

Kompatibilitas Fungi Mikoriza Arbuskular dengan Tanaman Kedelai pada Budi Daya Jenuh Air

Compatibility of Arbuscular Mycorrhizae Fungi Inoculants with Soybean Plants in Saturated Soil Culture

Ridwan Muis^{1*}, Munif Ghulamahdi², Maya Melati², Purwono², dan Irdika Mansur³

¹Program Studi Agronomi dan Hortikultura Institut Pertanian Bogor;
Program Studi Agronomi Fakultas Pertanian Universitas Jambi,
Kampus Mendalo Jambi, Indonesia

*E-mail: ridwanmuis@ymail.com

²Program Studi Agronomi dan Hortikultura, Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor,
Kampus Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: mghulamahdi@yahoo.com; maya_melati05@yahoo.com; purwono@indo.net.id

³Program Studi Silvikultur, Fakultas Kehutanan, Institut Pertanian Bogor,
Kampus Dramaga Bogor, Jawa Barat, Indonesia
E-mail: irdikam@gmail.com

Naskah diterima 27 Mei 2016, direvisi 22 November 2016, disetujui 1 Desember 2016

ABSTRACT

The main constraint on soybean cultivation in acid sulfate tidal lands is the lack of P availability because it is bound by Fe. High rate of fertilizer applications often lead to high fertilizer residues that can be used for the following cropping using Arbuscular Mycorrhizae Fungi (AMF) inoculants. The research aimed to determine the effect of soybean culture techniques and AMF inoculants on growth and yield of soybean. The trial was arranged in a factorial randomized block design with two factors and three replications. The first factor consisted of four AMF inoculants from different sources, namely from rhizospheres of kudzu (*Pueraria javanica*), sorghum (*Sorghum bicolor*), corn (*Zea mays*) and soybean (*Glycine max*). The second factor was soybean culture techniques, namely water saturated culture and dry soil culture. Seeds of soybean variety Tanggamus were grown in pots containing 5 kg soil derived from tidal land of Simpang Village, Berbak District, Tanjung Jabung Timur, Jambi. The results showed that there was a positive and significant interaction between the saturated soil culture and AMF inoculant from maize on the variabilities of P uptake (0.13 g/plant), P content in the plant (0.39%), relative efficiency of inoculants (72.8%) and relative efficiency of P uptake (133.3%), biomass dry weight (35.4 g/plant), the number of filled pods (106 pod) and seed dry weight of soybeans (27.6 g/tanaman). Dry soil culture and AMF inoculant from maize produced greater soybean root colonization. In overall, however, the saturated soil culture with AMF inoculant from maize gave the best growth and yield of soybean variety Tanggamus.

Keywords: Soybean, FMA inoculants, tidal swamp land.

ABSTRAK

Masalah utama yang ditemui pada lahan sulfat masam pasang surut adalah kurang tersedianya P bagi tanaman karena mengalami ikatan

kimia dengan Fe. Pemupukan dengan dosis tinggi seringkali mengakibatkan residu pemupukan yang tinggi. Residu pupuk ini berpeluang dimanfaatkan bagi pertumbuhan tanaman pada budi daya berikutnya dengan menggunakan FMA. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh cara budi daya dan sumber inokulan FMA terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. Percobaan menggunakan rancangan acak kelompok dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah empat sumber inokulan FMA yang terdiri atas tanpa inokulasi, inokulan dari rizosfer kudzu (*Pueraria javanica*), sorgum (*Sorghum bicolor*), jagung (*Zea mays*), dan kedelai (*Glycine max*). Faktor kedua adalah cara budi daya jenuh air dan budi daya lahan kering (budidaya konvensional). Kedelai varietas Tanggamus ditanam dalam pot berisi 5 kg tanah yang berasal dari lahan pasang surut Kelurahan Simpang, Kecamatan Berbak, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi. Hasil penelitian menunjukkan interaksi antara budi daya jenuh air dengan inokulan dari rizosfer jagung berpengaruh nyata positif terhadap serapan hara P tanaman (0,13 g/tanaman), P tanaman (0,39%), efisiensi relatif inokulan (72,8%), efisiensi relatif serapan hara P (133,3%), bobot kering brangkasan (35,4 g/tanaman), jumlah polong isi (106 polong), dan bobot kering biji kedelai (27,6 g/tanaman). Budi daya lahan kering dengan inokulan FMA dari rizosfer jagung memiliki kolonisasi akar yang lebih besar. Namun secara keseluruhan budi daya jenuh air dengan inokulan FMA dari jagung berpengaruh terbaik terhadap pertumbuhan dan hasil biji kedelai varietas Tanggamus.

Kata kunci: Kedelai, inokulan FMA, lahan pasang surut.

PENDAHULUAN

Lahan pasang surut yang didominasi tanah sulfat masam potensial bagi pengembangan tanaman pangan, termasuk kedelai, untuk mengimbangi alih fungsi lahan. Areal pasang surut di Indonesia diperkirakan 20,11 juta ha yang terdiri atas 2,07 juta ha lahan potensial, 6,71 juta

ha lahan sulfat masam, 10,89 juta ha lahan gambut, dan 0,44 juta ha lahan salin. Dari 9,53 juta ha lahan yang potensial untuk pertanian, 4,19 juta ha di antaranya telah direklamasi, sehingga sisanya dapat dimanfaatkan menjadi areal pertanian (Tim Sintesis Kebijakan 2008).

Salah satu kendala utama pengembangan lahan pasang surut untuk budi daya tanaman adalah reaksi tanah yang sangat masam, dan sumber utama pemasaman tanah adalah oksidasi senyawa pirit (Priatmadi 2007, Priatmadi 2008). Kendala ini dapat diatasi dengan menurunkan kadar pirit melalui pengaturan tinggi muka air agar kondisi tanah lebih reduktif. Teknologi budi daya jenuh air dapat mereduksi senyawa racun dan mengurangi kemasaman tanah, terutama pada sistem pengaturan muka air tanah yang dipertahankan pada kedalaman tertentu, sehingga lapisan perakaran tanaman tetap dalam kondisi jenuh air (Ghulamahdi *et al.* 2006). Kedalaman muka air 20 cm di bawah permukaan tanah dapat mempertahankan kondisi kapasitas lapang pada zona perakaran (Ghulamahdi *et al.* 2009). Budi daya jenuh air dijadikan alternatif untuk menggantikan budi daya lahan kering hanya mengandalkan pada air hujan.

