

# Pemanfaatan mikoriza untuk meningkatkan kualitas bibit pohon dan produktivitas lahan kawasan perkotaan

## The use of mycorrhizae for improving the quality of seedling and land productivity in the city area

HARMASTINI SUKIMAN

Pusat Penelitian Bioteknologi, Lembaga Ilmu Pengetahuan Indonesia (LIPI), Cibinong Science Center, Jl. Raya Bogor Km. 46 Cibinong-Bogor 16911, Jawa Barat, Tel. +62-21-8754587, Fax. +62-21-8754588, email: harmastini@yahoo.com

Manuskrip diterima: 18 Agustus 2015. Revisi disetujui: 27 Oktober 2015.

**Abstrak.** Sukiman H. 2015. Pemanfaatan mikoriza untuk meningkatkan kualitas bibit pohon dan produktivitas lahan kawasan perkotaan. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 2021-2026*. Jamur tanah mikoriza (*Vascular Arbuscular Mycorrhizae*) dikenal karena kemampuannya dalam menunjang pertumbuhan tanaman. Jamur mikoriza dapat ditemukan di alam dan secara mudah dapat diisolasi untuk dipelajari lebih dalam. Penelitian yang memfokuskan pada kemampuan jamur mikoriza telah banyak dilakukan oleh peneliti di dunia. Diketahui bahwa jamur mikoriza secara alami hidup bersimbiosa dengan perakaran berbagai jenis tanaman dan jamur ini akan hidup menembus jaringan akar melalui benang halus yang dikenal sebagai hifa. Karakteristik dari kehidupan bersimbiosa ini adalah jamur mikoriza akan mendapatkan energi dari hasil metabolisme tanaman sementara tanaman memperoleh hara nutrisi yang diambil dari tanah khususnya unsur fosfat. Selain itu, tanaman juga akan mendapatkan unsur hara mikro lainnya dan air. Jamur mikoriza juga mempunyai kemampuan dalam melindungi tanaman dari penyakit akar. Pengembangan jamur mikoriza menjadi bahan dasar untuk pupuk hayati sudah banyak diteliti. Teknologi pembuatan pupuk hayati yang berbasis jamur mikoriza telah dikembangkan oleh LIPI dan produk pupuk hayati yang dihasilkan dikenal dengan nama BIOVAM-LIPI. Proses pembuatan pupuk tersebut distandarisasi berdasarkan presentasi akar terinfeksi. Implementasi pupuk hayati BIOVAM-LIPI telah dilaksanakan pada berbagai tanaman memberikan hasil yang positif bagi pertumbuhan tanaman.

**Kata kunci:** Pupuk hayati, mikoriza, *Vascular Arbuscular Mycorrhizae*, BIOVAM-LIPI

**Abstract.** Sukiman H. 2015. *The use of mycorrhizae for improving the quality of seedling and land productivity in the city area. Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 1: 2021-2026.* Mycorrhizae fungus (*Vascular Arbuscular Mycorrhizae*) is well known because of their potential for supporting the growth of the plant. This fungus could easily found and isolated from the environment to be studied further. Research focusing on the potential of this fungus has been done by many researchers in the world. It has been identified that mycorrhizae fungus live symbiotically with the root of plants and the fungus actually infected the roots tissues by the soft thread known as hyphae. The characteristic of symbiotic living is that the fungus will get the energy for their life from the metabolic compound producing by the host plants and on the other hand, the plants will provide by the plants nutrient absorbed from soil especially phosphate. Beside of that, the plant will provide by other micronutrients and water. This fungus also identified could protect the plants from the root diseases since the hypha could actually cover the surface of the root plants. Development of this fungus as a basic material for biofertilizer has been studied further. The technology of producing biofertilizer has been confirmed by LIPI and the product was named as BIOVAM- LIPI. The process of biofertilizer product was standardized by the percentage of root plants. Implementation of BIOVAM product has been done to many plants and gave a positive result for plants growth.

