

Isolation Of Phosphate Solubilizing Endophytic Fungi From Rice Plant Root

Dezi Handayani^{1*}, Mades Fifendy¹, Verawati Yesni¹

¹Jurusan Biologi FMIPA Universitas Negeri Padang^{1*}

e-mail: dzhandayani@yahoo.com

Abstract. Root endophytic fungi plays different roles for plant, such as plant growth promoting properties, agents to control phytopathogens, and increase phosphorus uptake. Since phosphorus are essential for plant growth and its occurrence are limited, so it is necessary to explore these fungus to replace the used of synthetic fertilizer. The objective of this study were to obtain root endophytic fungi from rice plant and to determine its phosphate solubilization ability. The root organ of rice plant was subjected for isolation. Pikovskaya medium was use to determine the fungal phosphorus solubilization ability. Fungal morphological characteristics was carried out by macroscopic and microscopic appearance assessment using microscope. Seven endophytic fungi were successfully isolated from rice plant root sample. Four isolate were micelial steril with no conidia, two isolate refers to *Aspergillus* and 1 isolate have 2-4 conidia at the tip of conidiophores. Among 7 endophytics fungi, only one isolate (P2B3) had the ability to solubilize phosphate with the phosphate solubilization index value 20.45 %.

Keywords: root endophytic fungi, phosphate solubilization ability, rice plant root.



is an open access article distributed under the Creative Commons 4.0 Attribution License, which permits unrestricted use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited. ©2017 by author and Universitas Negeri Padang.

I. PENDAHULUAN

Sektor pertanian di Sumatera Barat merupakan sektor andalan dalam meningkatkan pembangunan ekonomi, dimana kontribusinya terhadap PDRB Sumatera Barat tahun 2003 sebesar 23.57% dan 11.66% diantaranya berasal dari sub sektor tanaman pangan dan hortikultura (Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Sumbar, 2005). Selanjutnya pada tahun 2008 kontribusi sektor pertanian meningkat menjadi 24.46% dimana 12,55% diantaranya berasal dari sub sektor tanaman pangan dan hortikultura. Dengan demikian komoditi pangan dan hortikultura perlu mendapat penanganan dan perhatian yang sejajar dengan komoditi lain. Komoditi ini mempunyai prospek pengembangan yang baik karena memiliki nilai ekonomis yang tinggi dan potensi pasar yang terbuka lebar.

Walaupun komoditi pangan dan hortikultura di Sumatera Barat memiliki prospek pengembangan yang cukup baik, tetapi terdapat beberapa permasalahan serius yang perlu segera ditanggulangi. Salah satu permasalahan tersebut adalah penurunan produksi padi di Kota Padang. Produksi padi tahun 2014 sebesar 90.064 ton berkurang menjadi 88.752 ton di tahun 2015 dengan luas panen seluas 17.838 Ha (BPS Kota Padang, 2016). Hal ini disebabkan karena luas lahan sawah mengalami penurunan rata-rata 0,87% pertahun. Ini terjadi karena alih fungsi lahan dari pertanian menjadi non pertanian (Badan Ketahanan Pangan Sumbar, 2015). Selain alih fungsi lahan, Effendi (2002) dan Saidi (2004) menyatakan bahwa beberapa permasalahan utama yang menyebabkan produktivitas tanaman hortikultura di Sumatera Barat rendah antara lain: a) kualitas hasil panen rendah, b) fluktuasi produksi yang sangat besar, c) kontinuitas produk tidak terjamin, d) tingkat kesuburan tanah di sentra produksi tanaman hortikultura tergolong sedang, e) pemupukan tidak efektif dan efisien, serta f) kandungan fosfor (P) tersedia bagi tanaman rendah.

Fosfor memegang peranan penting untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Fungsi utama P dalam tanaman adalah menyimpan dan mentransfer energi dalam bentuk *Adenosine Diphosphate* (ADP) dan *Adenosine Triphosphate* (ATP) (Liferdi, 2010). Selain itu, fosfor juga terdapat dalam seluruh sel tumbuhan yang fungsinya membentuk asam nukleat, merangsang pembelahan sel, membantu proses asimilasi dan respirasi. Besarnya peran penting yang dimiliki oleh unsur P menyebabkan unsur ini harus selalu tersedia dalam jumlah yang cukup agar tanaman tumbuh dengan baik, (Ardhana, 2012).

