

**Pengaruh Fungi Mikoriza Arbuskula Indigenus Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Jarak Pagar (*Jatropha Curcas* L.) di Lahan Kritis**

*(Influence of Arbuskula Mycorrhizal Function Indigenus Growth and Production of Caster Bean (*Jatropha Curcas*. L.) in the Critical Land)*

**oleh:**  
Muzakkir

Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh. Alamat korespondensi : e-mail: azaki\_ir@yahoo.co.id

**ABSTRACT**

The extent of critical land in Indonesia has continues to grow and reached 30 million hectares. In West Sumatra it has reached 1.275.190, 90 hectares. This is a warm to both the environment and sustainable agricultural development. To overcome this problem, it is possible to use the indigenous arbuskula mycorrhizal fungi (AMF) to cultivate plants to economic value such as castor bean (*Jatropha curcas* L.) that can adapt to such critical land. The study aims to determine the effect of different AMF isolates on the growth and production of castor bean on critical lands. The experimental results show, a mixture of three isolates (*Glomus* sp2+ *Acaulospora* sp1 + *Gigaspora* sp1) is better than a mixture of two isolates of AMF in improving P uptake and growth (plant height) of castor bean. Isolates the effect of single *Glomus* sp2 higher than *Gigaspora* sp1, and *Acaulospora* sp1. AMF inoculation indigenus isolates, the effect is better than without AMF inoculation in increasing the uptake of P, and the growth of jcastor bean on degraded land. During the first year of growth on critical land at Tanjung Alai Solok, West Sumatera castor beans inoculated with a mixture of the of three isolates (*Glomus*. sp2, *Acaulospora* sp1, *Gigaspora* sp1) produced 170,47 grams of dry seeds per tree, equivalent to 426,17 kg ha<sup>-1</sup> or 0,43 tons ha<sup>-1</sup>

*Key words: Critical Land, indigenous AMF, Caster Bean*

**PENDAHULUAN**

Lahan kritis adalah lahan yang pada saat ini kurang produktif ditinjau dari penggunaan pertanian, karena penggunaannya kurang memperhatikan kaidah konservasi tanah dan air (Hakim, 1996). Data tahun 2005 menunjukkan bahwa luas lahan kritis di Indonesia telah mencapai ± 25 juta hektar.

Direktorat Jenderal Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian, 2007). Menteri Kehutanan M.S Kaban dalam harian tempo tahun 2009 menyatakan luas lahan kritis di seluruh

Indonesia mencapai 30 juta hektar. Di Sumatera Barat luas lahan kritis mencapai 1.275.190,90 hektar. Dari luasan ter-sebut 166.587,88 hektar terhampar di Kabupaten Solok dengan perincian 159.690,88 hektar dalam kawasan hutan, dan 68,97 hektar di luar kawasan hutan (BP DAS Agam Kuantan, 2008 dalam Amrizal Saidi, 2010). Pengembangan jarak pagar sumber biofuel di Indonesia termasuk Sumatera Barat dilakukan dengan memanfaatkan lahan kritis.

Mengingat begitu luasnya lahan kritis dengan kendala yang cukup banyak, maka usaha perbaikan menjadi kebutuhan yang mendesak. Usaha perbaikan sifat fisik, dan kimia dengan pengapuran, pemberian pupuk buatan dan bahan organik serta tindakan konservasi sudah banyak dilakukan, namun pelaksanaannya tidak mudah dan sangat mahal sehingga hasil yang diperoleh belum optimal. Oleh karenanya upaya lain yang aman bagi lingkungan, bahannya mudah diperoleh dari alam sekitar, tidak memerlukan biaya tinggi dan menunjang untuk pertanian berkelanjutan, harus dilaksanakan sebagai pelengkap dari usaha yang telah dilakukan. Usaha tersebut adalah peningkatan produktivitas lahan kritis secara biologi melalui pemanfaatan Fungi Mikoriza Arbuskula indigenus dan pengusahaan tanaman yang dapat beradaptasi pada kondisi lingkungan lahan kritis dan mempunyai nilai ekonomi diantaranya adalah jarak pagar

Penelitian bertujuan untuk mengetahui pengaruh berbagai isolat FMA indigenus terhadap pertumbuhan dan hasil jarak pagar pada lahan kritis Tanjung Alai Solok Sumatera Barat.

