dan keberadaan septa pada hifa dibawah mikroskop. Hasil pengamatan morfologi kapang secara makroskopik dan mikroskopik selanjutnya dibandingkan dengan literatur atau monograf untuk mengetahui identitas kapang tersebut. Literatur yang digunakan Samson *dkk.* (2004) dan Barnett (1960).

Analisis Data

Data yang diperoleh disajikan secara deskriptif dengan berdasarkan karakteristik morfologis makroskopis dan

mikroskopis. Data yang diperoleh dari uji potensial kapang pelarut fosfat disajikan dalam bentuk gambar dan tabel (Sudjana, 2005).

HASIL DAN PEMBAHASAN

Pengambilan sampel batuan fosfat dilakukan di dalam Gua Pawon, dengan metode acak atau *Random* yang berasal dari tiga titik di dalam Gua Pawon Kawasan Karst Cipatat Kabupaten Bandung Barat pada 22 Januari 2015. Penggunaan metode acak ini dilakukan karena mudah dan agar tidak merusak keadaan fosfat guano yang terdapat di dalam Gua Pawon.

Medium Pikovskaya digunakan sebagai media isolasi maupun media pengujian mikroba pelarut fosfat. Hal tersebut dikarenakan medium pikovskaya merupakan medium selektif yang hanya menumbuhkan mikroorganisme yang dapat melarutkan fosfat. Medium ini mengandung (g/L): 0.5 g $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, 0.1 g $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.02 g NaCl, 0.02 g KCl, 0.003 g $\text{FeSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, 0.003 g $\text{MnSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$, 5 g $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$, 10.0 g glucose, 0.5 g yeast extract, 15.0 g agar, and 1000 mL aquades. Nutrisi pada medium pikovskaya dapat menunjang pertumbuhan kapang pelarut fosfat dengan baik.

Dari hasil isolasi dan identifikasi, didapatkan 5 isolat yang diduga termasuk ke dalam genus *Penicillium*, *Aspergillus*, *Mucor* dan *Mycelia sterilia*.

a. *Penicillium* sp. PF1

Hasil pengamatan makroskopik isolate PF 1 yang diinkubasi pada medium pikovskaya dalam waktu 7 hari (30°C) menunjukkan diameter koloni mencapai 4-5 cm permukaan halus seperti beludru, berwarna hijau keabuan. Koloni berbentuk bulat tidak sempurna. Tidak memiliki zona pertumbuhan (*growing zone*), zonasi, garis-garis radial (*radial furrow*) dan tetes eksudat (*exudate drops*). Sebaliknya koloni tidak memberikan warna pada medium atau hialin. Dari pengamatan mikroskopik PF1, konidiofor muncul dari substrat, konidiofor bertipe *mononematous*, berinding tipis berwarna hialin. Fialid berbentuk labu yang terdiri dari bagian basal silinder dan leher atau lanset yang berbeda. konidia berbentuk bulat dan struktur hifa yang bersepta.

Dari hasil pengamatan mikroskopik dan makroskopik kapang PF1 diduga termasuk ke dalam genus *Penicillium* Menurut Visagi (2014), genus *Penicillium* ditandai dengan adanya percabangan pada konidiofor. Meskipun pola percabangan ini tidak sesuai dengan sempurna dengan bagian yang saat ini diterima untuk *Penicillium*, karakterisasi ini secara akurat masih dianggap penting. Konidiofor bertipe sederhana (soliter phialides) sampai dengan pola sangat kompleks dengan berbagai tingkat percabangan yang menghasilkan pola simetris atau pola asimetris. Konidiofor konidia yang merupakan alat reproduksi aseksual, konidiofor dan struktur hifanya. Fialid berbentuk labu yang terdiri dari bagian basal silinder dan leher atau lanset yang berbeda. Lapisan dari fialid berfungsi tempat pembentukan dan pematangan spora disebut sterigma, konidia berbentuk bulat dan struktur hifa yang berseptata.

