

Uji isolat FMA indigenous terhadap pertumbuhan dan infeksi akar tanaman padi metode SRI

Examination of FMA indigenous isolates on the growth and infection of rice roots in SRI method

EKA SUSILA^{1*}, NELSON ELITA², YEFRIWATI¹

¹Teknologi Produksi Hortikultura, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Jl. Raya Negara Km 7 Tanjung Pati, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271. Tel./Fax. (0752) 7754192, 7750220, *email: ekasusila38@yahoo.com

²Budidaya Tanaman Pangan, Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Jl. Raya Negara Km 7 Tanjung Pati, Kecamatan Harau, Kabupaten Lima Puluh Kota, Sumatera Barat 26271. Tel./Fax. (0752) 7754192, 7750220

Manuskrip diterima: 5 April 2016. Revisi disetujui: 28 Juli 2016.

Abstrak. Susila E, Elita N, Yefriwati. 2016. Uji isolat FMA indigenous terhadap pertumbuhan dan infeksi akar tanaman padi metode SRI. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 71-75*. Metode SRI (*The System of Rice Intensification*) menggunakan sistem aerobik selama fase vegetatif yang memungkinkan mikroorganisme perombak hidup dan aktif. Kondisi aerobik mendukung mikroba tanah, sehingga keanekaragamannya di tanah melimpah melalui eksudat akar. Penggunaan Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) *indigenous* lebih adaptif dan efektif sehingga dapat meningkatkan kemampuannya dalam penyerapan unsur hara dan pertumbuhan tanaman. Penelitian ini bertujuan untuk: (i) mengetahui pengaruh isolat FMA *indigenous* terhadap pertumbuhan dan bobot kering tanaman padi, serta (ii) mengetahui pengaruh isolat FMA *indigenous* terhadap infeksi akar tanaman padi. Penelitian disusun dengan menggunakan rancangan acak lengkap (RAL) dengan 7 perlakuan, terdiri atas 6 perlakuan isolat FMA *indigenous* dan kontrol, masing-masing dengan 3 ulangan. Hasil penelitian menunjukkan tinggi tanaman tertinggi (106,0 cm) dan jumlah anakan tertinggi (35,0 anakan) diperoleh dari perlakuan isolat *Glomus* sp3. Bobot kering tanaman tertinggi sekitar 34,5 g yang diperoleh dari perlakuan isolat *Glomus* sp3, tidak berbeda nyata dengan perlakuan isolat *Glomus* sp2 dan *Sclerocystis* sp. Tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap persentase infeksi akar dari semua isolat FMA *indigenous*, namun berbeda nyata dengan kontrol. Dari 6 isolat FMA *indigenous* yang diujikan, tiga isolat berpeluang sebagai inokulan yang potensial untuk dikembangkan pada lahan sawah intensifikasi yang menggunakan metode SRI, karena memberikan peningkatan terhadap pertumbuhan dan peningkatan bobot kering tanaman, yaitu *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, dan *Sclerocystis* sp.

Kata kunci: FMA *indigenous*, metode SRI, padi, pertumbuhan

Abstract. Susila E, Elita N, Yefriwati. 2016. Examination of FMA indigenous isolates on the growth and infection of rice roots in SRI method. *Pros Sem Nas Masy Biodiv Indon 2: 71-75*. SRI method (*The System of Rice Intensification*) uses the aerobic system during the vegetative phase allowing the decomposer microorganism alive and active. The aerobic condition supports the soil microbial, therefore its diversity in the soil is abundant through the root exudate. The use of indigenous Arbuscular Mycorrhizal Fungi (AMF) is more adaptive and effective therefore can improve its ability to absorb nutrients and plant growth. This study aimed to: (i) determine the influence of indigenous AMF isolates to the growth and dry weight of rice plants, and (ii) determine the influence of indigenous AMF isolates to the roots infection of rice plants. The research was arranged by using a completely randomized design with 7 treatments, consisted of 6 treatments of indigenous AMF isolates and control with three repetitions. The results showed the highest plant height (106.0 cm) and the highest number of tillers (35.0 tillers) were obtained from the treatment of *Glomus* sp3 isolate. The highest plant dry weight was 34.5 g which obtained from the treatment *Glomus* sp3 isolate, was not different significantly with the treatment of *Glomus* sp2 and *Sclerocystis* sp. isolates. There was not the significant difference to the percentage of infection on the root from all AMF isolates, but different significantly with control. From six indigenous AMF isolates which tested, three isolates chance as inoculants to be developed on wetland intensification by using the SRI method, as gives rise to growth and the improvement of the dry weight of the rice plants, they were *Glomus* sp2, *Glomus* sp3 and *Sclerocystis* sp.