## METODE PENELITIAN

Rancangan percobaan yang digunakan adalah rancangan petak terpisah (split plot design) dengan rancangan dasar adalah rancangan acak kelompok.

Bibit jarak pagar dari percobaan rumah kaca yang berasal dari berbagai medium tumbuh ditempatkan sebagai petak utama dilapangan terdiri dari dua taraf :

**S<sub>0</sub>**: bibit jarak pagar asal medium tumbuh yang di sterilisasi

**S<sub>1</sub>**: bibit jarak pagar asal medium tumbuh tanpa sterilisasi.

Jenis FMA ditempatkan sebagai anak petak yang terdiri dari 8 taraf :

**M<sub>0</sub>**: tanpa FMA

**M<sub>1</sub>**: *Glomus* sp<sub>2</sub>

**M<sub>2</sub>**: *Acaulospora* sp<sub>1</sub>

**M<sub>3</sub>**: *Gigaspora* sp<sub>1</sub>

**M<sub>4</sub>**: *Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub>

**M<sub>5</sub>**: *Glomus* sp<sub>2</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>

**M<sub>6</sub>**: *Acaulospora* sp<sub>1</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>

**M<sub>7</sub>**: *Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub> +

*Gigaspora* sp<sub>1</sub>

Setiap kombinasi perlakuan diulang 3 kali sehingga diperoleh  $2 \times 8 \times 3 = 48$  satuan percobaan dengan masing-masing satuan percobaan digunakan 4 tanaman, sehingga jumlah tanaman percobaan terdiri dari  $48 \times 4 = 192$  tanaman.

Lahan yang digunakan dibersihkan dari semak belukar, terutama disekitar tempat penanaman. Setelah itu dilakukan pengajiran dengan jarak tanam  $2 \times 2$  meter, kemudian dibuat lubang tanam ukuran  $40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm} \times 40 \text{ cm}$  dua minggu sebelum tanam. Setelah itu diberikan pupuk kandang (pupuk dasar)  $2 \text{ kg tan}^{-1}$  setara dengan  $5 \text{ ton ha}^{-1}$ .

Bibit tanaman dari percobaan rumah kaca dikelompokkan sesuai perlakuan kemudian disiram sebelum dilakukan pengangkutan ke lapangan. Letak dan susunan tanaman diatur berdasarkan denah penempatan plot.

Penanaman bibit dilakukan dengan terlebih dahulu memotong polibag di bagian bawah sampai keujung, kemudian bibit dikeluarkan dari polibag dengan hati-hati agar perakarannya tidak rusak. Masukkan bibit ke dalam lubang tanam sedalam 7-10 cm, dan masukkan sisa tanah yang ada dipermukaan ke dalam lubang tanam, lalu dipadatkan dan dibuat permukaannya cembung.

Pemeliharaan tanaman meliputi penyiangan, dan pemupukan. Penyiangan

dilakukan sekali dalam 2 minggu dengan mencangkul tanah disekitar tanaman dengan jarak 1 meter batang sekaligus dilakukan pembumbunan dan perbaikan saluran drainase. Pupuk dasar Urea 50 kg ha<sup>-1</sup> setara 20 g tan<sup>-1</sup> SP36 75 kg ha<sup>-1</sup> setara 30 g tan<sup>-1</sup> dan 30 kg KCL setara dengan 12 g tan<sup>-1</sup>, diberikan secara melingkar, jarak 25 cm dari batang sedalam 7-10 cm bersamaan dengan waktu tanam.

Panen buah dilakukan dengan cara memetik buah yang berwarna kuning kecoklatan atau hitam mengering. Buah jarak dijemur di sinar matahari langsung hingga kadar air mencapai 7%, dengan ciri berwarna coklat kehitaman.