**Keywords:** Biofertilizer, mycorrhizae, *Vascular Arbuscular Mycorrhizae*, BIOVAM-LIPI

### PENDAHULUAN

Kawasan perkotaan merupakan jantung bagi masyarakat karena kegiatan manusia terkonsentrasi didalam kota dan beraktivitas untuk kehidupannya. Oleh karena itu pembangunan ruang hijau menjadi prioritas dalam program pembangunan kota. Menurut Undang-Undang Pemerintah No. 26 tahun 2007 tentang Penataan Ruang menyatakan bahwa presentasi kesediaan ruang terbuka hijau diseluruh propinsi, kabupaten dan perkotaan di Indonesia minimal adalah 30%. Namun pada

kenyataannya ruang terbuka hijau yang ada seperti misalnya di DKI Jakarta baru 10%. Ruang terbuka hijau yang dimaksud mencakup, taman kota, hutan kota, arboretum, termasuk kawasan jalan tol dan lahan pertanian yang ada dipinggiran kota. Produktivitas lahan disekitar perkotaan juga merupakan fokus untuk ditingkatkan sehingga optimalisasi produktivitas lahan dapat tercapai. Mengantisipasi kondisi tersebut maka pemerintah telah mencanangkan berbagai program penghijauan yang dilaksanakan secara serentak. Berbagai upaya telah dilakukan diantaranya adalah gerakan menanam

sejuta pohon, pembangunan hutan kota dan taman kota termasuk merevitalisasi daerah bantaran sungai dan danau yang selama ini sudah beralih fungsi menjadi pemukiman. Program tersebut dapat berlangsung dengan baik apabila tersedia bibit tanaman yang berkualitas. Bibit tanaman merupakan kebutuhan utama bagi terlaksananya program penghijauan lahan.

Penanaman jenis-jenis pohon di kawasan perkotaan saat ini dilakukan dengan menanam pohon yang sudah besar. Tujuannya adalah untuk menghemat waktu sampai kisaran lima tahun atau lebih dibandingkan dengan menanam daribibit yang masih kecil. Namun demikian, teknik menanam pohon secara instan seperti ini sebenarnya memiliki beberapa kelemahan, khususnya dalam hal perkembangan sistem perakarannya. Penanaman pohon tanpa memperhatikan keseimbangan sistem perakaran serta perkembangan tajuknya dapat menimbulkan resiko tumbang dikemudian hari. Upaya yang baik adalah menanam pohon yang berasal dari bibit yang berkualitas. Namun umumnya bibit tanaman yang tersedia tidak semua berkualitas baik, presentasi bibit yang mati setelah dipindahkan ke area pertanaman masih cukup tinggi. Tercatat bahwa bibit yang dapat tetap hidup hanya 30% dari jumlah bibit yang ditanam. Hal ini disebabkan karena bibit yang ditanam tidak berkualitas dan setelah ditanam tidak diberi pupuk dan dipelihara dengan baik sehingga rentan dengan kondisi ekstrim dilapangan.

Salah satu upaya yang dilakukan adalah melibatkan keunggulan pupuk hayati dalam program penyediaan bibit tanaman berkualitas. Pemanfaatan pupuk hayati dalam menunjang pertumbuhan tanaman dan pengganti pupuk kimia telah banyak dikaji dan disosialisasikan. Pupuk hayati adalah pupuk yang dibuat dengan basis mikroba potensial. Jamur tanah mikorisa atau *Vascular Arbuscular Mycorrhizae* (VAM) dikenal sebagai mikroba potensi yang dapat digunakan sebagai pupuk hayati. Jamur tanah mikorisa ini dapat berasosiasi dengan lebih dari 80% jenis tanaman kehutanan, pertanian, hortikultura dan perkebunan. Jamur tanah mempunyai karakteristik khusus yakni dapat memperluas bidang penyerapan akar dalam hal penyediaan unsur hara khususnya fosfat dan mineral tanah lainnya seperti unsur mikro dan air. Jamur mikorisa hidup bersimbiosa dengan berbagai jenis tanaman dengan cara menginfeksi akar tanaman dan menembus jaringan tanaman melalui benang-benang halus yang dikenal dengan hipa. Kehidupan bersimbiosa ini dibangun karena jamur mikorisa akan mendapatkan energi dari hasil metabolit tanaman dan sementara itu tanaman akan mendapatkan hara nutrisi yang diambil dari tanah kemudian ditransfer kepada tanaman. Hipa dari jamur mikorisa mampu tumbuh jauh menembus area yang tidak terjangkau oleh perakaran tanaman sehingga mampu mencari sumber hara tanaman dan air yang letaknya jauh serta mentransfernya kepada tanaman (Peng 2013). Bibit tanaman yang diinokulasi dengan jamur mikorisa mempunyai pertumbuhan yang lebih baik dibanding dengan bibit yang tidak diinokulasi. Nuhamara (1994) mengatakan bahwa jamur tanah mikorisa selain berperan dalam menyediakan unsur hara fosfat juga dapat berfungsi sebagai pelindung tanaman dari berbagai