Kendala lain pada lahan pasang surut adalah kelarutan unsur Fe, Al dan Mn serta rendahnya ketersediaan unsur hara, terutama P dan K (Yenni 2012). Hal ini membuka peluang pemanfaatan fungi mikoriza arbuskular (FMA) dalam budi daya kedelai.

FMA berperan penting bagi tanaman inang untuk memperluas areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan miselium di sekeliling akar. Pembentukan miselium di sekeliling akar akan memperbesar volume jelajah, sehingga kemampuan tanaman menyerap air dan unsur hara lebih baik dibandingkan dengan tanaman yang tidak memiliki FMA (Hanafiah 2001).

Simbiosis mutualisme antara FMA dengan inang terjadi karena adanya eksudat akar. Bertham (2006) menjelaskan bahwa tanaman akan melepaskan eksudat akar berupa senyawa *flavonoid* untuk membentuk simbiosis dengan FMA. Senyawa *flavonoid* berpengaruh positif terhadap pertumbuhan mikoriza pada tahap prasinbiotik.

Pada lahan pasang surut, kandungan P total umumnya tinggi, tetapi P tersedia rendah. P tersedia dapat ditingkatkan dengan memanfaatkan FMA, sehingga pemupukan fosfor dapat lebih efisien (Trisilawati dan Yusron 2008). FMA dapat meningkatkan P terlarut melalui asam organik dan enzim fosfatase yang dihasilkan. FMA juga dapat memperbaiki P terlarut sehingga dapat masuk ke dalam hifa eksternal FMA. Bagian yang penting dari sistem mikoriza adalah miselium yang terdapat di luar akar yang berperan dalam penyerapan unsur hara bagi tanaman. Menurut Zuhry

et al. (2008), penyerapan P yang bersifat immobil dapat ditingkatkan melalui perpanjangan akar yang mendekati P. Kehadiran FMA dapat meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap hara dan air untuk menunjang pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Dijelaskan oleh Nurhayati (2012) bahwa fungsi utama hifa adalah untuk menyerap air dari dalam tanah, P yang terakumulasi pada hifa eksternal akan segera diubah menjadi senyawa polifosfat dengan adanya enzim fosfatase.

Menurut Jannah (2011), inokulasi fungi mikoriza arbuskular pada tanaman kedelai akan memberikan respon yang menguntungkan, dimana akan terbentuk jalinan hifa-hifa mikoriza, sehingga dapat memperluas bidang serapan air dan unsur hara dalam tanah. Kabirun (2002) juga melaporkan bahwa pengaruh inokulasi FMA lebih baik pada tanaman dengan kandungan P rendah dibandingkan dengan P cukup. Tingginya P mengakibatkan berkurangnya infektifitas FMA.

Setiap strain FMA memiliki kemampuan yang berbeda-beda di dalam meningkatkan pertumbuhan tanaman (Tian *et al.* 2004). Dengan demikian, perlu dipilih isolat FMA yang serasi dengan tanaman yang dibudidayakan. FMA bersimbiosis dengan tanaman inang yang responsif dan memiliki perakaran banyak (Simanungkalit 2004).

Tanaman semusim seperti jagung dan sorgum merupakan inang yang sangat kompatibel dengan endomikoriza (Simanungkalit 2004, Hapsah 2008) sehingga kedua tanaman ini dianggap sebagai inang yang sesuai untuk perbanyak spora endomikoriza (Widiastuti 2004). Tujuan penelitian ini adalah untuk mengetahui kompatibilitas isolat-isolat FMA dari beberapa tanaman inang dengan kedelai.

BAHAN DAN METODE

Penelitian dilaksanakan di Rumah Kaca Kebun Cikabayan Fakultas Pertanian, Institut Pertanian Bogor, pada bulan Maret hingga Juni 2014. Rancangan percobaan adalah acak kelompok dua faktor dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah inokulasi (I) yang terdiri atas tanpa inokulasi serta inokulan dari rhizosfer: kudzu (*Pueraria javanica*), sorgum (*Sorghum bicolor*), jagung (*Zea mays*) dan kedelai (*Glycine max*). Faktor kedua adalah cara budi daya (B) yang terdiri atas budidaya jenuh air dan budi daya lahan kering.

Percobaan didahului oleh percobaan keragaman fungi mikoriza arbuskular hasil *trapping* (pemerangkapan) menggunakan tanaman inang yang berbeda (Muis *et al.* 2016). Percobaan dilanjutkan dengan uji aplikasi FMA di lapangan pada lahan pasang

surut di Kelurahan Simpang, Kecamatan Berbak, Kabupaten Tanjung Jabung Timur, Jambi (Muis 2016). Media tanam yang digunakan dalam *trapping* FMA adalah zeolit 150 g dan tanah dari rizosfer kedelai 50 g yang diambil dari lahan pasang surut Kelurahan Simpang.

Jenis FMA yang diperoleh dari *trapping* adalah *Glomus clarum* dan *Acaulospora tuberculata* dari tanaman jagung, *G. clarum* dari tanaman sorgum serta *G. macrocarpum*, *G. fecundisporum*, dan *A. scrobiculata* serta dari tanaman kedelai (Muis et al. 2016). FMA hasil *trapping* diperbanyak selama empat bulan sesuai dengan inang masing-masing perlakuan hingga rata-rata jumlah spora FMA yang dikandung >30 spora/25 g tanah.

Benih kedelai varietas Tanggamus ditanam dalam pot-pot dengan tinggi 25 cm dan berisi 5 kg tanah kering yang diayak dengan saringan 10 mesh. Pada perlakuan budi daya jenuh air, pot diletakkan dalam wadah yang memiliki ketinggian air 5 cm dan dipertahankan mulai dari saat tanam hingga panen. Pada perlakuan budi daya lahan kering, pot diletakkan di atas bata untuk mencegah hubungan langsung dengan tanah di bawah pot.