Pengamatan dilakukan terhadap a) tinggi tanaman (cm); di ukur dari pangkal batang hingga titik tumbuh; b) bobot kering tajuk tanaman (gram), diukur setelah tanaman dipanen dan tajuknya dikeringkan dengan oven pada suhu 80° C selama 24 jam, c) bobot kering biji per pohon (kadar air 7 %), d) serapan N, P, K dihitung dengan mengalikan kadar N, P, K tajuk dengan bobot kering tajuk (gram pot<sup>-1</sup>), e) hubungan antara intensitas infeksi

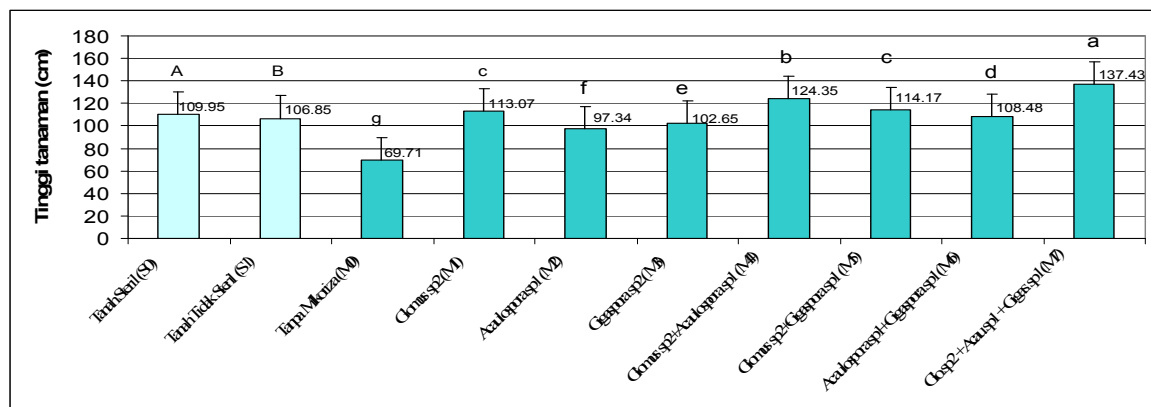
FMA, serapan N, P, K dengan produksi tanaman jarak pagar.

Data percobaan hasil pengamatan dianalisis dengan analisis ragam dan jika perlakuan penunjukkan pengaruh yang nyata, maka dilanjutkan dengan BNT pada taraf kepercayaan 95% (Steel dan Torrie, 1993).

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Tinggi Tanaman

Tinggi tanaman tertinggi diperoleh pada perlakuan inokulasi campuran 3 isolat M<sub>7</sub> (*Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>), dan secara statistik berbeda nyata dengan inokulum campuran 2 isolat dan isolat tunggal, termasuk tanpa pemberian FMA. Inokulasi campuran 3 isolat FMA (*Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>) memberikan tinggi tanaman tertinggi, dan berbeda nyata dengan isolat lainnya. Perbedaan ini disebabkan oleh adanya perbedaan jumlah jenis FMA, dimana tiga isolat FMA yang berasosiasi dengan jarak pagar, kemampuannya lebih tinggi dalam penyerapan hara dibandingkan dengan campuran dua isolat, dan satu jenis FMA serta tanpa FMA.



Gambar 1. Tinggi tanaman jarak pagar di lahan kritis setelah inokulasi berbagai Isolat FMA. Perbedaan yang nyata ditandai oleh perbedaan huruf besar untuk kondisi tanah, dan huruf kecil untuk jenis isolat FMA menurut BNT taraf 5 %

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan indikasi adanya proses fotosintesis yang efisien. Fotosintesis merupakan salah satu proses metabolisme yang terjadi pada tumbuhan hijau. Dalam proses ini menghasilkan energi dalam bentuk senyawa ATP dan NADPH. ATP merupakan sumber energi untuk melakukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh tanaman.

