

M E T A M O R F O S A
Journal of Biological Sciences
eISSN: 2655-8122

<http://ojs.unud.ac.id/index.php/metamorfosa>

Eksplorasi dan Identifikasi Jamur Pelarut Fosfat di Kawasan Hutan Taman Nasional Bali Barat (TNBB)

Phosphate Solvent Fungi Exploration and Identification in West Bali National Park Forest Area

Riswanda Dwiky Priyanta*, Meitini Wahyuni Proborini, Anak Agung Raka Dalem

Program Studi Biologi, Fakultas Matematika Ilmu Pengetahuan Alam, Universitas Udayana

Kampus Bukit Jimbaran, Kuta, Badung, Bali

**Email: dwikyriswanda@gmail.com*

INTISARI

Penelitian tentang eksplorasi dan identifikasi jamur-jamur pelarut fosfat belum pernah dilakukan di Taman Nasional Bali Barat (TNBB), oleh karena itu peneliti bertujuan mengeksplorasi dan mengidentifikasi jamur-jamur mikroskopis untuk dimanfaatkan sebagai jamur pelarut fosfat yang nantinya setiap sampel tanah akan diambil dari tanaman tembelekan (*Lantana camara*) yang keberadaannya sangat banyak ditemui di TNBB. Penelitian dilaksanakan dengan dua tahap. Tahap pertama eksplorasi jamur-jamur tanah di lapangan (TNBB) dan identifikasi jenis-jenis jamur dan tahap kedua adalah uji jamur pelarut fosfat pada media *Pikovskaya*. Hasil identifikasi jamur yang diperoleh yaitu, *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus isolat 4*, *Aspergillus isolat 5*, *Penicillium citrinum*, dan *Trichoderma amazonicum*. Dari semua jenis jamur yang diperoleh, hanya empat jamur saja yang berpotensi sebagai pelarut fosfat yaitu *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus* dan *Penicillium citrinum* dengan ditandai adanya zona bening pada media *Pikovskaya*. Jamur yang memiliki potensi paling baik dalam proses pelarutan fosfat yaitu *Aspergillus niger*.

Kata kunci: Rhizosfer, Lantana camara, zona bening, jamur pelarut fosfat

ABSTRACT

Research on the exploration and identification of phosphate solvent fungi has never been carried out in West Bali National Park (TNBB), therefore researchers aims to explore and identify microscopic fungi to be used as phosphate solvent fungi which later will be taken from each plant soil samples (*Lantana camara*) that the presence is very common in TNBB. The research was implemented in two stages. The first stage is exploration of soil fungi in the field (TNBB) and identification of fungal species and the second stage is the phosphate solvent fungus test on *Pikovskaya* media. The results of the identification of the fungi obtained as follow: *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus isolate 4*, *Aspergillus isolate 5*, *Penicillium citrinum*, and *Trichoderma amazonicum*. From the entire types of fungi obtained, there are only four fungi that have the potential as phosphate solvents, namely *Aspergillus niger*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus bertholletius* and *Penicillium citrinum* with the presence of clear zones on *Pikovskaya* media. Fungi that has the best potential in the process of phosphate dissolution is *Aspergillus niger*.

Keyword: Rhizosfer, Lantana camara, clear zone, phosphate solvent fungus

PENDAHULUAN

Jamur pelarut fosfat adalah jamur yang mampu mengubah fosfat yang berada dalam tanah dari bentuk senyawa (sulit terlarut) menjadi bentuk ion (mudah terlarut) sehingga dapat dimanfaatkan oleh tanaman (Hanafiah dkk., 2009). Jamur yang mampu untuk melarutkan fosfat biasanya berasal dari kelas *Deuteromycetes* (Sanjotha dkk., 2011). Jamur pelarut fosfat yang umum ditemukan dalam tanah yaitu jamur genus *Aspergillus* dan *Penicillium*. Fosfat dalam tanah dapat dimanfaatkan oleh tanaman untuk keperluan fotosintesis, pembentukan biji, bunga, buah, dan perkembangan akar (Winarso, 2005).

Proses eksplorasi dilakukan dengan mencari jamur di dekat perakaran tanaman tembelekan (*Lantana camara*). Tanaman tembelekan merupakan tanaman perdu memiliki ciri batang berkayu, berbau khas, bercabang banyak, perakaran yang tidak terlalu dalam, berduri, dan tingginya dapat mencapai 0,5-4 m (Bareto dkk., 2010). Tanaman tembelekan sangat banyak ditemukan di hutan Taman Nasional Bali Barat (TNBB). Taman Nasional Bali Barat adalah kawasan konservasi yang bertujuan untuk, penelitian, budidaya, pariwisata, pendidikan dan rekreasi alam (UU No. 5 Tahun 1990).