penyakit akibat serangan pathogen akar. Dalam hal ini mikorisa akan menghasilkan berbagai senyawa bioaktif dari hasil metabolismenya dan bahan aktif tersebut kemudian digunakan untuk menghancurkan protein dari mikroba patogennya. Kemampuan dalam menyerap air menyebabkan jamur mikorisa mampu meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dan kondisi ekstrim. Jamur mikorisa juga mampu menghasilkan hormon pertumbuhan seperti *indole acetic acid* (IAA) dan auxin yang diperlukan oleh tanaman. Konservasi jenis-jenis jamur mikorisa ini telah dilakukan sejak lama dan beberapa isolat unggulnya telah dikembangkan lebih lanjut sebagai pupuk hayati.

### PRODUKSI PUPUK HAYATI MIKORISA

Pupuk hayati mikorisa dapat diproduksi melalui teknologi sederhana. Teknologi yang umum dilakukan adalah memperbanyak spora jamur mikorisa pada tanaman inang kemudian dikemas menjadi suatu produk dengan bahan pembawa terpilih berdasarkan jumlah spora per gram berat kering. Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia Nomer 70/PERMENTAN/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati, dan Pembenah Tanah menyebutkan bahwa persyaratan untuk pupuk hayati berbasis mikorisa, kandungan spora endomikorisa harus  $\geq 50$  spora/g berat kering pupuk dengan kadar air  $\leq 35\%$ , dan presentasi infeksi  $\geq 50\%$ . Persyaratan ini merupakan dasar pengujian pada saat pihak produsen mengajukan sertifikasi produk ke Departemen Pertanian,

Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI telah menghasilkan suatu inovasi teknologi produksi biomasa jamur mikorisa yang menjadi dasar untuk pengembangan pupuk hayati. Teknologi tersebut dibuat tidak berdasarkan jumlah spora namun berdasarkan presentasi akar terinfeksi. Seperti disebutkan oleh Peraturan Menteri Pertanian Republik Indonesia No. 70 tahun 2011 bahwa presentasi akar terinfeksi harus sama dengan atau lebih dari 50%. Produk pupuk hayati berbasis mikorisa yang diproduksi oleh Pusat Penelitian Bioteknologi LIPI dikenal dengan nama komersial BioVAM-LIPI. Bahan pembawa merupakan material yang cukup penting dalam mengemas mikorisa karena bahan pembawa harus dapat menopang kehidupan mikorisa selama masa penyimpanan. Sterilisasi bahan pembawa merupakan hal krusial agar jamur mikorisa yang disimpan dalam bahan pembawa tersebut dapat terhindar dari kontaminasi mikroba lainnya. Uji coba kualitas bahan pembawa dilakukan dengan cara menggunakan bahan pembawa sebagai media tanam yang dapat memproduksi biomasa akar terinfeksi. Kajian tentang jenis bahan pembawa, kondisi sterilitas bahan pembawa, teknologi yang diterapkan untuk sterilisasi bahan pembawa dan jumlah starter yang diberikan kepada biji tanaman inang merupakan hal awal yang perlu dilakukan untuk memproduksi pupuk hayati berbasis mikorisa secara skala pilot. Kajian tentang persyaratan produksi pupuk hayati dilakukan dengan membandingkan metoda sterilisasi bahan pembawa dan jumlah starter BioVAM serta umur akar yang diamati.