Pertumbuhan tinggi tanaman merupakan indikasi adanya proses fotosintesis yang efisien. Fotosintesis merupakan salah satu proses metabolisme yang terjadi pada tumbuhan hijau. Dalam proses ini menghasilkan energi dalam bentuk senyawa ATP dan NADPH. ATP merupakan sumber energi untuk melakukan berbagai proses metabolisme dalam tubuh tanaman. Ketersediaan unsur hara P akan mempengaruhi juga pembentukan ATP. Adanya mikoriza dapat meningkatkan penyerapan unsur hara terutama unsur P. (Guillemin, Orozco, Gianinazzi-Pearson, 1995). Juga dinyatakan meningkatnya kandungan P dalam jaringan tanaman dapat mempercepat pembelahan sel terutama pada perkembangan jaringan meristem tanaman sehingga berakibat lebih lanjut terhadap pertumbuhan tinggi tanaman. Crus *et al.*, (2000) menyatakan tanaman yang diinokulasi mikoriza akan menyerap hara dan air lebih banyak dari pada tanaman yang tidak diinokulasi mikoriza. Respon yang berlainan terhadap tinggi tanaman akibat inokulasi beberapa isolat FMA terlihat pada pisang (Declerek *et al.*, 1995), dan jeruk (Camprubi dan Calvet, 1996).

### **Bobot Kering Bagian Atas Tanaman**

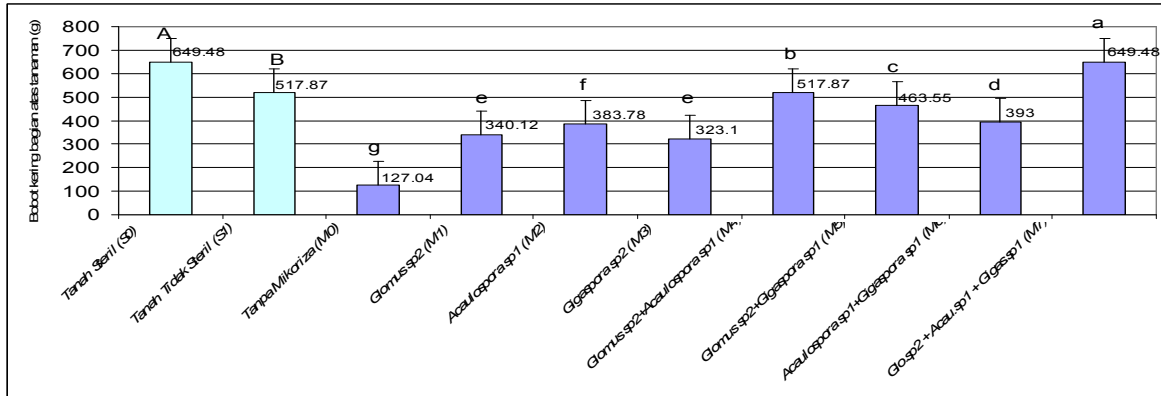
Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jarak pagar yang dibibitkan pada kondisi steril dan tidak steril

serta diinokulasi berbagai isolat FMA, setelah di tanam di lahan kritis Tanjung Alai Solok Sumatera Barat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap bobot kering bagian atas tanaman (Gambar 2).