TNBB adalah kawasan pelestarian alam yang dikelola menggunakan sistem zonasi. Ekosistem darat meliputi ekosistem *river rain forest*, hutan hujan, hutan musim, dataran rendah, savana, *evergreen*, hutan mangrove, dan ekosistem hutan pantai. Sedangkan tipe ekosistem laut meliputi padang lamun, ekosistem *coral reef*, pantai berpasir, perairan laut dalam dan perairan laut dangkal. Penelitian mengenai eksplorasi dan identifikasi jamur pelarut fosfat belum pernah dilakukan di Taman Nasional Bali Barat (TNBB), oleh karena itu perlu dilakukan isolasi dan identifikasi jamur yang terdapat di hutan TNBB.

BAHAN DAN METODE

Teknik Pengambilan Sampel

Pengambilan sampel berupa tanah pada rhizosfer tanaman tembelekan (*Lantana camara*). Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan cara

menggali tanah rhizosfer dengan kedalaman 20 cm di setiap zona TNBB sebanyak lima titik dari tiap zona sehingga diperoleh sampel sebanyak 25. Zona yang diambil yaitu Z1 (Zona inti), Z2 (Zona rimba), Z3 (Zona pemanfaatan), Z4 (Zona budaya, religi dan sejarah), Z5 (Zona khusus). Pengambilan sampel dilakukan dengan metode *Random sampling* atau metode acak yang dilakukan dengan melakukan pengundian tempat yang akan dilakukan pengambilan sampel.

Isolasi Sampel Tanah

Metode yang dilakukan pada sampel tanah yaitu metode pengenceran 10^{-1} - 10^{-4} . Sampel ditimbang sebanyak 10 gr, kemudian dimasukkan ke dalam botol yang berisi air steril 90 mL dan dikocok hingga homogen. Setelah itu, diambil sebanyak 1 mL dan dimasukkan ke dalam tabung reaksi berisi 9 mL air steril dan dikocok. Langkah ini diulangi sampai pengenceran 10^{-4} . Selanjutnya diambil 1 mL dari setiap tabung reaksi untuk dimasukkan ke dalam cawan petri untuk dituangkan media PDA, dan dihomogenkan.

Reisolasi dan Pembuatan Biakan Murni

Reisolasi merupakan proses pemindahan isolat jamur dari satu biakan ke media baru (Wilia dkk., 2011). Biakan murni dibuat dengan mengambil spora jamur pada sampel yang telah diisolasi menggunakan jarum ose dan dibiakkan pada cawan Petri yang telah diisi media PDA. Pembuatan biakan murni dilakukan di dekat api bunsen untuk meminimalisir kontaminasi yang mungkin terjadi (Proborini, 2011).

Identifikasi Hasil Isolasi Jamur Tanah TNBB

Identifikasi jamur hasil isolasi tanah TNBB dilakukan dengan dua tahap yaitu pengamatan secara makroskopis dan mikroskopis. Secara makroskopis variabel yang diamati adalah warna koloni, warna sebalik koloni, ada atau tidaknya garis radier atau konsentrispermukaan koloni, pengamatan secara mikroskopis dilakukan dengan cara melihat hifa atau spora pada *obyek glass* menggunakan mikroskop. Hasil yang diperoleh selanjutnya disesuaikan dengan buku kunci identifikasi jamur (Proborini, 2011).

Pengujian Jamur Pelarut Fosfat Pada Media *Pikovskaya*

Pengujian jamur pelarut fosfat dilakukan pada media *pikovskaya* dan hasil maksimal dapat dilihat dengan munculnya zona bening yang dihasilkan dari metabolit sekunder jamur yang berpotensi melarutkan fosfat. Jamur biakan murni disuspensikan pada media *pikovskaya* yang sudah dituang pada cawan Petri. Setelah disuspensikan kemudian diinkubasi selama 3-4 hari.

Pengukuran Potensi Jamur Pelarut Fosfat

Pengukuran potensi jamur pelarut fosfat dilakukan dengan melakukan perhitungan panjang dan lebar zona bening yang dihasilkan oleh jamur pelarut fosfat yang sudah ditumbuhkan di cawan Petri dengan menggunakan media *Pikovskaya*.