Penicillium PF1 ditemukan di semua tempat isolasi batuan posfat (tabel 1). Hal ini diduga karena *Penicillium* merupakan kapang saprofit yang dapat tumbuh pada berbagai kondisi lingkungan dan mampu menggunakan batuan posfat sebagai sumber nutrisi dengan menghasilkan enzim yang dapat menguraikan substrat posfat. Handayanto (2007), menjelaskan bahwa *Penicillium* merupakan jamur saprofit aerob yang dapat tumbuh pada temperatur 22^o-27^oC dan dapat tumbuh optimal pada pH netral hingga agak asam. Berikut taksonomi genus *Penicillium*;

Kingdom : Myceteae (Fungi)
 Divisio : Ascomycota
 Classis : Eurotiomycetes
 Ordo : Eurotiales
 Familia : Trichocomaceae
 Genus : *Penicillium*

b. *Aspergillus* spp.

Hasil pengamatan makroskopik isolat PF2 yang diinkubasi dalam pada medium Pikovskaya selama 7 hari (30^oC) menunjukkan koloni berwarna putih berukuran 4-5 cm dalam 7

hari. Sebaliknya koloni tidak memberikan warna pada medium atau hialin. Koloni bertekstur *granular*, memiliki zona perumbuhan (*growing zone*), tetes eksudat (*exudate drops*) dan zonasi. Koloni tidak memiliki garis-garis radial (*radial*). Hasil pengamatan mikroskopik Kepala konidia berwarna coklat tua, tampak kompak, berbentuk kolumnar. Konidiofor berwarna coklat dan berdinding halus. Vesikula berbentuk bulat hingga semibulat. Fialid terbentuk pada metula. Konida berbentuk bulat hingga elips, berwarna hialin, coklat hingga coklat tua. hifa tidak bersepta *furrow*).

Hasil pengamatan makroskopik isolat PF3 yang diinkubasi dalam pada medium Pikovskaya selama 7 hari (30°C), koloni berwarna hitam. Sebaliknya koloni tidak memberikan warna pada medium atau hialin. Koloni bertekstur *granular*, memiliki zona pertumbuhan (*growing zone*) dan zonasi. Koloni tidak memiliki garis-garis radial (*radial furrow*) dan tetes eksudat (*exudate drops*). Hasil pengamatan mikroskopik terlihat kepala konidia berwarna kuning hingga coklat tua. Konidiofor berwarna hialin dan halus. Vesikel berbentuk bulat, berwarna kuning hingga coklat pucat. Fialid terbentuk pada metula. Konidia berbentuk bulat hingga semibulat, berdinding kasar sampai halus. Hifa tidak bersekat.

Berdasarkan ciri-ciri tersebut, isolat PF2 dan PF3 termasuk ke dalam genus *Aspergillus*. Menurut Gandjar, 1999) ciri khas genus *Aspergillus* adalah adanya kepala konidia, vesikel, metula dan fialid. Genus *Aspergillus* terdapat hampir pada semua lokasi pengambilan sampel. Dari 5 isolat, 2 isolat termasuk ke dalam genus *Aspergillus*. Hal tersebut menunjukkan bahwa *Aspergillus* merupakan genus yang dominan batuan posfat. Pada penelitian yang dilakukan oleh Sane dan Mehta (2015) menunjukkan bahwa *Aspergillus* merupakan genus dominan yang ditemukan pada batuan posfat di Vandodara, India. Hal ini menunjukkan bahwa genus *Aspergillus* dapat beradaptasi dan menggunakan batuan posfat sebagai nutrisi pertumbuhannya. Berikut taksonomi genus *Aspergillus*;