Bahan pembawa FMA diberikan sebanyak 5 g/pot untuk menutup lubang tanam benih. Pada perlakuan budi daya jenuh air, tanaman diberi pupuk urea empat kali, yakni pada umur 3, 4, 5 dan 6 minggu setelah tanam (MST) dengan cara penyemprotan melalui daun dengan konsentrasi 7,5 g urea/liter air. Pada perlakuan budi daya lahan kering, tanaman dipupuk 0,15 g urea/tanaman secara tugal, 3 cm di samping lubang tanam. Pupuk SP 36 (0,3 g/tanaman) dan KCl (0,3 g/tanaman), diberikan dalam lubang tugal, sama untuk perlakuan budi daya jenuh air dan budi daya tanah kering.

Penyiraman pada perlakuan budi daya lahan kering dilakukan dua hari sekali sampai mencapai 50% kapasitas lapang. Panen dilakukan setelah tanaman kedelai memasuki fase matang fisiologis, yaitu pada saat sebagian besar daun kedelai mulai mengering dan seluruh polong telah berisi penuh dan kulit bijinya tipis, kulit polong cukup keras, serat sangat nyata dan berwarna cokelat kehitaman.

Perbanyak FMA hasil *trapping* menggunakan media campuran tanah, zeolite, dan akar tanaman inang. Jenis FMA yang diperoleh dari percobaan *trapping* adalah *G. clarum* dan *A. tuberculata* dari tanaman jagung, *G. clarum* dari tanaman sorgum, *G. macrocarpum* dan *A. scrobiculata* serta *G. fecundisporum* dari tanaman kedelai. Sebanyak 600 g media diletakkan dalam pot yang telah diisi 1200 g zeolit, kemudian ditutup dengan 600 g zeolit. Selanjutnya media ditanami dengan tanaman inang sesuai dengan perlakuan *trapping* FMA.

Pemeliharaan tanaman inang pada perbanyak FMA sama dengan pemeliharaan pada *trapping* FMA, hanya perlakuan cekaman air (tanpa penyiraman) pada akhir penelitian ditambah selama 30 hari untuk memacu spora FMA.

Peubah yang diamati adalah kolonisasi akar oleh FMA, diameter batang, umur berbunga, umur panen, jumlah polong bernas, jumlah polong hampa, bobot kering 100 biji, hail biji kering, kadar hara N, P, K, serapan hara N, P, K, serta efisiensi relatif inokulan dan efisiensi relatif serapan hara.

Kolonisasi akar diduga dengan rumus:

$$\text{Kolonisasi akar} = \frac{\text{Jumlah akar terinfeksi FMA}}{\text{Jumlah akar yang diamati}} \times 100\%$$

Efisiensi relatif inokulan (ERI) diperoleh menggunakan rumus:

$$\text{ERI} = \frac{W_i - W_p}{W_p} \times 100\%, \text{ dan}$$

Efisiensi relatif serapan hara P (ERSHP) dihitung menggunakan rumus:

$$\text{ERSHP} = \frac{H_i - H_p}{H_p} \times 100\%$$

Keterangan:

W_i = Bobot brangkasan kering tanaman yang menggunakan FMA

W_p = Bobot brangkasan kering tanaman yang tidak menggunakan FMA

H_i = Serapan hara P tanaman yang menggunakan FMA

H_p = Serapan hara P tanaman yang tidak menggunakan isolat FMA.

Kolonisasi akar oleh FMA diamati vesikula, arbuskula, hifa, dan spora FMA yang menginfeksi akar. Kolonisasi akar diperoleh dengan rumus:

$$\text{Kolonisasi akar} = \frac{\text{Jumlah akar yang terinfeksi}}{\text{Jumlah akar yang diamati}} \times 100\%$$

Pengamatan diameter batang dilakukan pada saat tanaman berbunga menggunakan jangka sorong pada bagian 5 cm di atas pangkal akar. Umur berbunga dan umur panen ditetapkan setelah 75% tanaman pada masing-masing perlakuan berbunga dan menunjukkan tanda-tanda panen. Jumlah polong bernas dan jumlah polong hampa diamati dengan cara menekan polong pada saat panen. Bobot 1.000 biji diukur setelah pengeringan dalam oven bersuhu 80°C selama 2 x 24

jam. Hasil biji kering diamati dari dua tanaman/pot setelah dikeringkan dengan oven bersuhu 80°C selama 2 x 24 jam. Kadar hara N, P, dan K dikalikan dengan bobot kering tanaman untuk menghitung serapan hara N, P dan K.

HASIL DAN PEMBAHASAN

Kolonisasi Akar

Kolonisasi FMA pada akar tanaman kedelai budi daya lahan kering lebih banyak dibandingkan dengan perlakuan budi daya jenuh air. Inokulan FMA dari jagung, sorgum, dan *P. javanica* lebih responsif pada perlakuan budi daya lahan kering dibandingkan dengan budi daya jenuh air. Kolonisasi akar tertinggi terjadi pada inokulan FMA dari jagung pada perlakuan budi daya lahan kering walaupun tidak berbeda nyata dengan kolonisasi FMA dari sorgum dan *P. javanica* tetapi berbeda nyata dengan kolonisasi FMA dari kedelai (Gambar 1).

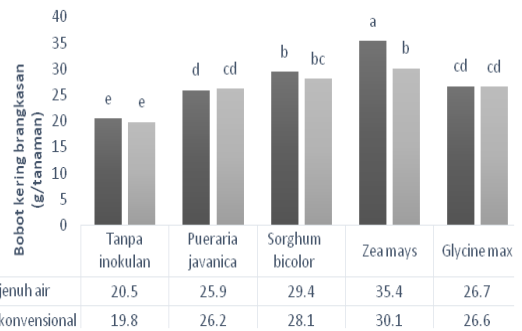
Meskipun kolonisasi akar oleh FMA lebih tinggi pada perlakuan budi daya tanah kering (Gambar 1), kadar dan serapan P lebih tinggi pada budidaya jenuh air. Hal ini disebabkan ketersediaan P selain melalui aktivitas pengambilan P oleh FMA juga akibat kondisi reduktif pada perlakuan budi daya jenuh air. Kondisi reduktif ini mencegah teroksidasinya pirit, sehingga terhindar dari penurunan pH tanah, dan hara P menjadi tersedia bagi tanaman.