Analisis Data

Data dari identifikasi dan pengukuran zona bening dijelaskan secara diskriptif.

HASIL

Hasil eksplorasi yang diperoleh pada masing-masing zona juga ditemukan jenis jamur yang berbeda-beda dan beragam dengan persebaran yang tidak merata pada tiap zona. Ditemukan ada 7 jenis jamur di TNBB yang terindikasi dapat melarutkan fosfat. Hasil eksplorasi dapat dilihat pada Tabel 1.

Untuk melihat keberadaan unsur hara yang terkandung dalam tanah dilakukan analisis tanah dan untuk mengetahui kelembaban udara yang berada pada tiap zona dilakukan pencatatan data saat dilakukan pengambilan sampel. Hasil analisis tanah dan kelembaban udara di Taman Nasional Bali Barat dapat dilihat pada Tabel 2. Pengujian potensi jamur pelarut fosfat dilakukan pada media *Pikovskaya*. Diameter zona bening yang dihasilkan oleh tiap spesies juga berbeda. Hasil diameter zona bening dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 1. Hasil eksplorasi keberadaan jamur pada masing-masing zona di Taman Nasional Bali Barat.

Zona	Jenis Jamur						
	<i>Aspergillus niger</i>	<i>Aspergillus bertholletius</i>	<i>Aspergillus flavus</i>	<i>Aspergillus isolat 4</i>	<i>Aspergillus isolate 5</i>	<i>Penicillium citrinum</i>	<i>Trichoderma amazonicum</i>
Z1	✓	✓	✓	✓	-	✓	✓
Z2	✓	✓	✓	✓	-	-	-
Z3	✓	✓	✓	-	-	✓	✓
Z4	✓	-	✓	✓	✓	-	✓
Z5	✓	✓	-	✓	✓	-	-

Keterangan: ✓ = Terdapat jamur, - = Tidak terdapat jamur

Tabel 2. Hasil analisis tanah dan kelembaban udara di masing-masing zona.

Zona	pH	Unsur hara tanah				Kelembaban udara (%)	Suhu (°C)
		C organik (%)	N total (%)	P tersedia (ppm)	K tersedia (ppm)		
Z1	6,8 (N)	4,58 (T)	0,49 (S)	8,58 (SR)	176,28 (S)	90-97	27-28,4
Z2	6,9 (N)	5,07 (ST)	0,42 (S)	23,74 (S)	251,62 (T)	85-93	27-28
Z3	7,0 (N)	4,04 (T)	0,26 (S)	12,63 (R)	236,27 (T)	80-90	26,6-28
Z4	7,0 (N)	3,60 (T)	0,07 (SR)	26,49 (T)	270,39 (T)	85-95	27-28
Z5	7,1 (N)	2,50 (S)	0,11 (R)	45,59S (T)	264,96 (T)	87-94	27,7-28

Tabel 3. Diameter zona bening yang dihasilkan oleh masing-masing spesies jamur yang diperoleh dari hasil isolasi pada kawasan hutan Taman Nasional Bali Barat.

Spesies Jamur	Rata-rata diameter (5 ulangan) yang dihasilkan (cm)
<i>Aspergillus niger</i>	5,64
<i>Aspergillus bertholletius</i>	5,55
<i>Aspergillus flavus</i>	5,23
<i>Aspergillus isolat 5</i>	0
<i>Aspergillus isolat 4</i>	0
<i>Penicillium citrinum</i>	1,29
<i>Trichoderma amazonicum</i>	-