**Tabel 1.**Presentasi akar terinfeksi dari tanaman jagung yang diinokulasi dengan mikorisa (BioVAM) dengan bahan pembawa tanah asal, Jawa Barat

Perlakuan bahan pembawa	% akar terinfeksi	
	1 bulan	2 bulan
Kontrol autoclave (K)	-	-
Kontrol autoclave (M)	-	-
Kontrol Oven (K)	-	-
Kontrol Oven (M)	-	-
Tanah autoclave+ BioVAM 5 sd (K)	27.65	53.86
Tanah autoclave+ BioVAM 5 sd (M)	31.07	69.19
Tanah autoclave+ BioVAM 10 sd (K)	26.60	39.62
Tanah autoclave+ BioVAM 10 sd (M)	34.25	59.22
Tanah oven+ BioVAM 5 sd (K)	17.42	69.19
Tanah oven+ BioVAM 5 sd (M)	42.92	78.44
Tanah oven+ BioVAM 10 sd (K)	15.45	63.15
Tanah oven+ BioVAM 10 sd (M)	33.04	51.42
Tanah tidak steril + BioVAM5 sd (K)	24.70	58.41
Tanah tidak steril + BioVAM5 sd (M)	37.06	86.37
Tanah tidak steril + BioVAM10 sd (K)	35.93	63.57
Tanah tidak steril + BioVAM10 sd (M)	43.03	71.22
Tanah Basamid+ BioVAM5 sd (K)	36.26	70.62
TanahBasamid+ BioVAM5 sd (M)	46.51	79.39
Tanah Basamid+ BioVAM10 sd (K)	19.09	70.32
Tanah Basamid+ BioVAM10 sd (M)	45.09	74.40

Keterangan: BioVAM:Bio Vascular Arbuscula Mycorrhizae, sd:sendok makan, Basamid: materi bahan kimia untuk sterilisasi tanah, K: akar keras, M: akar muda

Akar terinfeksi jamur mikorisa dari tanaman inang diidentifikasi berdasarkan metoda yang dipertelakan oleh Okutani, 2003 (personal comm.) yakni menggunakan pewarna tryphan blue 0.05% dan lactoglycerol sebagai pengawet preparat akar. Tabel 1, menjelaskan bahwa pengamatan presentasi infeksi akar lebih jelas terlihat pada akar yang masih muda, presentasi akar terlihat lebih tinggi dibandingkan dengan pengamatan diakar yang sudah tua. Hasil evaluasi menunjukkan bahwatanah yang digunakan sebagai media tumbuh sebaiknya disterilisasi terlebih dahulu untuk mengurangi adanya kontaminasi dari mikroba lain yg ada dalam tanah walaupun hasil penghitungan presentasi infeksi akar antara tanah yang disterilisasi dan yang tidak disterilisatidak berbeda nyata namun tidak menutup kemungkinan adanya jamur mikorisa lain yang turut menginfeksi akar tersebut. Pertumbuhan jamur mikorisa pada perakaran tanaman bertambah sejalan dengan waktu pertumbuhan tanamannya. Peningkatan presentasi infeksi akar terjadi secara signifikan dimana pada umur dua bulan pertanaman sudah terjadi peningkatan hingga 100%. Semua perlakuan menunjukkan peningkatan hingga diatas 50%. Sementara itu jumlah inokulum mikorisa awal yang diberikan kepada tanaman tidak berpengaruh nyata pada peningkatan presentasi infeksi akar. Efisiensi penggunaan jumlah inokulum dapat dicapai dengan pemberian jumlah minimum dari inokulum awal. Penelitian menunjukkan bahwa 5 sendok makan inokulum ternyata sudah cukup memberikan hasil presentasi infeksi akar diatas 50% (Tabel 1.)

Evaluasi tentang presentasi akar terinfeksi juga dilakukan selama proses pembuatan produk pupuk hayati berlangsung yakni dengan mengambil sampel akar disetiap bulan umur tanaman.

**Tabel 2.**Presentasi akar terinfeksi mikorisa pada sampel akar tanaman selama proses produksi pupuk hayati di tingkat rumah kaca.