Peningkatan kolonisasi akar pada inokulan FMA jagung tidak diikuti oleh pertambahan bobot kering brangkasan dan efisiensi relatif inokulan kedelai pada perlakuan budi daya lahan kering. Bobot kering brangkasan dan efisiensi relatif inokulan kedelai terbesar dihasilkan pada interaksi antara inokulan dari rizosfer jagung dengan budi daya jenuh air. Ini berarti perlakuan

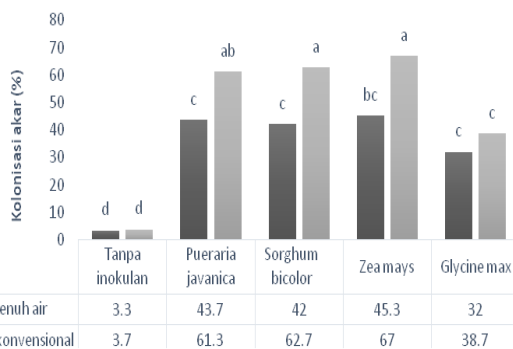
budi daya jenuh air juga memberikan pengaruh nyata terhadap bobot kering brangkasan dan efisiensi relatif inokulan kedelai. Bobot kering brangkasan dan efisiensi relatif inokulan kedelai pada kombinasi perlakuan budi daya jenuh air dan inokulan dari rizosfer jagung nyata lebih banyak dibandingkan dengan semua kombinasi budi daya lahan kering dan tanpa inang pada budi daya jenuh air (Gambar 2 dan Gambar 3).

Kadar dan Serapan Hara

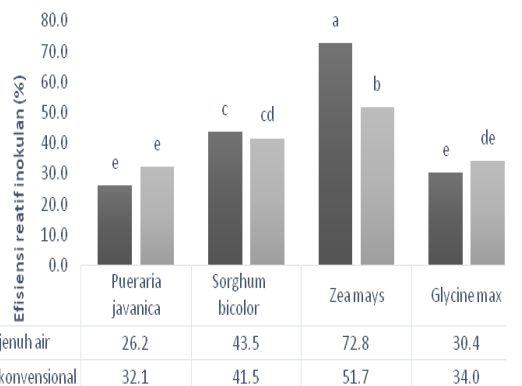
Serapan N dan K tanaman kedelai dipengaruhi oleh cara budi daya dan sumber inokulan tunggal. Tidak ada interaksi nyata antara kedua faktor yang dicoba. Serapan N dan K tanaman kedelai pada perlakuan budi daya jenuh air masing-masing 0,21 g N dan 0,12 g K/tanaman, lebih besar dari pada serapan N dan K pada perlakuan budi daya lahan kering. Serapan N dan K kedelai yang



Gambar 2. Bobot kering brangkasan kedelai pada dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.



Gambar 1. Kolonisasi FMA pada akar kedelai pada dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.



Gambar 3. Efisiensi relatif inokulan FMA pada kedelai dengan dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.

diinokulasi dengan inokulan asal rizosfer tanaman jagung adalah 0,6 g N dan 0,42 g K/tanaman, lebih besar dan berbeda nyata dari pada tanaman kedelai yang tidak diinokulasi (Tabel 1).

Peningkatan serapan N pada perlakuan budi daya jenuh air mendorong pertumbuhan tanaman kedelai. Hal ini ditunjukkan oleh pertumbuhan dan hasil kedelai dari perlakuan budi daya jenuh air yang meningkat karena serapan N dan pertumbuhan akar di atas permukaan air tanah. Budi daya jenuh air memberikan kondisi yang lebih baik bagi lingkungan pertumbuhan perakaran karena ketersediaan air cukup, sehingga tanaman membentuk akar dan bintil akar yang lebih banyak.

Budi daya jenuh air mereduksi Fe^{3+} menjadi Fe^{2+} , yang mampu meningkatkan ketersediaan P dan melepaskan kation ke kompleks adsorpsi yang dapat dipertukarkan. Peningkatan ketersediaan P akibat reaksi reduksi ini menyebabkan budi daya jenuh air memerlukan P lebih sedikit dibanding budi daya konvensional untuk memperoleh hasil yang sama. Meningkatnya serapan P tanaman (Gambar 5) meningkatkan kadar P bagi tanaman (Gambar 4), selanjutnya meningkatkan bobot kering brangkas (Gambar 2) dan bobot kering biji/pot (Gambar 9), ERI (Gambar 3), dan ERSHP (Gambar 6).

Kedelai yang diinokulasi dengan inokulan FMA dari rizosfer jagung dan sorgum lebih responsif menyerap N, P dan K dibandingkan dengan yang diinokulasi dari inang yang lain atau tanpa inokulasi. Serapan air yang lebih besar oleh tanaman bermikoriza, yang membawa unsur hara yang mudah larut dan terbawa aliran masa seperti N dan K, sehingga serapan tersebut juga makin meningkat.

Tabel 1. Serapan N dan K tanaman kedelai varietas Tanggamus pada dua cara budi daya atau inokulan dari rizosfer tanaman inang. KP Cikabayan, IPB, Juni 2014.