Keterangan: 0 = Tidak membentuk zona bening; - = Mati dan tidak mampu tumbuh

PEMBAHASAN

Hasil eksplorasi yang dilakukan di hutan Taman Nasional Bali Barat memperoleh tujuh jenis jamur yang penyebarannya tidak merata pada masing-masing zona setelah dilakukan proses identifikasi di laboratorium Taksonomi Tumbuhan jurusan Biologi Fakultas Matematika dan Ilmu Pengetahuan Alam.. Jenis jamur yang diperoleh (Tabel 1) yaitu *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus*, *Aspergillus isolat 4*, *Aspergillus isolat 5*, *Penicillium citrinum* dan *Trichoderma amazonicum*. Bervariasinya jenis-jenis jamur yang teridentifikasi pada dasarnya sangat dipengaruhi oleh banyak faktor seperti unsur hara yang terkandung didalam tanah dan juga dapat diakibatkan oleh faktor lingkungan seperti kelembaban udara yang berbeda pada masing-masing zona. Untuk melihat keberadaan unsur hara yang terkandung dalam tanah dilakukan analisis tanah dan untuk mengetahui kelembaban udara yang berada pada tiap zona dilakukan pencatatan data saat dilakukan pengambilan sampel. Hasil analisis tanah dan kelembaban udara di Taman Nasional Bali Barat dapat dilihat pada Tabel 2. Semua jenis jamur yang didapatkan di hutan Taman Nasional Bali Barat termasuk jamur tanah. Dari tujuh genus yang ditemukan dan berhasil diidentifikasi merupakan jamur yang umum ditemukan di tanah dan banyak ditemukan pada rhizosfer tanah tanaman. Jamur-jamur tersebut juga bersifat antagonistik, antibiosis dengan patogen lain yang terdapat pada tanah, bersifat mikroparasit sehingga keberadaan jamur-jamur tersebut mudah ditemui di tanah karena dapat bersaing dengan patogen yang lain (Cicu. 2006). Cara kerja jamur tersebut yaitu dengan menghasilkan metabolit sekunder yang dapat menekan dan membunuh pertumbuhan patogen lainnya di dalam tanah (Sudanta dkk., 2011). Dari hasil analisis tanah pada Tabel 2 menunjukkan pH tanah semua zona dengan hasil yang netral, namun jamur dapat tumbuh pada semua zona. Jamur optimal tumbuh pada pH yang rendah atau masam, namun jamur juga memiliki kemampuan lebih dalam beradaptasi dengan pH yang netral sehingga masih dapat toleran dan mampu bertahan hidup di pH yang

netral. Beberapa spesies dari jamur *Aspergillus*, *Trichoderma*, dan *Penicillium* juga dapat melarutkan fosfat ($\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$) dan juga dapat mendegradasi selulosa sehingga dapat memberi manfaat bagi tanaman. Kelembaban udara di TNBB tinggi sehingga dapat mendukung pertumbuhan jamur (Gandjar dkk., 2006).

Hasil uji postensi jamur pelarut fosfat pada media pikovskaya dari 7 jenis jamur yang diperoleh pada kawasan hutan Taman Nasional Bali Barat ditemukan ada 4 jenis jamur yang mampu menghasilkan zona bening. Jamur-jamur tersebut adalah *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus* dan *Penicillium citrinum*. Ada dua jenis jamur tidak mampu menghasilkan zona bening yaitu jamur *Aspergillus isolat 4* dan *Aspergillus isolat 5* dan satu jenis jamur tidak mampu hidup pada media pikovskaya yaitu jamur *Trichoderma amazonicum*. Diameter zona bening yang dihasilkan oleh tiap spesies juga berbeda. Hasil diameter zona bening dapat dilihat pada Tabel 3. Diameter zona bening yang paling besar dihasilkan oleh jamur dari spesies *Aspergillus niger* dengan diameter zona bening 5,64 cm. Diameter paling kecil dihasilkan oleh jamur *Penicillium citrinum* dengan lebar diameter zona bening 1,29 cm. Mikroorganisme yang sering dalam penelitian mengenai uji pelarut fosfat yaitu dari jenis jamur dan bakteri. Penelitian yang dilakukan oleh Ritonga dkk., (2015) menyatakan bahwa jamur memiliki kemampuan lebih tinggi dalam melarutkan fosfat jika dibandingkan dengan bakteri. Tingkat adaptasi yang baik ditunjukkan oleh jamur dibandingkan dengan bakteri jika berada pada kondisi tanah yang masam sehingga proses pelarutan fosfat lebih baik oleh jamur yang keberadaannya sangat mendominasi pada tanah. Keberadaan jamur pelarut fosfat pada tanah sering dijumpai pada tanah yang miskin akan kandungan fosfat (P), sesuai dengan Tabel 2 yang diperoleh dari hasil analisis tanah ditemukan hasil eksplorasi jamur-jamur yang mampu untuk melarutkan fosfat pada tanah yang memiliki kandungan fosfat yang sangat rendah. Hal tersebut sesuai dengan hasil eksplorasi jamur pada kawasan hutan Taman Nasional Bali Barat pada Tabel 1 yang