Walaupun kandungan P total dalam tanah tinggi, namun sebagian besar P ada dalam bentuk terikat dan hanya 0.1 sampai 0.5% yang dapat digunakan oleh tanaman (Pradan & Sukla 2005), sehingga banyak tanaman yang kahat P. Untuk mengatasi masalah tersebut, pemberian pupuk fosfat merupakan solusi yang diambil oleh petani agar unsur P tidak menjadi faktor pembatas bagi pertumbuhan tanaman (Ardhana, 2012).

Pemberian pupuk fosfat secara terus menerus dapat menyebabkan terjadinya penimbunan P dalam tanah sehingga menurunkan respon tanaman terhadap pemupukan fosfat disamping juga menimbulkan kerusakan lingkungan. Oleh karena itu perlu dicari alternatif lain untuk mengatasi masalah tersebut (Aisyah *et al.* 2010).

Seiring dengan perkembangan bioteknologi pertanian, alternatif lain untuk mengatasi masalah di atas adalah penggunaan cendawan endofit pelarut fosfat (Nasution *et al.* 2014). Selain mampu meningkatkan ketersediaan P dan memicu pertumbuhan tanaman, cendawan pelarut fosfat juga diketahui dapat melindungi tanaman dari penyakit dan bertindak sebagai agens biokontrol (Koike *et al.* 2001; Shivanna *et al.* 1999), menghasilkan hormon tumbuh (Yadav *et al.* 2011; Nenwani *et al.* 2010); melarutkan berbagai hara mikro

(Altomare *et al.* 1999); meningkatkan toleransi tanaman terhadap cekaman (Pandya & Saraf 2010) dan relatif ramah lingkungan.

Cendawan endofit pelarut fosfat dapat diisolasi dari sistem perakaran berbagai jenis tanaman. Akar merupakan bagian tanaman yang memiliki kelimpahan cendawan endofit tertinggi (Asniah *et al.* 2014; Ramdan *et al.* 2013). Cendawan endofit pelarut fosfat yang akan digunakan sebaiknya berasal dari cendawan indigenus tanaman. Hal ini disebabkan karena cendawan indigenus memiliki kemampuan adaptasi yang lebih tinggi dan berpotensi lebih baik dalam menyediakan unsur P bagi tanaman dibandingkan isolat cendawan yang berasal dari daerah lain (Gusnawati *et al.* 2014). Bila kita ingin mengatasi permasalahan P pada tanaman padi, maka tentu saja cendawan pelarut fosfat yang akan digunakan sebaiknya berasal dari sistem perakaran tanaman padi tersebut.

Berdasarkan pengetahuan seperti yang telah diuraikan di atas, maka ada peluang untuk mendapatkan cendawan endofit yang memiliki potensi untuk melarutkan fosfat dari sistem perakaran tanaman padi. Diharapkan cendawan endofit tersebut dapat mengatasi ketergantungan petani akan pupuk fosfat anorganik sekaligus dapat mengatasi permasalahan pencemaran lingkungan akibat pemakaian pupuk anorganik yang berlebihan. Untuk mendapatkan isolat cendawan endofit pelarut fosfat potensial tersebut, maka perlu dilakukan penelitian dengan judul “Isolasi Cendawan Endofit Pelarut Fosfat dari Akar Tanaman Padi (*Oryza sativa* L)”.

2 METODE

2.1 Pengambilan sampel akar tanaman padi.

Sampel akar tanaman padi yang akan dijadikan sampel diambil secara *purposive*. Akar tanaman sampel dipilih dari tanaman yang sudah tua dengan alasan untuk memperbesar kemungkinan menemukan cendawan endofit. Sampel akar yang diambil adalah bagian ujung akar yang banyak memiliki rambut akar dan dipotong kurang lebih sepanjang 10 cm dari ujung. Tempat pengambilan akar tanaman sampel adalah Kecamatan Kuranji, Padang. Sampel akar padi dan jagung diambil pada tanggal 23 Juli 2016.