Perlakuan	Serapan N tanaman (g N/tanaman)	Serapan K tanaman (g K/tanaman)
Cara budi daya		
Budi daya jenuh air	0,79 a	0,70 a
Budi daya tanah kering	0,58 b	0,58b
Inang asal inokulan		
• Tanpa inokulan	0,40 c	0,40 c
• <i>Pueraria javanica</i>	0,58 bc	0,60 b
• Sorgum	0,82 a	0,72 ab
• Jagung	1,00 a	0,82 a
• Kedelai	0,61 b	0,66 ab

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey ($\alpha=5\%$)

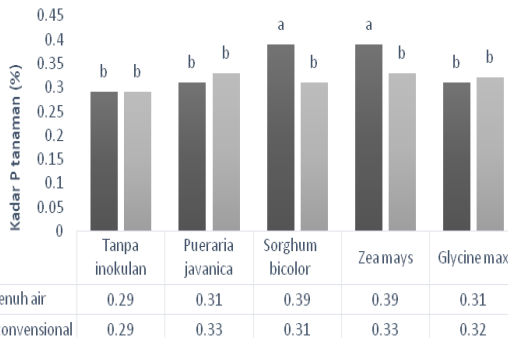
Peningkatan nilai variabel tanaman kedelai pada perlakuan sumber inokulan dari rizosfer jagung dibanding dengan sumber inokulan lain, disebabkan lebih banyaknya spora dibanding inokulan yang berasal dari tanaman inang lain. Hal ini didasarkan pada proses *trapping* FMA yang pada penelitian sebelumnya menunjukkan bahwa jumlah spora dari rizosfer jagung lebih banyak dan beragam. Hal ini disebabkan karena akar jagung yang lebih panjang dibanding tanaman inang lain, sehingga jumlah hifa yang dihasilkan lebih banyak dan jumlah spora juga lebih banyak. Menurut Muis *et al.* (2016), FMA bersimbiosis dengan tanaman inang yang responsif dan memiliki perakaran yang banyak dan sistem perakaran yang luas.

Kedelai yang diinokulasi dengan inokulan dari rizosfer jagung pada perlakuan budi daya jenuh air memiliki kadar P 0,09% dan serapan P tanaman 0,07 g/tanaman, lebih tinggi dibandingkan dengan kedelai tanpa inokulan pada perlakuan budi daya lahan kering. Kedelai yang diinokulasi dengan inokulan dari rizosfer jagung lebih responsif terhadap peningkatan kadar P dan serapan P pada budi daya jenuh air dibandingkan dengan perlakuan lainnya. Serapan P tanaman kedelai yang diinokulasi dengan inokulan dari rizosfer jagung lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain, baik pada budi daya jenuh air maupun budi daya lahan kering. Inokulan dari rizosfer jagung lebih responsif terhadap budi daya jenuh air dibandingkan dengan inokulan dari rizosfer inang yang lain. Hal ini ditunjukkan oleh perbedaan 0,034 g/tanaman terhadap inokulan pada budi daya lahan kering (Gambar 4 dan Gambar 5).

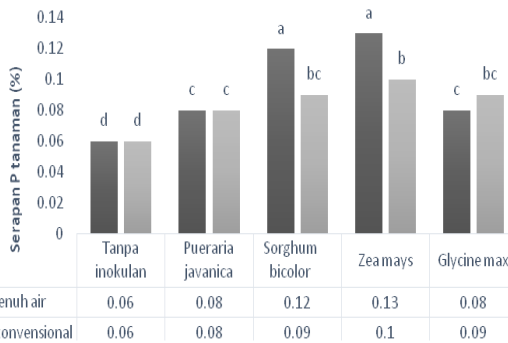
Kadar N tanaman kedelai dipengaruhi oleh cara budi daya dan sumber inokulan tunggal, dan tidak ada interaksi nyata antara kedua faktor. Kadar N tanaman kedelai pada perlakuan budi daya jenuh air lebih besar 0,78% dibandingkan dengan budi daya lahan kering. Kadar N tanaman kedelai yang diinokulasi dengan inokulan dari rizosfer jagung lebih besar 1,02% dan berbeda nyata dengan kedelai tanpa inang (Tabel 2).

Serapan N tanaman kedelai meningkat pada perlakuan budi daya jenuh air. Kondisi ini meningkatkan kadar N tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai. Legum dengan bintil akar dapat memanfaatkan nitrogen dari udara maupun nitrogen anorganik dari dalam tanah dalam bentuk ion amonium dan nitrat.

Penelitian ini menunjukkan bahwa inokulan dari rizosfer jagung menyebabkan serapan P (Gambar 2) dan efisiensi relatif serapan hara P (Tabel 2) serta efisiensi relatif inokulan lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lain (Gambar 6). Hal ini berkaitan dengan kolonisasi akar pada perlakuan inokulan dari rizosfer jagung 56,17% yang berdasarkan kriteria Rajapakse dan



Gambar 4. Kadar P tanaman kedelai pada dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.

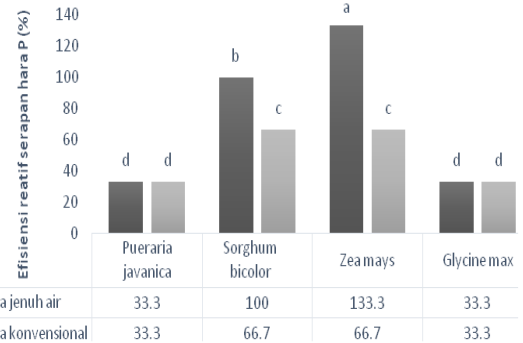


Gambar 5. Serapan P kedelai pada dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.

Miler termasuk tinggi (Purwaningrahyu *et al.* 2004). Kolonisasi akar pada tanaman merupakan bukti adanya FMA. Musfal (2010) menyatakan bahwa FMA berguna meningkatkan serapan hara, khususnya fosfat P. Hal ini karena jaringan hifa eksternal FMA mampu memperluas bidang serapan. FMA menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melepaskan hara P yang terikat unsur Al dan Fe pada lahan masam, serta Ca pada lahan berkapur sehingga hara lebih tersedia bagi tanaman.

Kondisi ini juga ditunjang oleh kelimpahan spora dan keragaman jenis FMA (*G. clarum* dan *A. tuberculata*) yang diperoleh inang jagung pada percobaan *trapping* FMA dan digunakan sebagai bahan inokulan pada percobaan ini (Muis *et al.* 2016). Keterkaitan antara kadar P tanaman dengan beberapa parameter disajikan pada Gambar 7.