menunjukkan hasil jamur yang berpotensi melarutkan fosfat paling banyak di temukan pada zona 1 (zona inti) yang memiliki kandungan fosfat paling rendah. Semua jenis mikroorganisme pelarut fosfat memiliki kemampuan masing-masing pada proses pelarutan fosfat sesuai dengan faktor lingkungan, kandungan nutrisi serta kemampuan mikroorganisme tersebut dalam beradaptasi dengan lingkungannya (Rara dkk., 2013). Ketiga jenis jamur yang lain pada penelitian ini yaitu *Aspergillus isolat 5*, *Aspergillus isolat 4* dan *Trichoderma amazonicum* diduga tidak dapat untuk melarutkan fosfat pada media *Pikovskaya*. Hal ini ditunjukkan bahwa ketiga jamur tersebut tidak mampu menghasilkan zona bening pada media *Pikovskaya* bahkan jenis jamur *Trichoderma amazonicum* sama sekali tidak mampu tumbuh pada media tersebut. Hal tersebut berbeda dengan hasil penelitian dari Fatmala dkk (2015), yang memperoleh hasil bahwa jamur genus *Trichoderma* mampu untuk melarutkan fosfat pada media *Pikovskaya*. Tetapi pada penelitian kali ini ditemukan bahwa *Trichoderma amazonicum* tidak mampu tumbuh bahkan mati pada media *Pikovskaya* yang dapat disebabkan oleh faktor media yang tidak cocok untuk pertumbuhan jenis jamur spesies *Trichoderma amazonicum* dan hasil yang diperoleh Fatmala dkk (2015) juga bisa menggunakan jamur genus *Trichoderma* namun bukan spesies dari *Trichoderma amazonicum* sehingga tiap koloni juga memiliki karakteristik untuk dapat bertahan hidup. Proses pengamatan dilakukan pada hari ke-7 karena pada hari sebelumnya zona bening yang terbentuk belum optimal dan belum bisa diamati. Pengamatan dilakukan dengan melihat koloni dan sebalik koloni pada cawan Petri dan selanjutnya dilihat zona beningnya dan diukur diameternya menggunakan penggaris. Menurut (Leni, 2008) Kemampuan jamur pelarut fosfat dapat ditandai dengan kemampuan jamur dalam melarutkan $\text{Ca}_3(\text{PO}_4)_2$ yang terkandung pada media *pikovskaya* dengan ditandai dengan terbentuknya zona bening yang biasanya tampak jelas pada hari ke-7. Hasil yang diperoleh diperkuat oleh pernyataan Ngiwit

(1999) yang menjelaskan bahwa setiap mikroorganisme memiliki kemampuan yang berbeda dalam proses pelarutan fosfat tersedia, tergantung pada jenis mikroorganismenya dan kemampuan adaptasinya dengan lingkungan, sehingga akan membentuk zona bening dengan ukuran yang berbeda-beda dan bahkan ada yang tidak mampu dalam melarutkan fosfat. Proses mekanisme pelarutan fosfat oleh jamur dapat dilakukan secara biologis dan secara kimia. Secara biologis jamur pelarut fosfat memiliki enzim fosfatase yang dapat secara langsung melarutkan fosfat yang tidak terlarut menjadi fosfat yang bisa dimanfaatkan. Secara kimiawi dilakukan dengan jamur pelarut fosfat dapat menghasilkan sejumlah asam organik seperti asam sitrat, oksalat, suksinat dan glutamat. Proses berjalan semakin lama dan asam organik yang dihasilkan akan meningkat, selanjutnya akan terjadi penurunan pH. Selanjutnya asam organik yang dihasilkan akan bereaksi dengan bahan-bahan pengikat fosfat seperti Al^{3+} , Mg^{2+} , Ca^{2+} dan Fe^{3+} yang membentuk khelat organik yang stabil sehingga akan dapat membebaskan ion fosfat yang terikat dan akan bisa dimanfaatkan oleh tanaman (Hanafiah, 2009). Jamur pelarut fosfat selain dapat menghasilkan asam organik, jamur pelarut fosfat juga dapat mengekskresikan enzim fosfatase yang sangat berperan dalam proses hidrolisis P organik menjadi P anorganik sehingga mampu untuk dimanfaatkan oleh tanaman (Elfianti, 2005).

KESIMPULAN

Terdapat 4 jenis jamur yang berpotensi untuk melarutkan fosfat yaitu *Aspergillus niger*, *Aspergillus bertholletius*, *Aspergillus flavus* dan *Penicillium citrinum* yang nantinya dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembuatan pupuk nabati untuk kesuburan tanaman.

UCAPAN TERIMA KASIH

Penulis mengucapkan terima kasih kepada staf tenaga kerja Taman Nasional Bali Barat (TNBB), bapak drh. Agus Ngurah Krisna selaku kepala balai TNBB yang telah memberikan izin penelitian serta bapak Hari Santosa dan bapak Febrian Aditya selaku pembimbing lapangan di TNBB.