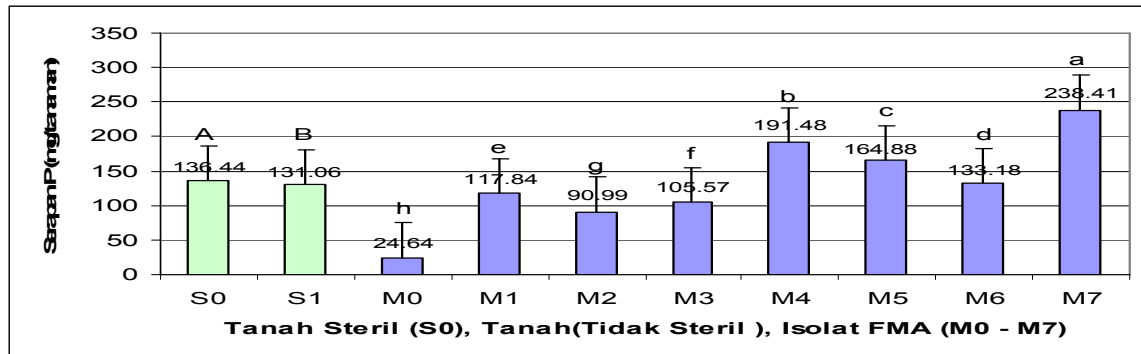
Inokulasi campuran 3 isolat (*Glomus.sp<sub>1</sub>* + *Acaulospora sp<sub>1</sub>* + *Gigaspora sp<sub>1</sub>*) memberikan respon pertumbuhan yang lebih tinggi dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan tanpa FMA dan Isolat lainnya. Hal ini disebabkan inokulum campuran dengan 3 isolat FMA, mampu bekerja secara mandiri tanpa ada antagonisme sehingga kemampuannya lebih tinggi dalam penyerapan hara dan air dibanding isolat lainnya yang bekerja berdua dan secara mandiri. Hal ini tergambar dari hasil penelitian dimana persentase infeksi campuran 3 isolat FMA yang lebih tinggi dari isolat lainnya. Janza *et al.*, (2004) menyatakan kolonisasi akar tanaman akan tinggi oleh inokulum campuran dengan spesies FMA yang lebih banyak, juga pertumbuhan dan bobot kering tanaman lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman yang dikolonisasi oleh inokulum FMA campuran tetapi keragaman spesiesnya lebih sedikit. Hasil penelitian Dodd *et al.*, (1987) menyatakan tanaman gandum yang diinfeksi dengan *Glomus mossae* tumbuh lebih baik dan memberikan bobot kering yang lebih tinggi dibandingkan kontrol.

### **Serapan P**

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jarak pagar yang dibibitkan pada kondisi steril dan tidak steril serta diinokulasi berbagai isolat FMA, setelah di tanam di lahan kritis Tanjung Alai Solok Sumatera Barat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap serapan P (Gambar 3).



Gambar 2. Bobot kering bagian atas jarak pagar di lahan kritis setelah inokulasi berbagai Isolat FMA. Perbedaan yang nyata ditandai oleh perbedaan huruf besar untuk kondisi tanah, dan huruf kecil untuk jenis isolat FMA menurut BNT taraf 5 %



Gambar 3. Serapan P jarak pagar di lahan kritis setelah inokulasi berbagai Isolat FMA. Perbedaan yang nyata ditandai oleh perbedaan huruf besar untuk kondisi tanah, dan huruf kecil untuk jenis isolat FMA menurut BNT taraf 5 %

Inokulasi campuran 3 isolat (*Glomus. sp<sub>1</sub>* + *Acaulospora sp<sub>1</sub>* + *Gigaspora sp<sub>1</sub>*) memberikan serapan P yang lebih tinggi dan berbeda nyata bila dibandingkan dengan tanpa FMA dan Isolat lainnya. Hal ini disebabkan adanya perbedaan serapan hara dari masing FMA, dimana campuran 3 isolat (*Glomus. sp<sub>1</sub>* + *Acaulospora sp<sub>1</sub>* + *Gigaspora sp<sub>1</sub>*) lebih tinggi kemampuannya dalam meningkatnya ketersediaan P dalam tanah. Dengan meningkatnya P tersedia dalam tanah dan aktifnya pertumbuhan akar tanaman, maka kontak langsung antara akar tanaman dengan P serta FMA yang ada dalam tanah menjadi lebih besar, sehingga lebih banyak P yang diserap tanaman.