Keywords: Growth, *indigenous* AMF, rice, SRI method

PENDAHULUAN

Lahan sawah intensifikasi yang dikelola secara konvensional selama 30 tahun terakhir didominasi oleh penggunaan pupuk anorganik yang tinggi, terutama P, sehingga dapat menyebabkan degradasi lahan. Sistem konvensional dengan menggunakan air tergenang (anaerob)

menyebabkan matinya mikroorganisme yang bermanfaat, sehingga lahan kritis semakin bertambah. Salah satu metode baru yang hemat sarana produksi adalah metode SRI (*The System of Rice Intensification*). Saat ini, metode SRI sudah banyak dilakukan dengan berbagai kombinasi teknologi produksi oleh sekitar lebih dari 10 juta petani dengan pengelolaan mencapai 4 juta hektar di lebih 10

negara (Uphoff et al. 2015). Metode SRI mengubah pengelolaan tanaman budi daya padi dengan jarak tanam lebar, bibit muda, jumlah bibit per titik tanam sedikit, penggunaan bahan organik yang banyak, dan mengurangi pemupukan anorganik, sehingga alokasi input lebih efisien, khususnya air, benih, dan pupuk, namun jumlah tenaga kerja bertambah karena sistem kering gulma cepat tumbuh (Berkhout et al. 2015).

Metode SRI menggunakan sistem aerobik selama fase vegetatif yang memungkinkan mikroorganisme perombak hidup dan aktif. Uphoff (2003) menyatakan bahwa kondisi aerobik mendukung mikroba tanah, sehingga keanekaragamannya di dalam tanah melimpah melalui eksudat akar. Eksudat dari akar tanaman padi menyebabkan infeksi mikoriza ke akar tanaman, sehingga meningkatkan variasi dan jumlah hara yang diserap akar, terutama P, secara biologis di rhizosfer, serta meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah. Penggunaan mikoriza *indigenus* lebih adaptif dan efektif perkembangannya, sehingga kemampuannya dalam penyerapan unsur hara lebih tinggi serta dapat meningkatkan kecepatan pertumbuhan tanaman. Keberhasilan asosiasi mikoriza dengan akar tanaman sangat dipengaruhi oleh kesesuaian jenis mikoriza dengan jenis tanaman inangnya. Nogueira dan Cardoso (2006) serta Tawaraya et al. (2006) menyatakan adanya perbedaan perilaku setiap genus FMA pada tanaman yang berbeda yang mempengaruhi pertumbuhan dan produksi tanaman.

Budi daya padi metode SRI dengan sistem aerobik mempengaruhi kualitas beras yang dihasilkan yang membuat nasi lebih tahan basi serta enak dan padat. Pengurangan kebutuhan air selama fase vegetatif, yang berarti menggunakan sistem aerob selama fase vegetatif, mampu meningkatkan jumlah anakan sehingga dapat meningkatkan produksi tanaman (Gathome-Hardy et al. 2016). Produksi padi dengan metode SRI mencapai 9-10 ton.h⁻¹, sedangkan luas lahan intensifikasi yang dikelola dengan metode SRI mencapai 20.040 ha dan target tahun 2011 mencapai 61.000 ha (BPS 2011). Potensi ini memberikan peluang peningkatan produksi beras nasional. Oleh karena itu, pemanfaatan FMA *indigenus* lebih adaptif dan efektif, ramah lingkungan, lebih murah, dan mudah diperoleh pada budi daya padi metode SRI yang memberikan respons positif.