Kingdom : Myceteae (Fungi)
 Divisio : Ascomycota
 Classis : Eurotiomycetes
 Ordo : Eurotiales
 Familia : Trichocomaceae
 Genus : *Aspergillus*

c. *Mycelia sterilia*

Berdasarkan hasil pengamatan makroskopik isolat PF4 yang diinkubasi dalam pada medium Pikovskaya selama 7 hari (30°C), terlihat koloni berwarna putih. Sebalik koloni tidak memberikan warna pada medium atau hialin. Koloni bertekstur seperti kapas, kapang tersebut belum bersporulasi. Koloni tidak memiliki zona pertumbuhan (*growing zone*), tetes eksudat (*exudate drops*), zonasi dan garis-garis radial (*radial furrow*). Hasil pengamatan mikroskopik hanya terdapat dari hifa steril, tidak memiliki struktur konidiofor dan tidak memiliki konidia

Dari hasil pengamatan mikroskopik dan makroskopik isolat PF 4 disuga termasuk ke dalam kapang *Mycelia sterilia*. Hal tersebut karena pada pengamatan mikroskopik pada koloni kapang berumur 7 hari pada medium PDA, hanya memperlihatkan struktur hifa. tidak dapat ditemukan alat reproduksi. Menurut Kernado (2011), adalah fungi yang hanya terdiri dari hifa steril, tidak memiliki struktur konidiofor dan tidak memiliki konidia dikelompokkan ke dalam *Mycelia sterilia*. Menurut Sugiyama (1987), *Mycelia sterilia* adalah fungi yang tidak memiliki alat reproduksi seksual dan tidak menghasilkan konidia.

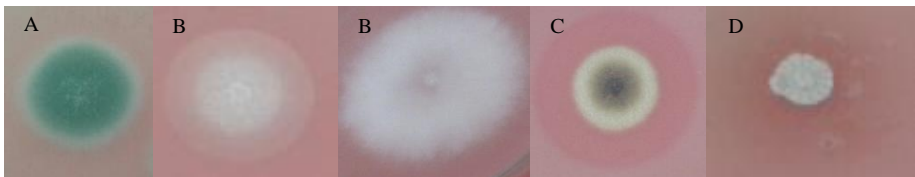
d. *Mucor* sp.

Hasil pengamatan makroskopik isolat PF4 yang diinkubasi dalam pada medium Pikovskaya selama 7 hari (30°C), koloni berwarna kuning. Sebalik koloni memberikan warna coklat pada media. Koloni bertekstur *wooly*, memiliki zona pertumbuhan (*growing zone*) dan tetes eksudat (*exudate drops*). Hasil pengamatan mikroskopik isolate PF5 mempunyai sporangiofor bercabang secara simodial maupun monopodial, cabang pendek.

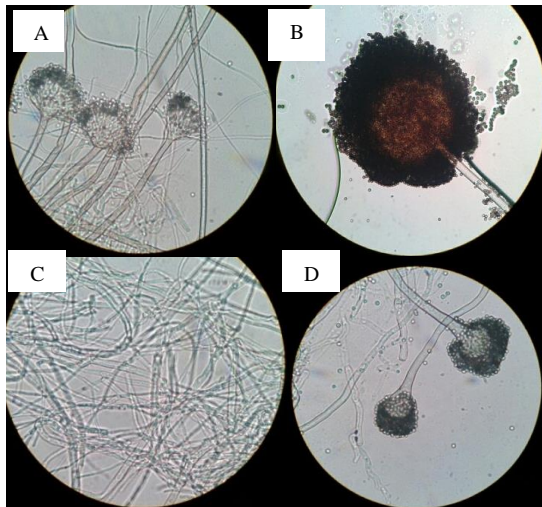
Sporangia berwarna coklat hingga keabuan. Kolumnela berbentuk obvoid memperlihatkan konidia berbentuk ovoid. Sporangifor di dalam kolumnela. Klamidospora banyak, terdapat dalam dalam sporangiofor dan berwarna abu-abu, bulat dan hifa tidak bersekat

Hasil pengamatan karakter morfologi secara mikroskopik dan makroskopik PF 5 diduga termasuk ke dalam genus *Mucor* (Tabel 1). Hal tersebut karena hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa kapang PF5 memiliki sporangium. Singleton dan Sainsbury (2006), menjelaskan bahwa ciri khas pada *Mucor* adalah memiliki sporangium yang berkolom-kolom atau kolumnela. Berikut taksonomi genus *Mucor*;