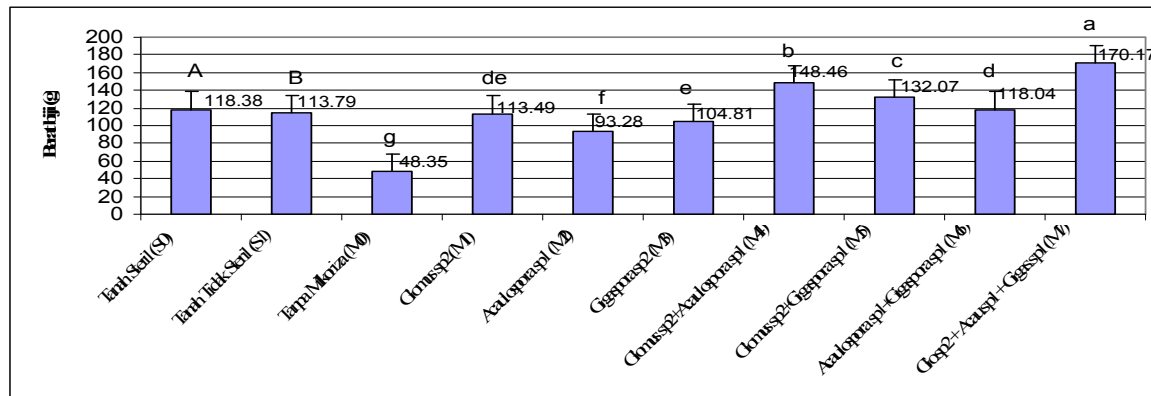
Respon pertumbuhan jarak pagar yang lebih baik sangat berkaitan dengan daya serap akar bermikoriza yang lebih luas dalam menyerap nutrisi terutama serapan unsur P. Fosfat ini akan mendorong pertumbuhan akar tanaman. Di dalam jaringan akar, mikoriza membentuk arbuskula yang berfungsi sebagai tempat pertukaran antara jamur mikoriza dengan akar tanaman inang selain itu beberapa mikoriza dapat membentuk vesikula (ujung hifa yang berfungsi sebagai tempat cadangan makanan berupa lipid). Pembentukan hifa, arbuskula dan vesikula berhubungan langsung dengan pertumbuhan akar sehingga adanya mikoriza juga akan memacu pertumbuhan akar tanaman

yang akhirnya akan meningkatkan serapan P ( Setiawati *dkk*, 2004).

### Berat Biji Jarak Pagar Tahun I Di Lahan Kritis (gram)

Hasil analisis statistik menunjukkan bahwa jarak pagar yang dibibitkan pada kondisi steril dan tidak steril serta diinokulasi berbagai isolat FMA, setelah di tanam di lahan kritis

Tanjung Alai Solok Sumatera Barat memberikan pengaruh yang berbeda nyata terhadap berat biji jarak pagar (Gambar 4). Inokulum campuran 3 isolat FMA meningkatkan produksi jarak pagar lebih tinggi, dan berbeda nyata dibandingkan inokulum campuran 2 isolat dan isolat tunggal serta tanpa inokulasi FMA.



Gambar 4. Berat biji jarak pagar yang inokulasi berbagai Isolat FMA di lahan kritis. Perbedaan yang nyata ditandai oleh perbedaan huruf besar untuk kondisi tanah, dan huruf kecil untuk jenis isolat FMA BNT taraf 5 %

Inokulasi isolat tunggal *Glomus* sp2 menghasilkan biji jarak pagar 113,49 g tan<sup>-1</sup> lebih tinggi dari *Gigaspora* sp1 104,81 g tan<sup>-1</sup> menyusul *Acaulospora* sp 93,28 g tan<sup>-1</sup>, sedangkan campuran 2 isolat (*Glomus*. sp1 + *Acaulospora* sp1) menghasilkan 148,46 g tan<sup>-1</sup> lebih tinggi dari campuran 2 isolat(*Glomus* sp2 + *Gigaspora* sp1) yang menghasilkan 132,07 g tan<sup>-1</sup> menyusul campuran 2 isolat (*Acaulospora* sp1 + *Gigaspora* sp1) yang menghasilkan 118,04 g tan<sup>-1</sup>.