Dengan demikian, pemanfaatan FMA *indigenus* merupakan teknologi yang diyakini dapat meningkatkan produksi dan kualitas tanah sawah intensifikasi dengan metode SRI. Berdasarkan uraian di atas, tujuan dari penelitian ini adalah untuk: (i) mengetahui pengaruh jenis isolat FMA *indigenus* terhadap pertumbuhan dan bobot kering tanaman padi yang dibudidayakan dengan metode SRI, serta (ii) mengetahui pengaruh jenis isolat FMA *indigenus* terhadap infeksi akar tanaman padi.

BAHAN DAN METODE

Bahan dan alat

Penelitian dilaksanakan di rumah kaca Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh, dari bulan Juli hingga

Agustus 2015. Bahan yang digunakan meliputi isolat mikoriza *indigenus* hasil percobaan 1 tahun I, Hyponex merah (25-5-20), pupuk urea, SP36, dan KCl, air bebas ion, larutan glukosa 60%, KOH 10%, HCl 2%, serta larutan pewarna (laktofenol bening dan *Trypan blue* 0,05%). Adapun alat yang digunakan meliputi ember, timbangan, alat penyiram, *sentrifuse*, cawan petri, kaca preparat, gelas penutup preparat, alat ukur, cangkul, sekop, gunting setek, mistar, tali, dan sungkup plastik untuk menjaga kelembapan.

Cara kerja

Percobaan disusun menggunakan Rancangan Acak Lengkap dengan satu faktor yang terdiri atas 6 jenis isolat FMA, yaitu *Glomus* sp1, *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, *Sclerocystis* sp., *Acaulospora* sp., dan *Scutelospora* sp1, serta kontrol. Semua perlakuan diulang sebanyak 3 kali dimana satu unit perlakuan terdiri dari satu ember yang berisi satu batang tanaman padi. Dengan demikian, jumlah unit percobaan seluruhnya adalah $7 \times 3 = 21$ ember.

Benih padi direndam dalam desinfektan berupa natrium hipoklorit 2% selama 5 menit, kemudian dibilas dengan air steril sebanyak tiga kali dan dikeringanginkan dalam *laminar air flow* selama 1 jam. Benih sebanyak 1 gram direndam selama 24 jam dalam suspensi isolat FMA *indigenus* pada suhu 26°C. Setelah perlakuan, benih kembali dikeringanginkan dalam *laminar air flow*.

Media persemaian dibuat dari campuran tanah, pasir, dan kompos dengan perbandingan 1:1:1, kemudian disiram air agar lembap. Benih yang sudah dikeringanginkan selanjutnya ditaburkan di atas media persemaian dan ditutup dengan lapisan tanah yang tipis. Selama masa persemaian, pemberian air dapat dilakukan setiap hari agar media tetap lembap dan tanaman tetap segar.

Media tanam berupa tanah yang berasal dari lahan sawah intensifikasi yang ditanami padi metode SRI dikeringanginkan dan diayak dengan ayakan berukuran 10 *mesh*, kemudian dicampur dengan pasir dengan perbandingan antara tanah dan pasir = 3:1 (v/v). Media kemudian disterilisasi dalam *autoclave* dengan suhu 140°C dan tekanan 1 atm selama 1 jam. Media tanah yang sudah steril diisikan ke dalam ember berdiameter 40 cm dan tinggi 30 cm, masing-masing sebanyak 15 kg. Ke dalam ember ditambahkan inokulum (pasir sungai, spora, hifa, dan potongan akar inang) dari masing-masing isolat FMA sesuai perlakuan yang mengandung ± 80 spora dan diinkubasi selama satu minggu.

Penanaman dilakukan pada umur bibit 10 hari setelah semai yaitu bibit masih berdaun 2 helai. Bibit padi ditanam secara tunggal atau satu bibit per lubang. Penanaman dilakukan secara dangkal pada kedalaman 0,5-1 cm.

Parameter pertumbuhan vegetatif yang diamati meliputi tinggi tanaman dan jumlah anakan, dilakukan mulai umur 2 minggu setelah tanam sampai umur 8 minggu setelah tanam (mst). Pengamatan vegetatif dilakukan setiap 2 minggu sekali. Pengamatan terhadap bobot kering tanaman dan persentase infeksi akar dilakukan pada umur tanaman 8 minggu setelah tanam.