Kingdom : Myceteae (Fungi)
Divisio : Zygomycota
Classis : Mucormycotina
Ordo : Mucorales
Familia : Mucoraceae
Genus : *Mucor*



Gambar 1. Penampakan Makroskopik Berbagai Isolat Kapang dari Batuan Posfat Gua Pawon, Pada Media Pikovskaya yang diinkubasi selama 3 hari (30°C). A=PF1, B= PF2, C=PF3, D=PF4, E=PF5



Gambar 2. Penampakan Mikroskopik Berbagai Isolat Kapang dari Batuan Posfat Gua Pawon, Pada Media Pikovskaya yang diinkubasi selama 3 hari (30°C), Pengamatan mikroskopik perbesaran 400x. A=PF2, B=PF3, C=PF4, D=PF5.

Kemampuan Kapang Melarutkan Fosfat

Kapang pelarut fosfat yang diperoleh selanjutnya dilihat kemampuan dalam melarutkan P-terikat pada media pikovskaya secara kualitatif. Dari lima isolat kapang pelarut fosfat didapat satu isolat yang potensial dalam melarutkan fosfat (Tabel 1). Kapang yang tumbuh pada media akan melarutkan P yang ditandai dengan terbentuknya zona bening yang mengelilingi kapang. Zona bening terbentuk sebagai akibat terjadinya pelarutan butiran fosfat dari media.

Tabel 1.

Habitat dan Hasil uji kualitatif

Keterangan: = (+) = ada/ ditemukan (-) = tidak ada/ditemukan

Kode Isolat	Habitat	Zona bening
PF1	PG-01, PG-02, PG-03	-
PF2	PG-01, PG-02, PG-03	-
PF3	PG-01, PG-03	+++
PF4	PG-01, PG-03	-
PF5	PG-01, PG-03	+

Semua isolat kapang pelarut fosfat yang ditemukan pada media spesifik pikovskaya memiliki efektivitas yang berbeda dalam melarutkan fosfat. Kapang pelarut fosfat yang unggul akan menghasilkan diameter zona bening yang paling besar dibandingkan dengan koloni yang lainnya. Menurut Goenadi dan Saraswati (1994), kemampuan kapang pelarut fosfat dalam melarutkan P berbeda-beda tergantung jenis strain.

Dari pengujian kualitatif, *Aspergillus* mempunyai diameter zona bening paling besar (Tabel 1). Genus *Mucor* dapat menghasilkan zona bening tetapi tidak sebesar yang dihasilkan dari genus *Aspergillus*. Hal tersebut didukung pula oleh beberapa penelitian sebelumnya, menurut Darkuni dan Noviar (2001), *Aspergillus* mempunyai kemampuan tinggi dalam melarutkan P dan K. Fosfor berperan dalam proses penyimpanan energi dan transfer ikatan energy sehingga *Aspergillus* dapat diaplikasikan sebagai biofertilizer untuk meningkatkan pertumbuhan atau produktivitas tanaman terutama di tanah-tanah marginal. Menurut Isroi (2008). *Aspergillus* dapat melepaskan ikatan fosfor dari mineral liat dan menyediakannya bagi tanaman dan dapat menghasilkan metabolik sekunder berupa *griseofulvin* yang dapat mengurangi infeksi tanaman oleh beberapa mikroba tanah

Mekanisme kapang pelarut fosfat dalam mereduksi fosfat melalui dua tahapan yaitu secara kimiawi dan secara biologis (Ginting *dkk.*, 2006). Tahap tersebut yaitu:

1. Mekanisme pelarutan fosfat secara kimia dimulai saat kapang pelarut fosfat mengekresikan sejumlah asam organik berbobot molekul rendah hasil metabolismenya ke dalam tanah. Asam-asam organik tersebut dapat membentuk kompleks stabil dengan kation-kation pengikat P di dalam tanah seperti Al dan Fe yang merupakan pengikat P pada tanah masam. Setiap kapang pelarut fosfat memiliki kemampuan yang berbeda secara genetik dalam mengekresikan jenis dan jumlah asam organik. Sifat asam organik lebih penting dari jumlah yang dihasilkan. Hal ini terlihat dari perbedaan kemampuan tiap jenis kapang pelarut fosfat dalam melarutkan P. Efektivitas asam-asam organik yang dihasilkan tergantung pada kondisi lingkungan mikro di dalam tanah.