Gambar 7 menjelaskan bahwa terdapat hubungan yang sangat kuat dengan derajat asosiasi yang tinggi



Gambar 6. Efisiensi relatif serapan hara P kedelai pada dua cara budi daya dan inokulan dari rizosfer empat tanaman inang. Perlakuan yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata pada taraf 5% uji t.

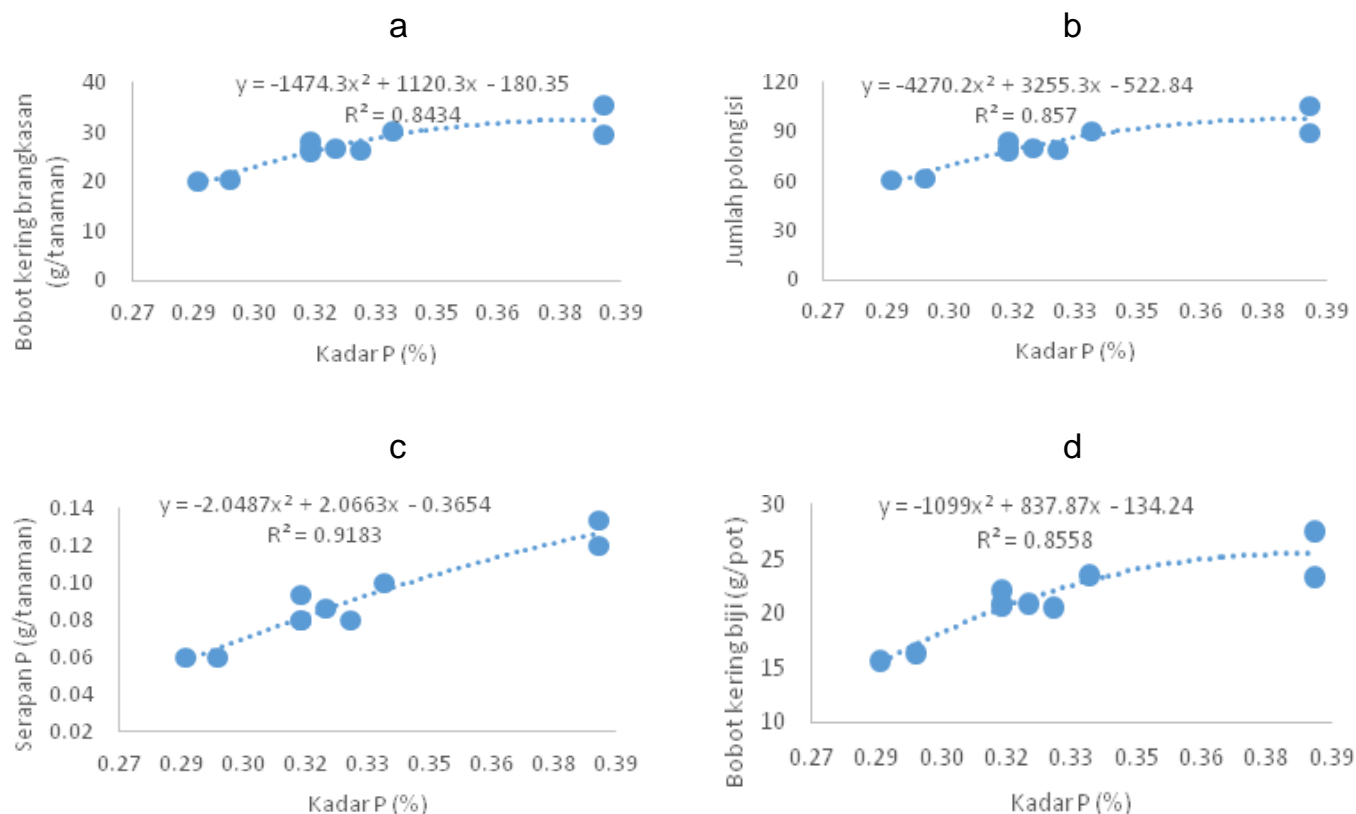
Tabel 2. Kadar N tanaman kedelai pada dua cara budi daya atau inokulan dari rizosfer tanaman inang. KP Cikabayan IPB, Juni 2014.

Perlakuan	Kadar N tanaman (%)
Cara budi daya	
Budi daya jenuh air	2,80 a
Budi daya tanah kering (budi daya konvensional)	2,02 b
Inang asal inokulan	
• Tanpa inokulan	2,00 c
• <i>Pueraria javanica</i>	2,08 bc
• Sorgum	2,86 ab
• Jagung	3,02 a
• Kedelai	2,32 abc

Angka selajur yang diikuti oleh huruf yang sama tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey ($\alpha=5\%$).

antara kadar P tanaman kedelai dengan bobot kering brangkasan ($r=0,9422$), jumlah polong isi ($r=0,926$), bobot kering biji/pot ($r=0,9508$), dan serapan P ($r=0,9703$). Semakin tinggi serapan P semakin meningkat kadar P tanaman. Meningkatnya kadar P tanaman mempengaruhi metabolisme tanaman yang bermuara pada peningkatan bobot kering brangkasan, jumlah polong isi, dan bobot kering biji kedelai. Gambar 7 memperlihatkan bahwa semakin tinggi kadar P kedelai pada lahan pasang surut, semakin meningkat variabel lain sampai kadar P 0,37%. Unsur P dijadikan sebagai faktor determinan karena penggunaan FMA akan mempengaruhi kondisi P, baik di tanah maupun pada tanaman.

Poerwanto (2003) menyatakan bahwa fungsi P sebagai penyusun karbohidrat dan asam amino mempengaruhi induksi pembungaan. Kekurangan karbohidrat pada tanaman dapat menghambat



Gambar 7. Hubungan antara kadar P tanaman kedelai dengan (a) bobot kering brangkasan kedelai, (b) jumlah polong isi, (c) bobot biji kering/pot dan (d) serapan P.

pembentukan bunga dan buah. Menurut Lakitan (2008), P merupakan bagian esensial dari berbagai gula P yang berperan dalam reaksi-reaksi pada fase gelap fotosintesis, respirasi, dan berbagai proses metabolisme lainnya. Hara P juga merupakan bagian nukleotida (RNA dan DNA) dan fosfolipida penyusun membran.