Analisis data

Data dianalisis dengan paket ANOVA. Dilanjutkan Uji Duncan (DMRT) pada taraf 5 %.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Hasil pengamatan vegetatif bibit tanaman padi dari pengaruh jenis FMA *indigenus* disajikan pada **Tabel 1**. Pada **Tabel 1** terlihat bahwa inokulasi berbagai jenis FMA memberikan pengaruh yang berbeda nyata dengan kontrol (tanpa inokulasi FMA) terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah anakan, dan bobot kering tanaman. Isolat spora *Glomus* sp3 memberikan tinggi tanaman tertinggi mencapai 106,0 cm, berbeda nyata dengan isolat spora perlakuan lainnya. Isolat spora *Glomus* sp3 pada parameter pengamatan jumlah anakan dan bobot kering biomassa tanaman padi memberikan nilai tertinggi yaitu 35,0 dan 34,5 gram berat kering tanaman, berbeda nyata dengan semua perlakuan lainnya. Pengamatan terhadap persentase infeksi akar tertinggi terdapat pada perlakuan isolat spora *Glomus* sp2, tidak berbeda nyata dengan perlakuan inokulan FMA lainnya, namun berbeda nyata dengan kontrol. Laju pertambahan tinggi tanaman dari pengaruh pemberian jenis mikoriza dari minggu II sampai minggu VIII disajikan pada **Gambar 1**.

Pada **Gambar 1** terlihat laju pertambahan tinggi tanaman yang tertinggi terdapat pada isolat *Glomus* sp3. Hasil ini menunjukkan bahwa jenis isolat mampu mempengaruhi penyerapan unsur hara sejak tanaman berumur 2 minggu setelah tanam. Pada setiap minggu pengamatan, pengaruh perlakuan isolat *Glomus* sp3 menunjukkan laju pertambahan tinggi tanaman yang lebih cepat. Hal ini disebabkan oleh pengaruh positif inokulasi FMA terhadap pertumbuhan tanaman. Salah satu pengaruh kolonisasi FMA adalah peningkatan serapan unsur P yang disebabkan kemampuan mikoriza menyerap P dari tanah untuk ditranslokasikan ke akar tanaman inang (Truck et al. 2006). Mikoriza dapat bersimbiosis secara mutualistik dengan tanaman, sehingga mikoriza memiliki peranan penting karena dapat melindungi tanaman inang dari tekanan lingkungan, termasuk kontaminasi logam berat. Dengan demikian, laju pertumbuhan tanaman dari awal pertumbuhan dapat dirangsang (Songlin et al. 2016). Laju pertambahan anakan pada minggu II-VIII minggu setelah tanam dari pengaruh pemberian isolate mikoriza disajikan pada **Gambar 2**.

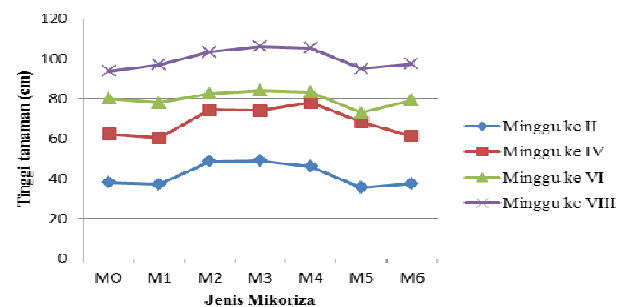
Pada **Gambar 2** dapat dilihat pertambahan jumlah anakan paling banyak diperoleh pada perlakuan *Glomus* sp3 dan *Sclerocystis* sp. Hasil ini menunjukkan bahwa kedua jenis isolat tersebut mempunyai potensi terhadap pertambahan jumlah anakan dibandingkan isolat FMA lainnya. Mikoriza mempunyai kemampuan untuk menekan hilangnya nutrisi dari tanah dengan memperbesar zona intersepsi nutrisi dan mencegah hilangnya nutrisi akibat proses pencucian oleh air perkolasi (Cavagnaro et al. 2015). Hal ini menunjukkan bahwa isolat *Glomus* sp3 dan *Sclerocystis* sp. merupakan isolat FMA yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman padi metode SRI, sehingga tanaman

dapat menyerap unsur hara lebih banyak yang berpengaruh terhadap pertumbuhan jumlah anakan.