2.2 Isolasi dan pemurnian cendawan endofit menggunakan medium *Potato Dextrose Agar* (PDA)

Akar tanaman dipisahkan dari tanah dengan hati-hati agar sistem perakaran tidak rusak. Akar dicuci dengan air mengalir untuk menghilangkan sisa tanah dan kotoran yang menempel pada akar. Selanjutnya akar dipotong dengan ukuran kurang lebih 1 cm. Sterilisasi permukaan akar dilakukan untuk menghilangkan kontaminan yang mungkin

terdapat pada akar. Akar dicuci dengan air mengalir selama kurang lebih 10 menit dan direndam dalam alkohol 70% selama 30 detik. Selanjutnya alkohol dihilangkan dengan membilas akar menggunakan air steril sebanyak 3-5 kali. Akar kemudian direndam dalam NaOCl 0.05% selama 5 menit dan dicuci kembali dengan air steril sebanyak 3-5 kali. Akar dikeringkan dengan tissue steril.

Akar yang sudah steril dan kering ditanam di media PDA dan diinkubasi pada suhu ruang. Semua cendawan yang tumbuh di sekitar akar dimurnikan menggunakan media yang sama. Koloni cendawan endofit yang didapat, diamati secara mikroskopik menggunakan mikroskop cahaya. Identifikasi dilakukan secara terbatas meliputi ciri morfologi koloni dan ciri mikroskopis yang teramati di bawah.

2.3 Pengujian aktivitas pelarut fosfat

Aktivitas pelarut fosfat cendawan endofit diuji menggunakan media agar Pikovskaya yang diberi sumber P terikat berupa TCP dengan 3 ulangan untuk masing-masing isolat. Aktivitas pelarut fosfat cendawan ditandai dengan adanya zona bening yang terbentuk di sekeliling koloni cendawan. Indeks kelarutan fosfat dihitung berdasarkan rumus berikut:

$$IKF = \frac{\text{rata-rata } \emptyset \text{ zona bening} - \text{diameter koloni}}{\text{diameter koloni}} \times 100$$

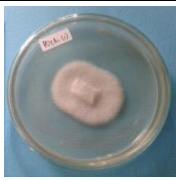
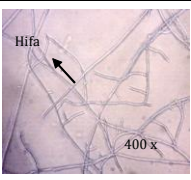

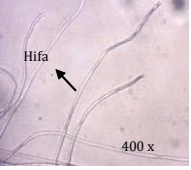

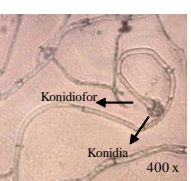
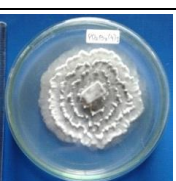
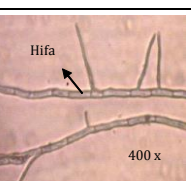
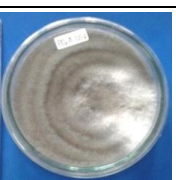
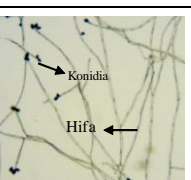

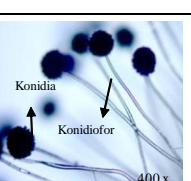

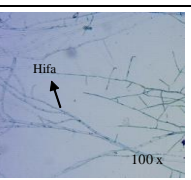
dimana: IKF = indeks kelarutan fosfat

Semakin besar nilai indeks kelarutan fosfat, maka semakin tinggi aktivitas pelarut fosfat cendawan endofit tersebut.

3 HASIL DAN PEMBAHASAN

Isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari sampel akar tanaman padi sebanyak 7 isolat dengan karakteristik morfologi koloni beragam. Empat isolat (PD1A1, PD5B2, PD2B3 dan PD2B5) merupakan cendawan dengan miselium steril tanpa konidia dengan hifa bersekat atau tanpa sekat. Dua isolat (PD4B2 dan PD2B4) menunjukkan ciri-ciri genus *Aspergillus* sedangkan satu isolat lainnya (PD2A1) memiliki konidia dengan jumlah 2 sampai 4 tiap konidiofor. Secara detail, ciri-ciri makroskopis dan makroskopis ke-7 isolat ditampilkan pada Tabel 1.