Unsur P adalah unsur penting kedua setelah N yang berperan penting dalam fotosintesis, perkembangan akar, pembentukan bunga, buah dan biji (Simanungkalit dan Suriadikarta 2006). Sebagian besar bentuk P terikat oleh koloid tanah, Fe dan Al sehingga tidak tersedia bagi tanaman (Hardjowigeno 2003). Tanaman kedelai membutuhkan banyak P untuk memproduksi, sehingga perlu dilakukan usaha untuk mengurai unsur P yang terikat dalam tanah (Ginting *et al.* 2006).

Jumlah Polong Isi dan Bobot Biji Kering Kedelai

Peningkatan nilai variabel tanaman kedelai pada perlakuan budi daya jenuh air dibandingkan dengan perlakuan budi daya lahan kering disebabkan oleh ketersediaan air yang stabil di bawah permukaan tanah, sehingga kelembaban tanah berada dalam kondisi

kapasitas lapang. Kondisi ini sekaligus berfungsi menekan oksidasi pirit.

Lapisan pirit pada media tanam menjadi faktor penghambat pertumbuhan kedelai pada budi daya lahan kering. Hal ini ditunjukkan oleh rendahnya variabel kedelai pada budi daya lahan kering dibandingkan dengan budi daya jenuh air.

Pada perlakuan budi daya lahan kering, kondisi air tanah turun melebihi lapisan pirit. Pirit yang mengalami oksidasi menghasilkan asam sulfat dan senyawa besi bebas bervalensi 3 (Fe^{3+}). Bila pirit teroksidasi maka pH tanah akan menurunkan dan meningkatkan Al³⁺. Semakin dangkal lapisan pirit semakin banyak pirit teroksidasi (Sutandi *et al.* 2011). Penerapan budi daya jenuh air (BJA) menyebabkan pirit dalam keadaan reduktif karena sebagian ruang pori tanah diisi oleh air. Oksidasi pirit menjadi Fe dapat ditekan dan terhindar dari penurunan pH yang makin rendah (Ghulamahdi *et al.* 2009). Akibatnya, unsur hara yang diperlukan tanaman seperti N, P, K cukup tersedia bagi tanaman. Kondisi ini dibarengi dengan kemampuan FMA meningkatkan kapasitas pengambilan hara sehingga meningkatkan pertumbuhan tanaman.

Tabel 3. Jumlah polong isi dan bobot kering biji kedelai pada dua cara budidaya dan berbagai tanaman inang. KP Cikabayan IPB, Juni 2014.

Perlakuan	Tanpa inokulan	<i>Pueraria javanica</i>	<i>Sorghum bicolor</i>	<i>Zea mays</i>	<i>Glycine max</i>	Rata-rata
Jumlah polong isi						
Budidaya jenuh air	62,0 e	79,0 cd	89,0 bc	106,0 a	80,0 bcd	83,0 E
Budidaya tanah kering	60,0 e	78,0 d	84,0 bcd	90,0 a	80,0 bcd	78,6 F
Rata-rata	61,0 D	78,5 D	86,5 B	98,0 A	80,0 BC	
Bobot kering biji (g/pot)						
Budidaya jenuh air	16,3 d	20,7 c	23,3 b	27,6 a	20,9 c	21,7 E
Budidaya tanah kering	15,7 d	20,5 c	22,0 bc	23,4 b	20,9 c	20,6 F
Rata-rata	16,0 D	20,6 C	22,7 B	25,5 A	20,9 C	

Angka yang diikuti oleh huruf yang sama, tidak berbeda nyata berdasarkan uji Tukey ($\alpha=5\%$).

Pada perlakuan budi daya jenuh air, jumlah polong isi dan bobot kering biji kedelai yang menggunakan inokulan dari rizosfer jagung lebih responsif dibandingkan dengan inokulan dari rizosfer inang yang lain atau tanpa inang (Tabel 3).

Meningkatnya jumlah polong isi dan bobot kering biji pada perlakuan perlakuan budi daya jenuh air ini disebabkan oleh meningkatnya kelembaban tanah. Kelembaban tanah menyebabkan penundaan penuaan tanaman sehingga meningkatkan pertumbuhan dan hasil kedelai.

Kondisi air yang stabil dari awal stadia vegetatif hingga stadia kematangan dan tingginya suhu siang di daerah pasang surut dapat menyebabkan meningkatnya jumlah bunga (Ghulamahdi *et al.* 2009). Tersedianya air membuat daun menjadi hijau lebih lama dan aktivitas fotosintesis meningkat sehingga fotosintat yang dihasilkan cukup untuk memenuhi kebutuhan tanaman, baik pada fase vegetatif maupun pembentukan dan pengisian polong. Kondisi ini menyebabkan meningkatnya vegetatif dan variabel generatif tanaman yang bermuara pada meningkatnya jumlah polong isi dan hasil biji kering. Hal ini sejalan dengan penelitian Ghulamahdi *et al.* (2009) yang mendapatkan bahwa budi daya jenuh air meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, jumlah cabang, jumlah polong isi, bobot kering biji, dan bobot 100 biji.

Akar yang bermikoriza dapat meningkatkan serapan hara, terutama P. Peningkatan serapan P tanaman yang diinokulasi dengan fungsi mikoriza arbuskular sebagian besar karena hifa eksternal dari fungsi mikoriza arbuskular berperan pada sistem perakaran. Hifa eksternal menyediakan permukaan yang lebih efektif dalam menyerap unsur hara dari tanah yang kemudian dipindahkan ke akar inang. Fungsi mikoriza arbuskular juga dapat menyerap P organik dan mengubahnya menjadi P anorganik yang dapat diserap tanaman dengan bantuan enzim fosfatase yang juga dihasilkan

oleh fungsi mikoriza arbuskular dan sel-sel tanaman tersebut. Enzim fosfatase yang dihasilkan oleh hifa cendawan mikoriza arbuskular yang sedang aktif akan meningkatkan aktivitas fosfatase pada permukaan akar yang diinfeksi fungsi mikoriza arbuskular. Kondisi ini menyebabkan P anorganik dibebaskan dari P organik pada permukaan sel sehingga dapat diserap melalui mekanisme serapan hara (Same 2011, Prasetya 2011).