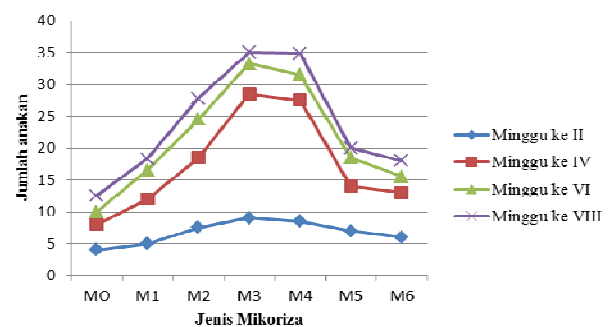
Tabel 1. Pertumbuhan bibit padi dari pengaruh pemberian jenis FMA *indigenus* umur 8 mst.

Jenis perlakuan	Tinggi tanaman (cm)	Jumlah anakan (rumpun)	Bobot kering (gram)	Persentase infeksi akar (%)
Kontrol (M0)	93,8 ^a	12,5 ^a	16,0 ^a	0,8 ^a
<i>Glomus</i> sp1 (M1)	97,0 ^b	18,3 ^b	17,0 ^b	7,2 ^b
<i>Glomus</i> sp2 (M2)	103,3 ^c	27,8 ^c	31,3 ^c	8,8 ^b
<i>Glomus</i> sp3 (M3)	106,0 ^d	35,0 ^d	34,5 ^c	8,4 ^b
<i>Sclerocystis</i> sp. (M4)	105,3 ^c	34,8 ^d	33,3 ^c	8,5 ^b
<i>Acaulospora</i> sp. (M5)	95,0 ^a	23,0 ^e	27,8 ^c	8,1 ^b
<i>Scutelospora</i> sp1 (M6)	97,3 ^b	22,0 ^e	23,0 ^c	7,8 ^b

Keterangan: Angka-angka yang diikuti dengan huruf kecil yang sama pada kolom yang sama berbeda tidak nyata pada taraf nyata 5% menurut uji DNMR.



Gambar 1. Grafik laju pertambahan tinggi tanaman padi pada minggu II-VIII minggu setelah tanam. M0 = tanpa mikoriza, M1 = *Glomus* sp1, M2 = *Glomus* sp3, M3 = *Glomus* sp3, M4 = *Sclerocystis* sp., M5 = *Acaulospora* sp., M6 = *Scutelospora* sp1.



Gambar 2. Grafik laju pertambahan jumlah anakan tanaman padi pada minggu II-VIII minggu setelah tanam. M0 = tanpa mikoriza, M1 = *Glomus* sp1, M2 = *Glomus* sp3, M3 = *Glomus* sp3, M4 = *Sclerocystis* sp., M5 = *Acaulospora* sp., M6 = *Scutelospora* sp1.

Isolat FMA mempunyai jaringan hifa eksternal sehingga dapat memperluas bidang penyerapan air dan hara. Disamping itu, ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro), sehingga hifa dapat menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah (Killham 1994). Penyerapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza juga membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa oleh aliran masa, seperti N, K, dan S, sehingga serapan unsur hara semakin meningkat. Disamping penyerapan hara melalui aliran massa, penyerapan unsur P dapat meningkat disebabkan karena hifa mikoriza mengeluarkan enzim fosfatase yang mampu melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik, sehingga unsur P tersedia bagi tanaman. Pada tanah yang terdegradasi, inokulasi FMA sangat efektif bagi tanaman. Hasil penelitian dari Oahmane (2007) menunjukkan bahwa inokulasi FMA efektif meningkatkan pertumbuhan *C. atlantica* pada tanah yang terdegradasi.