Tabel 1. Hasil pengamatan makroskopis dan mikroskopis masing-masing isolat cendawan endofit

Isolat	Gambar		Ciri-ciri
	Makroskopis	Mikroskopis	
PD1A1			Miselium berwarna putih dengan hifa yang tumbuh lambat, rapat dan mendatar, hifa hialin, asepat, bercabang banyak dan steril.
PD5B2			Koloni berwarna putih seperti kapas, pertumbuhan miselium menyerupai kipas, hifa hialin, tumbuh mendatar, tidak bersekat, bercabang panjang dan steril.
PD4B2			Miselium tumbuh cepat, mula-mula berwarna putih dan kemudian secara bertahap berubah menjadi hijau (terbentuk konidia). Hifa bersekat dan bercabang. Konidiofor sepat dengan ujung menggelembung. Sterigma 1 baris dan konidia berlimpah.
PD2B3			Koloni tidak beraturan, permukaan koloni bergelombang, miselium putih yang ma kelamaan membentuk tonjolan berwarna hitam. Hifa bersekat, bercabang, hialin, dan steril.
PD2A1			Miselium tumbuh rapat, cepat dan padat seperti kapas, permukaan miselium bergelombang yang lama kelamaan akan bewarna coklat kehitaman. Hifa bersekat, hialin, bercabang, dan memiliki 2-4 konidia hitam di ujungnya.
PD2B4			Miselium tumbuh cepat, berkelompok. Hifa hialin, bersekat dan bercabang. Konidiofor panjang membawa konidia berwarna hitam di ujungnya.
PD2B5			Miselium tumbuh tersebar tidak merata, berwarna putih yang lama kelamaan bewarna hijau muda. Hifa bersekat, hialin, bercabang dan steril.

Jumlah dan jenis cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari akar berbagai tanaman inang bervariasi. Tirtana *et al.* (2013) mendapatkan 8 jenis isolat cendawan endofit dari akar kentang, Ramdan *et al.* (2013) memperoleh 104 isolat dari akar tanaman cabai dan Khastini (2015) mendapat 4 isolat cendawan endofit dari akar *mangrove*.

Cendawan endofit yang berhasil diisolasi dari akar tanaman padi ini kemungkinan besar masih jauh dari jumlah sesungguhnya. Hal ini disebabkan karena metode isolasi yang digunakan hanya untuk cendawan endofit yang mampu tumbuh pada media PDA sebagai

media isolasi konvensional. Sementara itu, banyak dari cendawan endofit ini yang bersifat obligat sehingga tidak bisa diisolasi menggunakan media PDA (Ginting *et al.* 2013).

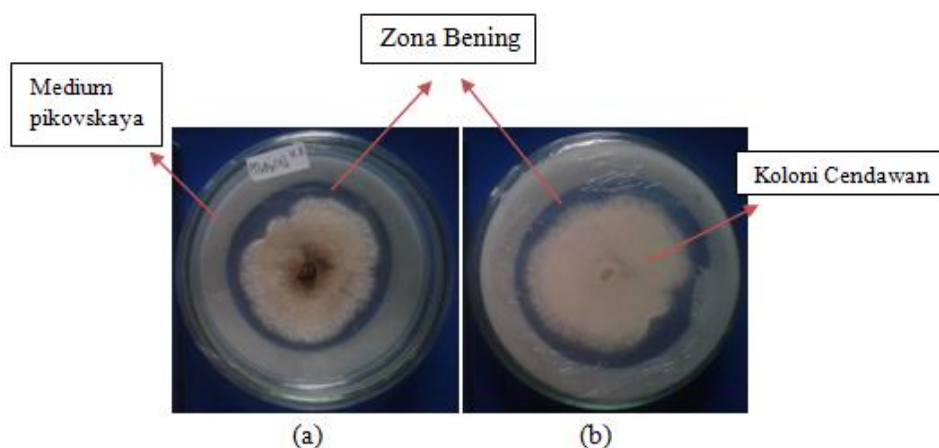
Kemampuan cendawan endofit dalam melarutkan fosfat yang terikat dapat diketahui dengan membiakkan cendawan pada media agar Pikovskaya atau media agar ekstrak tanah yang berwarna putih keruh yang mengandung P tidak terlarut seperti kalsium fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) (Raharjo, 2007). Pertumbuhan cendawan endofit pelarut fosfat dicirikan dengan adanya zona bening di sekitar koloni cendawan yang tumbuh, sedangkan cendawan yang lain tidak menunjukkan ciri tersebut. Koloni yang tumbuh dan mampu membentuk zona bening diindikasikan sebagai isolat yang mampu melarutkan fosfat (Hutagaol *et al.* 2017).