DAFTAR PUSTAKA

- Barreto, FS., Sousa, EO., Campos, AR., Costa, JGM., Rodrigues, FFG. 2010. Antibacterial activity of *Lantana Camara* Linn and *Latana montevidensis* Brig Extracts from Cariri-Caera. Brazil. *Journal of Young Pharmacist*. 2(1):42-44.
- Cicu, 2006. Penyakit Akar Gada (*Plasmodiophora brassicae* wor.) pada kubis-kubisan dan Upaya Pengendaliannya. *Jurnal Litbang Pertanian*: 16-21. Balai pengkajian Pertanian. Makasar.
- Elfianti, D. 2005. *Peranan Mikroba Pelarut fosfat Terhadap Pertumbuhan Tanaman. Jurusan Kehutanan*. Fakultas Pertanian. Universitas Sumatra Utara. E-USU repository. Universitas Sumatera Utara.
- Fatmala, V. Sembiring, M., dan Jamilah. 2015. Eksplorasi dan Potensi Jamur Pelarut Fosfat pada Andisol Terkena Dampak Erupsi Gunung Sinabung dengan Beberapa Ketebalan Abu di Kecamatan Naman Teran Kabupaten Karo. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. Medan. 3(3): 1164-1168
- Gandjar, L., R.A. Samson., Karin van Der Tweel Vermulen., A. Oetari., I. Santoso. 2006. *Pengenalan Kapang Tropik Umum*. Yayasan obor Indonesia. Jakarta.
- Hanafiah, A. S., T. Sabrina, dan H. Guchi. 2009. *Biologi dan Ekologi Tanah*. Universitas Sumatera Utara. Medan.
- Leni. 2008. Pemanfaatan Bakteri Pelarut Fosfat dan Mikoriza Sebagai alternative Pengganti Pupuk Fosfat pada Tanah Ultisol Kabupaten Langkat Sumatera Utara. *Jurnal Ilmiah Pendidikan Tinggi Universitas Muslim Nusantara Al Washliyah*. Medan. 4(1): 9-17.
- Ngiwit, I.K. 1999. Degradasi Herbisida Turunan 2,4-D amine Oleh Bakteri Pelarut Fosfat dan Efek Residunya Terhadap Bawang Merah yang diberi Pupuk Kandang. *Jurnal Ilmiah Fakultas Pertanian Universitas Mataram*. NTB. Vol. 7: 77-80.
- Proborini, M. W. 2011. Eksplorasi Jenis-Jenis Endomikoriza indigenus pada Lahan Kering di Bali dan Pemanfaatannya pada pembibitan *Mente* (*Anacardium occidentale*). (*Laporan Hibah Doktor*). Tidak dipublikasikan.
- Rara, S. L., Wahyudi, I. Widjayanto, D. 2013. Pengaruh Pemberian Bokasi titonia (*Titonia diversifolia*) pada *Oxic dystrodepts* Lembang Tongoa Terhadap Serapan P dan Produksi Bawang Merah (*Alium ascalonicum* L.) varietas Lembah Palu. *Jurnal Agrotekbis*. 1(1): 44-53
- Ritonga, M., Bintang., Sembiring, M. 2015. Perubahan Bentuk P oleh Mikroba Pelarut Fosfat dan Bahan Organik terhadap P-Tersedia dan Produksi Kentang (*Solanum tuberosum* L.) pada Tanah Andisol terdampak Erupsi Gunung Sinabung. *Jurnal Agroekoteknologi*. 4(1):1641-1650
- Sanjotha, P., P. Mahantesh., dan C.S. Patil. 2011. Isolation and Screening of Efficiency of Phosphate solubilizing Microbes. *International Journal of Microbiology Research* 3:56-58.
- Sudantha, I Made., I Gusti Made Kusnarta, dan I Nyoman Sudana. 2011. Uji antagonisme beberapa jenis jamur Saprofit terhadap jamur *Fusarium oxysporum* f. sp. *cubense* penyebab penyakit layu pada tanaman pisang serta potensinya sebagai agen pengurai serasah. *Jurnal Agroteksos* 21: 2-3
- Winarso, S. 2005. Kesuburan Tanah, Kesehatan dan Kualitas Tanah. Penerbit Gava Media Edisi 6 Volume 2. Jakarta: EGC. p. 743.