Mikoriza juga diketahui berinteraksi sinergis dengan bakteri pelarut fosfat atau bakteri pengikat N. Inokulasi bakteri pelarut fosfat dan mikoriza dapat meningkatkan penyerapan P pada tanaman gandum (Singh dan Kapoor 1999). Adanya interaksi yang sinergis antara FMA dan bakteri penambat N₂ dilaporkan oleh Bertham et al. (2006) bahwa inokulasi ganda *Rhizobium* dan FMA dapat meningkatkan jumlah bintil akar, biomassa tanaman, hasil tanaman, dan penyerapan P. Mikoriza juga dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman melalui perlindungan tanaman dari patogen akar dan unsur toksik. Imas et al. (1993) menyatakan bahwa struktur mikoriza dapat berfungsi sebagai pelindung biologis terhadap patogen akar.

Dari hasil pengamatan, inokulasi berbagai jenis FMA *indigenus* memberikan pengaruh yang berbeda nyata. Hal ini menunjukkan bahwa terdapat perbedaan tingkat kesesuaian di antara berbagai isolat FMA *indigenus* terhadap pertumbuhan tanaman. FMA jenis *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, dan *Sclerocystis* sp. menunjukkan kesesuaian jenis pada kondisi media dan inang yang tumbuh dibandingkan jenis FMA lainnya dari semua parameter, artinya ketiga isolat FMA tersebut berpeluang sebagai inokulan yang potensial untuk dikembangkan pada lahan sawah intensifikasi yang menggunakan metode SRI. Dari ketiga jenis FMA *indigenus* yang potensial tersebut, dua diantaranya merupakan genus *Glomus* (*Glomus* sp2 dan *Glomus* sp3). Berdasarkan hasil penelitian Husin (2010), genus *Glomus* memiliki daya adaptasi yang tinggi pada semua jenis tanaman. Untuk itu diperlukan data identifikasi sampai pada tingkat spesies pada *Glomus*.

Hasil beberapa penelitian menunjukkan bahwa pertumbuhan dan hasil tanaman meningkat karena peranan FMA dalam perbaikan hara tanaman, terutama hara P. Kemampuan FMA dalam memperbaiki status nutrisi tanaman dapat dimanfaatkan dalam mengefisienkan penggunaan pupuk buatan, terutama P. Peningkatan penyerapan hara yang menguntungkan disebabkan karena volume tanah yang dieksplorasi hifa eksternal FMA meningkat 5-200 kali dibanding tanpa FMA (Sieverding 1991).

Dari hasil pengamatan infeksi akar terdapat perbedaan yang nyata antara perlakuan inokulasi dan tanpa inokulasi FMA. Pada kontrol masih terdapat infeksi akar dalam persentase sedikit. Hal ini diduga ketika media tanah disterilkan, masih terdapat spora FMA dalam kondisi dorman. Ketika media tanah ditanami kembali dengan tanaman inang, spora yang dorman dalam media menjadi aktif kembali. Tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap persentase infeksi akar dari semua isolat FMA, namun nilai tertinggi diperoleh dari isolat *Glomus* sp2 yaitu sebesar 8,8% (Tabel 1). Untuk selanjutnya diperlukan peningkatan dosis dalam menginokulasikan FMA *indigenus* sehingga dapat memberikan gambaran terhadap hubungan infeksi akar dengan peningkatan pemberian dosis inokulan. Husin (1992) menyatakan bahwa pemberian inokulan FMA dapat meningkatkan persentase infeksi pada akar yang disebabkan oleh meningkatnya jumlah spora yang ditambahkan maupun terbentuk di sekeliling tanaman meskipun tidak ada korelasi antara jumlah spora yang tinggi akan menginfeksi akar lebih tinggi. Artinya, dosis FMA yang diinokulasikan tidak menentukan persentase infeksi pada akar. Hal ini bergantung pada kesesuaian jenis FMA dengan tanaman inang. Meskipun jumlah spora yang diberikan sedikit, namun apabila kesesuaian dengan tanaman inang tinggi, spora akan berkembang dalam jumlah tinggi.

Dengan demikian dapat disimpulkan bahwa dari enam isolat FMA *indigenus* yang diujikan, terdapat tiga isolat FMA yang berpeluang sebagai inokulan yang potensial untuk dikembangkan pada lahan sawah intensifikasi yang menggunakan metode SRI. Ketiga isolat tersebut memberikan peningkatan terhadap pertumbuhan dan bobot kering tanaman padi. Isolat tersebut adalah *Glomus* sp2, *Glomus* sp3, dan *Sclerocystis* sp. Tidak terdapat perbedaan yang nyata terhadap persentase infeksi akar dari semua isolat FMA *indigenus*, namun berbeda nyata dengan kontrol.