2. Reduksi fosfat secara biologis terjadi karena mikroorganisme tersebut menghasilkan enzim antara lain enzim fosfatase. Fosfatase merupakan enzim yang akan dihasilkan apabila ketersediaan fosfat rendah, apabila ketersediaan fosfat tinggi maka enzim fosfatase kurang berguna atau produksi mikroba untuk menghasilkan fosfat tidak efektif. Fosfatase diekskresikan oleh akar dan mikroorganisme dalam tanah. Pada proses mineralisasi bahan organik, senyawa fosfat organik diuraikan menjadi bentuk fosfat anorganik yang tersedia bagi tanaman dengan bantuan enzim fosfatase. Enzim fosfatase dapat memutuskan fosfat yang terikat menjadi bentuk tersedia.

KESIMPULAN

Berdasarkan hasil isolasi fosfat alam guano di Gua Pawon, dapat disimpulkan bahwa terdapat 2 jenis kapang dapat melarutkan fosfat yaitu *Aspergillus* sp. dan *Mucor* sp.

DAFTAR PUSTAKA

- Abubakar, Ariati, A. dan Maryanto, J. (2013). Penggunaan Pupk Hayati dan Batuan Fosfat Alam pada Budidaya Stroberi pada Tanah Andisol. *Agronomika* 13(1): 1-2.
- Barnett, H.L. & B.B. Hunter. (1960). *Illustrated genera of imperfect fungi*. 4th ed. Prentice Hall, Inc., U.S.A: xxi + 218 hlm.
- Cappucino, J.G., and N. Sherman. (1987). *Microbiology: A Laboratory Manual*. The Benjamin/Cummings Publishing Company Inc. California USA. p.127-148.
- Carlile, M.J., Watkinson, S.C. and Gooday, G.W. (2001). *The Fungi*. London, UK: Academic Press.
- Chuang, C. C., Y. L. Kuo., C. C. Chao & W. L. Chao. (2006). Solubilization of inorganic phosphates and plant growth promotion by *Aspergillus niger*. *Biol. Fertil. Soils* 43: 575-584.

Hafsari, A. R. dan Pertiwi, V. D.

Darkuni, M. Noviar. (2001). *Mikrobiologi (Bakteriologi, Virologi, dan Mikologi)*. Universitas Negeri Malang

Elfiati, D. (2005). *Peran Mikroba Pelarut Fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman*. Sumatera Utara: Universitas Sumatera Utara, h. 1-6.

Ferdianto, A. (2008). *Artefak Obsidian dari Gua Pawon, Kabupaten Bandung*. [Skripsi]. Depok: Universitas Indonesia, h. 10.

Gandjar, I, R. A. Samson, K van den Tweel-Verneulen, A. Oetari, & I. Santoso. (1999). *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan Obor Indonesia, Jakarta: xiii +136 hlm.

Gandjar, I., Sjamsuridzal, W. dan Oetari, A. (2006). *Mikologi Dasar dan Terapan*. Yayasan Obor Indonesia: Jakarta: xii + 234 hlm.

Goenadi, D.H., dan R. Saraswati. (1994). Kemampuan Melarutkan Fosfat dari Beberapa Isolat Fungi Pelarut Fosfat. *Menara Perkebunan* 61(3): 61-66.

Ginting, R. C. B., R. Saraswati dan E. Husen. (2006). *Pupuk organik dan Pupuk Hayati*. Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian, Bogor, hal. 141-158.