Umur tanaman	Presentasi infeksi akar (%)	
	Kontrol	BioVAM
Bulan 1	1.54	14.49
Bulan 2	5.00	27.63
Bulan 3	5.62	36.24

Keterangan:KO: tanaman kontrol (tanpa inokulasi jamur mikorisa), BioVAM: tanaman di inokulasi pupuk hayati mikorisa

Tabel 2. menjelaskan kondisi presentasi akar terinfeksi selama proses produksi biomasa akar. Pada saat umur tanaman 1 bulan sudah mulai terjadi proses infeksi dan tercatat bahwa presentasi akar terinfeksi adalah 14.49% sementara tanaman kontrol hanya 1.52%. Pesentasi akar terinfeksi meningkat sejalan dengan umur tanaman inang yakni 27.63% pada tanaman berumur 2 bulan dan 36.24% pada saat tanaman berumur tiga bulan. Tanaman kontrol menunjukkan tingkat presentasi akar yang rendah yakni kurang lebih 5%. Terdeteksinya infeksi akar pada tanaman kontrol disebabkan karena media tanah yang digunakan untuk produksi biomasa akar terinfeksi tidak disterilkan secara penuh, hany dijemur dan dikering anginkan saja, sehingga tidak menutup adanya jamur mikorisa indigenus yang kemudian menginfeksi akar dari tanaman inang.

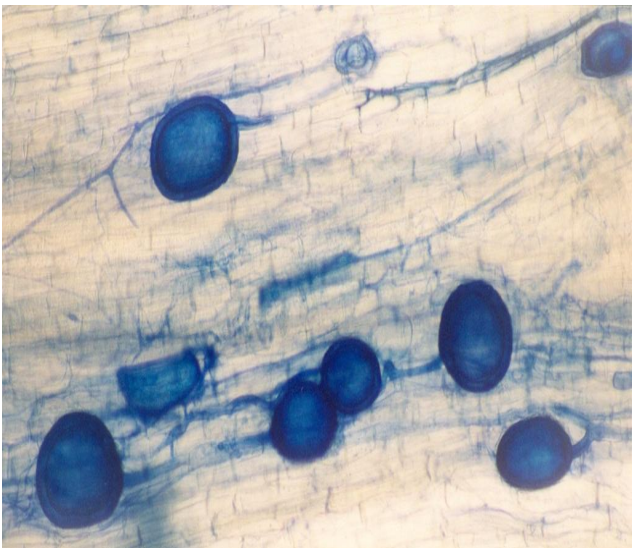
Produksi pupuk hayati dilaksanakan dengan teknologi yang dikembangkan dari teknologi Osaka Gas Co.Ltd. Produksi biomasa akar terinfeksi jamur mikorisa dilakukan dengan menggunakan tanaman inang jagung (*Zea mays*) var.BISMA.Media tanah digunakan sebagai media tumbuh tanaman inang dan metoda penanaman biji jagung dilakukan dengan metoda sistem lapis (Gambar 1 dan 2).



**Gambar 1.** Produksi pupuk hayati berbasis mikorisa di rumah kaca,dan spora jamur mikorisa yang mengifeksi akar tanaman (foto: H. Sukiman)



**Gambar 2.** Produksi pupuk hayati mikorisa pada saat periode "stressing" untuk merangsang pembentukan spora (foto: H. Sukiman)



**Gambar 3.** Spora jamur mikorisa dengan teknik pewarnaan akar (foto: K. Kramadibrata)



**Gambar 4.** Produk BioVAM- LIPI (foto: H. Sukiman)

Hasil analisa tanah yang digunakan sebagai dasar untuk produksi pupuk hayati menunjukkan bahwa tipe tanah yang cocok untuk digunakan sebagai bahan pembawa jamur mikorisa adalah tanah dengan pHnetral yaitu antara 5.4 dengan presentasi kemampuan dalam mengontrol mekanisme penyerapan fosphat adalah berkisar 24.1%.