UCAPAN TERIMA KASIH

Ucapan terima kasih disampaikan kepada Direktorat Riset dan Pengabdian Masyarakat yang telah memberi dana pada penelitian dengan Skim Hibah Bersaing (Hiber) dengan nomor kontrak No: 0420a/PL.25/PL/2015.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertham YH, Kusmana C, Septiadi Y et al. 2006. Pemanfaatan FMA dan *Bradyrhizobium* untuk meningkatkan produktivitas kedelai pada sistem agroforestri berbasis kayu bawang (*Scorodocarpus borneensis*) pada ultisol. *Akta Agrosia* 9: 36-41.
- Berkhout, Glover, Kuyvenhoven. 2015. On-farm impact of the System of Rice Intensification (SRI): Evidence and knowledge gaps. *Agr Sys* 132: 157-166.
- Cavagnaro TR, Bender SF, Asghari RH et al. 2015. The role of arbuscula mycorrhizas in reducing soil nutrient loss. *Trends in plant Sci* 20(5): 283-290.
- Gathome-Hardy A, Reddy DN, Venkatanarayana M et al. 2016. System of Rice Intensification provides environmental and economic gains but at the expense of social sustainability-A multidisciplinary analysis in India. *Agr Sys* 143: 159-168.

- Husin EF. 1992. Perbaikan Beberapa Sifat Tanah PMK dengan Pemberian Pupuk Hijau *Sesbania rostrata* dan Inokulasi MVA serta Efeknya Terhadap Serapan Hara dan Hasil Tanaman Jagung. [Disertasi]. Universitas Padjajaran, Bandung.
- Husin EF. 2010. Efektivitas berbagai fungi mikoriza arbuskula indigenous terhadap serapan hara P dan pertumbuhan tanaman jarak pagar (*Jatropha curcas* L). Jurnal Solum 7(2).
- Imas T, Hadioetomo RS, Gunawan AW et al. 1989. Mikrobiologi tanah II. Pusat Antar Universitas Bioteknologi, Institut Pertanian Bogor, Bogor.
- Killham K. 1994. Soil ecology. Cambridge University Press, Cambridge.
- Noguera MA, Cordoso EJB. 2006. Plant growth and phosphorous uptake in mycorrhizal rangpur lime seedlings under different levels of phosphorus. Pesq Agropec Bras 5(41): 93-99.
- Ouahmane L, Thioulouse J, Hafidi M et al. 2007. Soil functional diversity and P solubilization from rock phosphatase after inoculation with native or allothonous arbuscular mychorhizal fungi. For Ecol Manage 241(1-3): 200-208.
- Sieverding E. 1991. Vesicular-arbuscular mycorrhiza management in tropical agrosystems. Deutche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit, Bremer, Germany.
- Singh K, Kapoor. 1999. Inoculation with phosphate-solubilizing microorganisms and a vesicular arbuscular mycorrhizal fungus improves dry matter yield and nutrient uptake by wheat grown in a sandy soil. Biol Fertil Soils 28(1999): 139-144.
- Songlin W, Zhang X, Chen B et al. 2016. Chromium immobilization by extraradical mycelium of arbuscular mycorrhiza contributes to plant chromium tolerance. Environmental and Experimental Botany 122: 10-18.
- Tawaraya K, Naito M, Wagatsuma T. 2006. Solubilization of insoluble inorganic phosphate by hyphal exudates of arbuscular mycorrhizal fungi. J Plant Nutr 29: 657-665.
- Truck MA, Assaf TA, Hameed KM et al. 2006. Significance of mycorrhizae. World J Agri Sci 2: 16-20.
- Uphoff N. 2003. Higher yields with fewer external inputs the systems of rice intensification and potential contribution to agricultural sustainability. Int J Agri Sustain 1(1): 38-49.
- Uphoff, Fasuola, Iswandi et al. 2015. Improving the phenotype expression of rice genotypes: Rethinking "Intensification" for production system and selection practices for rice breeding. J The Crop 3(iii): 174-189.