Dari tujuh isolat cendawan endofit yang berhasil diisolasi, hanya satu isolat yang mampu melarutkan fosfat terikat pada medium Pikovskaya. Isolat tersebut adalah isolat PD2B3. Indeks kelarutan fosfat dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2. Indeks kelarutan fosfat isolat PD2B3

Hari ke -	Rata-Rata Diameter Zona Bening	Rata-Rata Diameter Koloni	Nilai Indeks Kelarutan Fosfat
1	13,25	11,00	20,45
2	29,25	27,00	8,33
3	46,50	42,25	10,05
4	57,50	51,75	11,11
5	65,25	56,50	15,48
6	69,00	61,00	13,11
7	72,50	64,00	13,28

Adanya aktivitas pelarut fosfat diindikasikan dari adanya zona bening yang terbentuk di sekitar koloni cendawan pada medium Pikovskaya dengan sumber fosfat terikat berupa *Tri Calcium Phosphate* (Ca_3PO_4). Zona bening yang terbentuk ditampilkan pada Gambar 1.



Gambar 1. Uji aktivitas pelarut fosfat oleh cendawan endofitisolat PD2B3. (a) isolattampak dari depan dan (b) tampak dari belakang.

Penemuan cendawan-cendawan yang mampu melarutkan fosfat merupakan prospek yang potensial untuk pengembangan pupuk hayati, terutama pupuk fosfat karena pada banyak sistem produksi pertanian, fosfor merupakan unsur hara esensial yang paling sering dijumpai dalam keadaan kahat setelah N (Mosali *et al.* 2005).

Indeks kelarutan fosfat isolat PD2B3 tidak stabil dari waktu ke waktu. indeks tertinggi diperoleh pada hari pertama yaitu dengan rata - rata sebesar 20.45 %. Hari berikutnya terjadi penurunan yang fluktuatif. Hasil serupa ditemukan oleh Handayani (2011), bahwa indeks kelarutan fosfat tertinggi dari cendawan *Aspergillus* sp. IPBCC.09.619 sebesar 35% pada hari ke-1 dan *Penicillium* sp. IPBCC.09.620 sebesar 69% pada hari ke-6. Hal ini mengindikasikan adanya perbedaan kemampuan melarutkan fosfat yang khas untuk setiap jenis cendawan. Selain itu, setiap cendawan pada medium kultur tertentu akan menghasilkan asam organik yang berbeda-beda, baik dari segi jenis maupun jumlah dari aktivitas pelarutan fosfat (Syamsia *et al.* 2016).

Perubahan medium kultur selama masa inkubasi disebabkan oleh adanya aktivitas cendawan endofit yang menghasilkan asam organik dan enzim fosfatase sebagai pelarut P sehingga dapat memutuskan ikatan fosfat yang terikat menjadi fosfat yang dapat larut dan dapat diserap oleh tanaman padi dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman padi tersebut. El-Azouni (2008) melaporkan bahwa peningkatan konsentrasi P tanaman diduga oleh pengaruh cendawan pelarut fosfat dalam menghasilkan substrat sebagai sumber nutrisi. Asam-asam organik seperti asam sitrat, asam suksinat, dan asam oksalat dapat menggantikan kedudukan anion P, dan mengelat kation-kation seperti Ca, Al, dan Fe membentuk senyawa kompleks (Waty, 2012).

Aktivitas pelarutan fosfat paling tinggi oleh isolat PD2B3 terjadi pada hari pertama. Kemungkinan ini terjadi karena, pada awal masa inkubasi cendawan melepaskan enzim

fosfatase dalam jumlah yang relatif banyak untuk mengatasi masalah ketidakterersediaan unsur P. Hal ini dipertegas oleh pendapat Raharjo (2007) yang menyatakan bahwa aktivitas pelarutan fosfat pada kultur jamur F5 yang terjadi pada awal inkubasi merupakan aktivitas tertinggi pada semua perlakuan dikarenakan kultur jamur yang diinokulasikan sebagai starter telah memasuki fase log pertumbuhan dan mensekresi asam organik sehingga telah terjadi aktivitas pelarutan fosfat. Adanya fosfat terlarut yang tinggi dalam medium digunakan untuk aktivitas respirasi oksidatif yang berperan dalam transfer atau konsumsi glukosa ke dalam sel untuk pembentukan energi ATP sehingga akan meningkatkan pertumbuhan.