Tanaman jarak pagar di lahan kritis yang diinokulasi dengan inokulum campuran 3 isolat FMA (*Glomus*. sp1 + *Acaulospora* sp1 + *Gigaspora* sp1) mampu meningkatkan hasil jarak pagar 130,12 g tan<sup>-1</sup> yaitu dari 40,35 g tan<sup>-1</sup> menjadi 170,47 g tan<sup>-1</sup>, dibandingkan dengan produksi jarak pagar tanpa

inokulasi FMA. Hal ini disebabkan Fungi Mikoriza Arbuskula mempunyai peranan yang cukup penting dalam meningkatkan produktivitas lahan dan kualitas tanaman seperti: (1) perbaikan struktur tanah (Wright dan Uphadhyaya (1998); (2) meningkatkan serapan hara (Sieverding, 1991); (3) melindungi tanaman terhadap patogen (Imas, Hadioetomo, Gunawan dan Setiadi, 1989); (4) meningkatkan resistensi tanaman terhadap kekeringan (Morte, Lovisololo dan Schubert, 2000); (5) melindungi tanaman terhadap toksisitas logam berat (Widiastuti, 2000); (6) meningkatkan produksi zat pengatur tumbuh seperti auxin (Bagyarac, 1992); (7) memperluas jangkauan perakaran atau sistem perakaran (Husin, 1992); (8) mempercepat siklus bio-geokimia dan

bersifat sinergis dengan mikroorganisme lain (Azcon-Aguilar dan Barea, 1992).

Produksi jarak pagar tahun pertama di lahan kritis Tanjung Alai Solok Sumatera Barat dengan inokulasi campuran 3 isolat (*Glomus* sp1 + *Acaulospora* sp1 + *Gigaspora* sp1) menghasilkan biji sebanyak 170,47 g tan<sup>-1</sup>, setara dengan 426,17 kg ha<sup>-1</sup> atau 0,43 ton ha<sup>-1</sup>. Hasil ini hampir sama produksi jarak pagar di Afrika yaitu 0,3 kg tan<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup>, dan 0,4 – 12 ton biji ha<sup>-1</sup> tahun<sup>-1</sup> di India yang di tanam pada tanah marginal tanpa irigasi (Prihandana, 2006). Produksi ini tergolong rendah, karena masalah air atau curah hujan yang rendah (124,84 mm) selama penelitian. Prihandana (2006) menyatakan jarak pagar membutuhkan curah hujan antara 300 mm – 1200 mm per tahun.

## KESIMPULAN

Berdasarkan hasil percobaan disimpulkan sebagai berikut:

1. Campuran 3 isolat (*Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>) lebih baik pengaruhnya dibandingkan campuran 2 isolat FMA dalam meningkatkan serapan P, dan pertumbuhan (tinggi tanaman) jarak pagar.
2. Isolat tunggal *Glomus* sp<sub>2</sub> pengaruhnya lebih tinggi dibandingkan *Gigaspora* sp<sub>1</sub>, dan *Acaulospora* sp<sub>1</sub>. Inokulasi isolat FMA indigenus, pengaruhnya lebih baik dibandingkan tanpa inokulasi FMA dalam meningkatkan serapan P, pertumbuhan dan hasil jarak pagar di lahan kritis.
3. Produksi jarak pagar tahun pertama di lahan kritis Tanjung Alai Solok Sumatera Barat dengan inokulasi campuran 3 isolat (*Glomus* sp<sub>2</sub> + *Acaulospora* sp<sub>1</sub> + *Gigaspora* sp<sub>1</sub>)

menghasilkan biji kering 170,47 g tan<sup>-1</sup>, setara dengan 427,17 kg ha<sup>-1</sup> atau 0,43 ton ha<sup>-1</sup>

## UCAPAN TERIMA KASIH

Terima kasih disampaikan kepada Bapak Dr. Ir. Agustian, Bapak Prof. Dr. Auzar Syarif MS, dan Ibu Prof. Dr. Ir. Eti Farda Husin MS yang telah bersedia meluangkan waktu ditengah kesibukan beliau untuk memberikan saran dan masukan selama melakukan penulisan hasil penelitian.

## DAFTAR PUSTAKA

- Amrizal Saidi, 2010. Aspek vegetasi dan penggunaan lahan dalam hubungannya dengan degradasi dan peningkatan produktivitas tanah. Pidato pengukuhan guru besar tetap dalam bidang ilmu fisika tanah, pada Fakultas Pertanian Universitas Andalas.
- Al- Karaki GN and Clark RB. 1998. Growth, mineral acquisition and water use by mycorrhizal wheat grown under water stress. J.plant Nutr 21:263-276.
- Azcon-Aguilar, C., and J. M. Barea., 1992. Intraction between mycorrhizal fungi and other rhizosphere microorganism. In: M. F. Allen (ed.) Mycorrhizal functioning, an intergrative plant-fungal process. pp.163-197. Chapman and Hall, Inc.
- Bagyaraj, D. J. 1992., Vesicular-arbuscular mycorrhizal : application in agriculture. In J. R. Norris, D. J. Read and A.K.