Gambar 1. menunjukkan pertumbuhan tanaman inang jagung yang telah diinokulasi dengan starter mikorisa dan ditumbuhkan dalam pot berkapasitas 15 kg tanah selama tiga bulan. pertumbuhan tanaman jagung dipantau dengan melihat presentasi infeksi akar oleh jamur mikorisa setiap bulannya. Pada saat tanaman sudah berumur 3 bulan, tanaman di derlakukan stressing guna merangsang pembentukan spora. Produk pupuk hayati dipanen apabila biomasa akar tanaman jagung sudah memenuhi seluruh media tumbuh yang selanjutnya biomasa akar dalam tanah tersebut digiling hingga menjadi serbuk tanah berisi potongan kecil dari akar terinfeksi. Produk pupuk hayati selanjutnya di kemas menjadi bentuk produk yang siap digunakan dalam pembibitan. Gambar 3. menunjukkan bentuk spora jamur mikorisa yang menginfeksi akar tanaman jagung. Spora dan hipa jamur mikorisa yang terhimpun dalam tanah akan merupakan bentuk produk inokulan yang dapat digunakan sebagai pupuk hayati. Tanah yang berisi potongan akar yang terinfeksi dengan jamur mikorisa selanjutnya dikemas dalam kemasan plastik dan siap untuk digunakan oleh masyarakat petani. Produk yang dikemas dengan cara ini mampu bertahan hingga lebih dari satu tahun dengan penyimpanan ditempat yang kering dengan suhu ruang.

### PEMANFAATAN PUPUK HAYATI MIKORISA UNTUK MENINGKATKAN KUALITAS BIBIT TANAMAN KERAS

Penggunaan pupuk hayati BioVAM telah di uji pada sejumlah jenis tanaman, salah satunya adalah kayu afrika (*Meisopsis emenii*). Hasil pengujian menunjukkan bahwa pemberian inokulan BioVAM mampu meningkatkan pertumbuhan tanaman secara signifikan (Gambar 5.)



**Gambar 5.** Pengaruh pemberian inokulum mikorisa pada tanaman kayu afrika (*Meisopsis emenii*) ditingkat semai (foto: H. Sukiman)

**Tabel 3.** Tinggi tanaman dan diameter batang suren gunung (*Toona sinensis*)

Umur tanaman (bulan)	Kontrol (cm)		BioVAM (cm)	
	Tinggi tanaman	Diameter batang	Tinggi tanaman	Diameter batang
5	15.80	3.05	43.75	3.90
6	17.55	3.20	45.10	4.70
7	18.65	3.60	47.00	5.70

Keterangan: Kontrol: tanaman yang tidak diinokulasi dengan mikorisa, BioVAM: tanaman yang diinokulasi dengan BioVAM



**Gambar 6.** Peningkatan produktivitas lahan kritis dengan pertanaman tanaman keras yakni kayu afrika yang diinokulasi dengan jamur mikorisa (foto: H. Sukiman)

Aplikasi BioVAM pada tanaman suren gunung (*Toona sinensis*) menunjukkan adanya pengaruh nyata terhadap pertumbuhan tanaman. Pengaruh pemberian mikorisa terlihat dari kecepatan tinggi tanaman. Hasil pengamatan menunjukkan bahwa tinggi tanaman yang diinokulasi dengan bioVAM dapat mencapai tiga kali lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman kontrol pada saat tanam berumur 5 bulan. Sementara itu diameter tanaman juga memberikan perbedaan yang cukup antara tanaman yang diberi mikorisa dan tanaman kontrol (Tabel 3). Terbukti bahwa dengan penambahan pupuk hayati mikorisa, tanaman tumbuh lebih baik karena tanaman mendapatkan pasokan unsur hara yang diperlukan termasuk air dari hasil serapan yang dilakukan oleh jamur mikorisa.