Keberadaan cendawan endofit pelarut fosfat memberi kemudahan bagi tanaman untuk mendapatkan nutrisi. Kemampuan hifa eksternal cendawan mengeksploitasi P yang berlokasi di sekitar daerah deplesi P dapat mengatasi keterbatasan difusi fosfat anorganik yang lambat dalam tanah. Ukuran hifa yang jauh lebih kecil (1/10) dibandingkan dengan akar tanaman memberi kemudahan bagi hifa masuk jauh sampai ke pori-pori tanah untuk menjangkau P dan air (Smith *et al.* 2003).

4 KESIMPULAN

Cendawan endofit dari akar tanaman padi berhasil diisolasi. Jumlah isolat yang didapat sebanyak 7 isolat dengan karakteristik morfologi yang berbeda. dari ketujuh isolat cendawan endofit tersebut, hanya satu isolat yang menunjukkan adanya kemampuan melarutkan fosfat terikat pada medium Pikovskaya dengan indeks kelarutan sebesar 20.45%.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat Direktorat Jenderal Penguatan Riset dan Pembangunan Kementerian Riset, Teknologi dan Perguruan Tinggi Sesuai dengan Surat Perjanjian Pelaksanaan Program Penelitian Nomor: 046/SP2H/DRPM/II/2016 Tanggal 17 Februari 2016

DAFTAR PUSTAKA

- Altomare C, Norvell WA, Bjbrkman T, Harman GE. 1999. Solubilization of phosphates micronutrients by the plant growth promoting and biocontrol fungus *Trichoderma harzianum* Rifai 1295-22. *Appl Environ Microbiol* 65:2926-2933.
- Aisyah, D., Suyono, A D., dan Citraresmini, A. 2010. Komposisi Kandungan Fosfor pada Tanaman Padi Sawah (*Oryza sativa* L.) Berasal dari Pupuk P dan Bahan Organik. *Bionatura-Jurnal Ilmu-ilmu Hayati dan Fisik*. Vol. 12(3) Hal: 126 – 135.
- Ardhana, I. P. G. 2012. *Ekologi Tumbuhan*. Udayana University Press, Denpasar-Bali.

- Asniah., Dian, L., Mariadi., dan Lili, D. 2014. Potensi Cendawan Endofit Non Patogen Asal Akar Tanaman Cabai (*Capsicum annuum* L.) Sebagai Biofingisida Patogen *Fusarium oxysporum*. *Agriplus*. Vol. 24(2) Hal: 177-183.
- Badan Ketahanan Pangan Sumbar. 2015. Database Ketahanan Pangan Provinsi Sumatera Barat Tahun 2014. Padang, Sumatera Barat.
- BPS Kota Padang. 2016. Statistik Daerah Kota Padang. Sumatera Barat.
- Dinas Pertanian Tanaman Pangan dan Hortikultura Sumbar, 2005. *Laporan Tahunan 2005*. Padang.
- Efendi. 2002. Studi Penyebaran Fosfat Anorganik dan Organik pada Zona Perakaran Andisol di Kawasan Sentra Produksi Hortikultura pada Formasi Singgalang dan Marapi. Tesis Magister Sains pada Program Pascasarjana Universitas Andalas. Padang.
- El-Azauni. 2008. Effect of Phosphate Solubilizing Fungi on Growth and Nutrient Uptake of Soybean (*Glycine max* L.) Plants. *Journal of Applied Sciences Research*. Vol. 4(6). Hal: 592-598.
- Ginting RCB, Sukarno N, Widyastuti U, Darusman LK, Kanaya S. 2013. Diversity of endophytic fungi from red ginger (*Zingiber officinale* Rosc.): plant and their inhibitory effect to *Fusarium oxysporum* plant pathogenic fungi. *HAYATI Journal of Biosciences* Vol. 20 No. 3, p 127-137. EISSN: 2086-4094. DOI: 10.4308/hjb.20.3.127
- Gusnawaty, H. S., Taufik, M., Triana, L., dan Asniah. 2014. Karakterisasi Morfologis *Trichoderma* Spp. Indigenus Sulawesi Tenggara. *Jurnal Agroteknos*. Vol. 4(2). Hal: 87-93.
- Handayani D. 2011. Potensi *Aspergillus* dan *Penicillium* Asal Serasah Dipterocarp Sebagai Endosimbion Akar Pelarut Fosfat. Tesis. Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Hutagaol, D., Hasrizart, I., dan Sofian, A. 2007. Aplikasi Cendawan Pelarut Fosfat Indigenus Tanah Sawah Meningkatkan Ketersediaan dan Serapan P Padi Sawah. *J. Agron. Indonesia*. Vol. 45(1) Hal: 9-13.
- Khastini, R. O., Pipit, M., dan Siti G. F. S. 2015. Isolasi Dan Penapisan Cendawan Endofit Akar Asal Ekosistem Mangrove Cagar Alam Pulau Dua Banten. *BIOSCIENTIAE* . Vol. 12(1) Hal: 16 – 28.
- Koike N, Hyakumachy M, Kageyama K, Tsuyumu S, Doke N. 2001. Induction of systemic resistance in cucumber againts several diseases by plant growth promoting fungi: lignification and superoxide generation. *Europ J Plant Pathol* 107:523-533.
- Liferdi, L. 2010. Efek Pemberian Fosfor Terhadap Pertumbuhan dan Status Hara pada Bibit Manggis. *J.Hort*. Vol. 20(1) Hal: 18-26.
- Mosali J, Girma K, Teal RK, Freeman KW, Martin KL, Raun WR. 2005. Effect of foliar application on winter grain yield, phosphorus uptake and use efficiency. *J Plant Nutr* 29:2147-2163.
- Nasution, R. M., Sabrina, T., dan Fauzi. 2014. Pemanfaatan Jamur Pelarut Fosfat dan Mikoriza untuk Meningkatkan Ketersediaan dan Serapan P Tanaman Jagung pada Tanah Alkalin. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. Vol. 2(3) Hal: 1003 – 1010.
- Nenwani V, Doshi P, Saha T, Rajkumar S. 2010. Isolation and characterization of a fungal isolate for phosphate solubilizaion and plant growth promoting activity. *J Yeast Fungal Res* 1(1):009-014.
- Pandya U, Saraf M. 2010. Application of fungi as biocontrol agent and their biofertilizer potential in agriculture. *J Adv Dev Res* 1(1): 90-99.