Handayanto dan Hairiah. (2007). *Biologi Tanah Landasan Pengelolaan Tanah Sehat* Cetakan ke 1. Pustaka Adipura: Yogyakarta.

Ilyas, Muhammad. (2006). Isolati dan Identifikasi Kapang pada Relung Rizosfir Tanaman Kawasan Cagar Alam Gunung Mutis, Nusa Tenggara Timur. *Biodiversitas* 7(3): 216-220.

Isroi. (2007). *Bioteknologi Mikroba Untuk Pertanian Organik*. [online]. Tersedia: <http://www.mbojo.wordpress.com>. Diakses pada 20 Juni 2015 pukul 20.54 WIB.

Kasno, A., Rochayati S., dan Prasetyo, B, H. (2009). *Deposit, Penyebaran dan Karakteristik Fosfat Alam*. Balai Penelitian dan Pengembangan Pertanian Departemen Pertanian. h.1-2.

- Ouahmane, L., J. Thioulouse, M. Hafidi et al. (2007). Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphate after inoculation with native or allochthonous arbuscular mycorrhizal fungi. *Forest Ecology & Management*, vol. 241, no. 1-3, hal. 200- 208, 2007.
- Pitt, J.I. & A.D. Hocking. (2009). Fungi and food spoilage. *Springer Science + Bussiness Media*, New York: xv + 519 hlm.
- Raharjo, B, A. Supriyadi, Agustina D.K. (2007). Pelarutan fosfat anorganik oleh kultur campur jamur pelarut fosfat secara in vitro. *Jurnal Sains & Matematika* 15 (2): 45-54.
- Rahayu, F, Mastur, dan B. Santoso. (2014). Potensi Beberapa Isolat Bakteri Pelarut Fosfat Asal Lahan Tebu di Jawa Timur Berdasarkan Aktivitas Enzim Fosfatase. *Buletin Tanaman Tembakau, Serat & Minyak Industri* 6(1), April (2014):23-31.
- Reddy, M.S., S. Kumar, K. Babita, and M. S. Reddy. (2002). Biosolubilization of poorly soluble rock phosphates by *Aspergillus tubingensis* and *Aspergillus niger*. *Bioresource Technology*, vol.84, no. 2, pp. 187-189.
- Samson, R.A., E.S. Hoekstra, & C.A.N. van Oorschot. (2004). *Introduction to food-borne fungi*. Centraalbureau Voor Schimmelcultures, Utrecht: 383 hlm.
- Sane SA, Mehta SK. (2015). Isolation and Evaluation of Rock Phosphate Solubilizing Fungi as Potential Bio-fertilizer. *J Biofertil Biopestici* 6:156. doi:10.4172/2471-2728.1000156
- Sedarmayanti dan S. Hidayat. (2011). *Metodologi Penelitian*. Penerbit CV. Mandar Maju, Bandung, Indonesia.
- Singleton dan Sainsbury. (2006). *Dictionary of Microbiology and Molecular Biology* 3rd Edition. John Wiley and Sons. Sussex, England.
- Straaten, P.V. (2002). *Rocks for Crops: Agro Minerals of Sub-Saharan Africa*, ICRAF, Nairobi, Kenya.

Hafsari, A. R. dan Pertiwi, V. D.

Subba-Rao, N. S. (1994). *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Universitas Indonesia Press, Jakarta.

Sudjana. (2005). *Metode Statistika*. PT. Tarsito Bandung. Bandung 508 hlm.

Sugiyama J, Sugiyama Y, Iizuka H, Torii T. (1967). *Mycological studies of the Antarctic Fungi. Part 2. Mycoflora of Lake Vanda and Ice-Free Lake*. Report of the Japanese Summer Parties in Dry Valleys, Victoria Land, 1963–1965 28:23–32

Visagie, C.M., K.A. Seifert, J. Houbraken, *et al.*, (2014). *Diversity of Penicillium section Citrina within the fynbos biome of South Africa, including a new species from a Protea repens infructescence* *Mycologia*, 106, hal. 537.