- Varma (Eds.), Techniques for Mycorrhizal Research 3, pp. 819 - 833. Academic Press, London.
- Bago, B, J Custodia, C Azcon Aguilar, J Samson, AP Coughlan, & Y Piche., 2000. Differential morphogenesis of the extraradical mycelium of an arbuscular mycorrhizal fungus grown monoxenically on spatial heterogenous culture media. *Mycologia*, 96, 452-462.
- Camprubi, A., and C. Calvet., 1996. Isolation and screening of mycorrhizal fungi from citrus nurseries and orchards and inoculation studies. *Hort Science* 31:366-369.
- Cruz, C, JJ Green, CA Watson, F Wilson, dan MA Martin-Loucao., 2000. Functional aspects of root architecture and mycorrhizal inoculation with respect to nutrient uptake capacity. *Mycorrhiza*. 14; 177-184.
- Declereck, S., C. Plenchette, and D.G. Strullu 1995. Mycorrhizal dependency of banana (*Musa acuminata*, AAA group) cultivar. *Plant and Soil* 176: 183-187.
- Direktorat Pengelolaan Lahan dan Air Departemen Pertanian, 2007. Pedoman teknis pengembangan usaha tani pertanian terpadu. <http://www.google.com> 23 Nopember 2007.
- Dodd, J. C., C. C. Burton, R. G. Burns, and P. Jeffries. 1987. Phosphatase activity associated with the roots and the rhizosphere of plants infected with vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi, *New Phytol.* 107:163-172.
- Guillemin, J.P., Orozco, M.O., Gianinazzi-Pearson, V., Gianinazzi, S., 1995. Influence of phosphate fertilization on fungal alkaline phosphatase and succinate dehydrogenase activities in arbuscular mycorrhiza of soybean and pineapple. *Agriculture Ecosystems & Environment* 53 (1995) 63-69.
- Hakim N, 1996. Teknologi Perbaikan Kesuburan Tanah Di Lahan
- Kritis. Lokakarya Orientasi Penerapan Teknologi Pertanian Untuk Pencegahan dan Perbaikan Lahan Kritis. Diselenggarakan Bappeda Tingkat I Sumbar. 23 hal.
- Husin E.F., 1992. Perbaikan beberapa sifat tanah Podzolik Merah Kuning dengan pemberian pupuk hijau *S. rostrata* dan inokulasi MVA serta efeknya terhadap serapan hara dan hasil tanaman jagung. Disertasi Doktor, Program PPs Universitas Padjadjan, Bandung.
- Imas, T., R. S. Hadioetomo, A.W. Gunawan dan Y. Setiadi., 1989. Mikrobiologi Tanah II. Depdikbud Ditjen Dikti, Pusat Antar Universitas Bioteknologi, IPB.
- Khalil, S., T. E. Loynachan, and M. A. Tabatai, 1999. Plants determinants of mycorrhizal dependency in soybean. *Agron. J.* 91:135-141.



Prihandana R., 2006. Pengembangan energi alternatif dalam Seminar Forum Bisnis dan Investasi Pengembangan Jarak Pangan Nasional, BUMN Permodalan Nasional Madani. 31 hal. Jakarta. 22 Februari 2006.

Sieverding E., 1991. Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) Gmb. Federal Republic of Germany. 371 p.

Smith SE, Read DJ., 1997. Mycorrhizal Symbiosis. Second Edition. London: Academic Press Hacourt Brace & Company Publisher. Pp 32-79

Steel, R.G.D. dan J.H. Torrie., 1993. Prinsip dan Prosedure statistika. P.T Gramedia Pustaka Utama, Jakarta.