- Pradhan N, Sukla LB. 2005. Solubilization of inorganic phosphates by fungi isolated from agriculture soil. *Afr J Biotechnol* 5(10):850-854.
- Raharjo, B., Agung S., dan Agustina, D. K. 2007. Pelarutan Fosfat Anorganik oleh Kultur Campur Jamur Pelarut Fosfat Secara In Vitro. *Jurnal Sains & Matematika (JSM)*. Vol. 15(2) Hal: 45-54.
- Ramdan, E. P., Widodo., Evi, T. T., Suryo, W., dan Sri, H. H. 2013. Cendawan Endofit Nonpatogen Asal Tanaman Cabai dan Potensinya sebagai Agens Pemacu Pertumbuhan. *Jurnal Fitopatologi Indonesia*. Vol. 9(5) Hal: 139–144.
- Saidi, A. 2004. Kajian Potensi Kesuburan Tanah pada Lahan Sentra Pertanian Hortikultura di Sumatera Barat. *J. Stigma*. XII:2. 134-139.
- Shivanna MB, Meera MS, Hyakumachy M. 1996. Role of root colonization ability of plant growth promoting fungi in the suppression of take-all and common root rot of wheat. *Crop Protection* 15:497-504.
- Smith SE, Smith FA, Jacobsen I. 2003. Mycorrhizal can dominate phosphate supply to plants irrespective of growth responses. *Plant Physiol* 133:16-20.
- Syamsia., Idhan, A., Kadir, M. 2016. Potensi Cendawan Endofit Asal Padi Aromatik Lokal Enrekang Sebagai Pelarut Fosfat. *J. Agrotan*. Vol. 2(1) Hal: 57 – 63.
- Tirtana, Z. Y .G., Sulistyowati, L., dan Cholil, A. 2013. Eksplorasi Jamur Endofit Pada Tanaman Kentang (*Solanum Tuberosum* L) Serta Potensi Antagonismenya Terhadap *Phytophthora Infestans* (Mont.) De Barry Penyebab Penyakit Hawar Daun Secara *In Vitro*. *Jurnal HPT*. Vol. 1 (3) Hal: 91-101.
- Waty, R. 2012. Potensi *Aspergillus niger* Dan *Penicillium* Spp. Sebagai Endosimbion Pelarut Fosfat Pada Akar Serealia. *Skripsi*. Institut
- Yadav J, Verma JP, Tiwari KN. 2011. Plant growth promoting activities of fungi and their effect on chickpea plant growth. *Asian J Biol Sci* 4(3): 291-299.