### PENGARUH INOKULASI JAMUR MIKORISA PADA PERBAIKAN STRUKTUR TANAH.

Jamur mikorisa melalui jaringan hipa yang berupa benang-benang halus dapat menembus tanah dengan jangkauan yang lebih jauh dari jangkauan akar tanaman sehingga dapat memperluas area serapan hara dan air (Killham 1994). Jamur mikorisa ini dapat menghasilkan berbagai senyawa seperti enzim pelarut fosfat, hormon

tumbuh atau senyawa polisakarida dan asam organik yang dikeluarkan dari dalam sel (Cook 1977) sehingga dapat merupakan pengikat agregat tanah menjadi suatu kumpulan yang membentuk agregat makro. Senyawa gomalin merupakan salah satu senyawa pengikat agregat yang dihasilkan oleh jamur mikorisa. Adanya agregat tanah yang berukuran besar menyebabkan tanah akan lebih berpori dan memiliki permeabilitas tinggi namun tetap mampu mengikat air sehingga kelembaban tanah terjaga. Jamur mikorisa secara nyata mampu membentuk struktur tanah yang baik sehingga pertumbuhan tanaman dapat ditunjang dengan adanya pasokan nutrisi yang cukup dan kondisi lingkungan tempat tumbuh yang sehat. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan aerasi dan laju infiltrasi serta mengurangi erosi tanah, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman (Thomas et al. 1993)

### PENINGKATAN PRODUKTIVITAS LAHAN

Produktivitas lahan kritis dapat ditingkatkan melalui program penghijauan dengan menanam bibit berkualitas. Gambar 6. menunjukkan keberhasilan penghijauan lahan kritis ada dengan penanaman bibit tanaman yang dibekali dengan jamur mikorisa BioVAM.

### KESIMPULAN

Jamur mikorisa mempunyai kemampuan hidup bersimbiosa dengan berbagai jenis tanaman dan mampu menghasilkan berbagai senyawa aktif yang menguntungkan pertumbuhan tanaman. Jamur ini dapat diproduksi dengan teknologi sederhana menggunakan tanaman inang yang sesuai dan dikemas sebagai produk pupuk hayati yang mudah diimplementasikan kepada tanaman. Produk pupuk hayati yang dibuat berbasis jamur ini dikenal dengan nama BioVAM LIPI. Implementasi produk ini sebaiknya dilakukan ditingkat persemaian sehingga dominasi infeksi akar dilakukan oleh jamur mikorisa yang diinokulasikan. Pertumbuhan tanaman meningkat dengan adanya mikorisa dengan meningkatnya serapan hara, ketahanan terhadap kondisi ekstrim seperti kekeringan, produksi hormon pertumbuhan dan senyawa aktif yang dapat melindungi tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Secara langsung target peningkatan produksi lahan kritis dapat tercapai dan program penghijauan dapat dilaksanakan secara efektif.

### UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih kami tujukan kepada Dr. Kartini Kramadibrata, Sylvia Lekatompessy, Tiwit Widowati, Rumella Simarmata, Liseu Nurjanah, Nuriyanah dan Adang yang telah membantu dalam kegiatan ini.

**DAFTAR PUSTAKA**

- Azcon R, El-Atrash F. 1997. Influence of arbuscular *mycorrhizae* and phosphorus fertilization on growth, nodulation and N<sub>2</sub> fixation (<sup>15</sup>N) in *Medicago sativa* at four salinity levels. Biol Fertil Soils 24: 81-86.
- Bakshi BK. 1974. *Mycorrhiza* and its role in forestry PI 480.FRI Dehradun Project Report, Dehradun, India.
- Cook R. 1977. The Biology of Symbiotic Fungi. John Wiley and Sons, London.
- Harley JL, Smith SE. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press, London, UK.
- Killham K. 1994. Soil Ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Paracer S, Ahmadjian V. 2000. Symbiosis an Introduction to Biological Interactions Oxford University Press, Oxford.
- Peng. S, T. Guo, G. Liu. 2013. The effect of arbuscular *mycorrhizal* hyphal networks on soil aggregate of purple soil in South West China. Soil Biol Biochem 57: 411- 417.
- Tapwal A, R Kumar, D Borah. 2015. Effect of Mycorrhizal inoculations on the growth of *Shorea robusta* seedling. Nusantara Bioscience 7 (1): 1-5.
- Thomas R.S., R. L. Franson and G.L. Bethlenfalvay. 1993. Separation of Vesicular-Arbuscular *Mycorrhizae* Fungus and Root Effects on Soil Aggregation. Soil Sci SocAmer J 57 (1): 77-81.