KESIMPULAN

Inokulan FMA yang berasal dari rizosfer jagung paling kompatibel dengan kedelai varietas Tanggamus dibandingkan dengan FMA dari tanaman kudzu (*Pueraria javanica*), sorgum, jagung dan kedelai.

Inokulan FMA dari rizosfer jagung pada budi daya jenuh air dapat meningkatkan serapan hara P oleh tanaman, kadar P tanaman, efisiensi relatif inokulan, jumlah polong isi, dan bobot biji kedelai varietas Tanggamus.

UCAPAN TERIMA KASIH

Tulisan ini merupakan bagian dari disertasi penulis pertama di Sekolah Pasca Sarjana Institut Pertanian Bogor. Pada kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih kepada Kementerian Ristek dan Dikti yang telah memberikan beasiswa, kepada Rektor UNJA yang telah menugaskan penulis dan kepada Rektor IPB yang telah memberikan kesempatan untuk mengikuti Program Doktor di IPB.

DAFTAR PUSTAKA

- Bertham, Y.H. 2006. Pemanfaatan FMA dan *Bradyrhizobium* dalam meningkatkan produktivitas kedelai pada sistem agroforestri kayu bawang (*Scorodocarpus borneensis* Burm F) di Ultisol. [Disertasi] Bogor. Sekolah Pasca Sarjana IPB.

- Ghulamahdi, M., S.A. Aziz, M. Melati, N. Dewi, dan S.A. Rais. 2006. Aktivitas nitrogenase, serapan hara dan pertumbuhan dua varietas kedelai pada kondisi jenuh air dan kering. *Bul. Agron.* 34(1):32-38.
- Ghulamahdi, M., M. Melati, and D. Sagala. 2009. Production of soybean varieties under saturated soil culture on tidal swamps. *J. Agron. Indonesia* 37(3):226-232.
- Ginting, R.C.B., R. Saraswati, dan E.F. Husen. 2006. Mikroorganisme pelarut fosfat. *Dalam: Pupuk Organik dan Pupuk Hayati.* Jakarta (ID): Balai Penelitian Tanah.
- Hanafiah, K.A. 2001. Pengaruh inokulasi fungi mikoriza arbuskular dan *Azospirillum brasiliense* dalam peningkatan efisiensi pemupukan P dan N pada padi sawah tadah hujan. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor: 158p.
- Hapsah, H. 2008. Pemanfaatan fungi mikoriza arbuskular pada budidaya kedelai di lahan kering. Pidato Pengukuhan Jabatan Guru Besar Tetap dalam Bidang Ilmu Budidaya Pertanian pada Fakultas Pertanian, diucapkan di hadapan Rapat Terbuka Universitas Sumatera Utara Gelanggang Mahasiswa, Kampus USU, 14 Juni 2008. Universitas Sumatera Utara, Medan. 31p.
- Hardjowigeno, S. 2003. Ilmu tanah. Edisi Revisi. Jakarta (ID): Akademika Pressindo.
- Jannah, H. 2011. Respon tanaman kedelai terhadap asosiasi fungi mikoriza arbuskular di lahan kering. *J. Ganeç. Swara* 5(2):28-31.
- Kabirun, S. 2002. Tanggap padi gogo terhadap inokulasi mikoriza arbuskular dan pemupukan fosfat di Entisol. *J. Ilmu Tanah dan Lingkungan* 3(2):49-56.
- Lakitan, B. 2008. Dasar-dasar fisiologi tumbuhan. Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Muis, R. 2016. Efisiensi pemupukan fosfor menggunakan isolat FMA lokal untuk meningkatkan produktivitas kedelai di lahan pasang surut. Disertasi. Institut Pertanian Bogor, Bogor. 145p.
- Muis, R., M. Ghulamahdi, M. Melati, Purwono, dan I. Mansur. 2016. Diversity of Arbuscular Mycorrhiza Fungi from Trapping using Different Host Plants. *Internati'l. J. Scie.: Basic and Applied Research* 27(2):158-169.
- Musfal. 2010. Potensi fungi mikoriza arbuskular untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian* 29(4):6-20.
- Nurhayati, N. 2012. Pengaruh berbagai jenis tanaman inang dan beberapa jenis sumber inokulum terhadap infektivitas dan efektivitas mikoriza. *J. Agrista* 16(2):80-86.
- Prasetya, C.A.B. 2011. Assesment of the effect of long term tillage on the arbuscular mycorrhiza colonization of vegetable crop grown in Andisol. *Agrivita* 33(1):85-92.
- Priatmadi, B.J. 2007. Segmentasi tanah sulfat masam di daerah reklamasi Kalimantan Selatan. *J. Kalimantan Scientiae* 70:84-92.
- Priatmadi, B.J. 2008. Pengaruh pencucian tanah sulfat masam terhadap sifat kimia tanah. *J. Agroscentiae* 14:88-95.
- Purwaningrahayu, R.D., D. Indradewa, dan B.H. Sunarminto. 2004. Peningkatan hasil beberapa varietas kedelai dengan penerapan teknologi basah. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan* 23(1):49-58.
- Poerwanto, R. 2003. Budi daya buah-buahan: Pengelolaan tanah dan pemupukan kebun buah-buahan. Bahan Kuliah. Bogor (ID): Institut Pertanian Bogor.
- Same, M. 2011. Serapan phospat dan pertumbuhan bibit kelapa sawit pada tanah Ultisol akibat cendawan mikoriza abuskula. *J. Penelitian Pertanian Terapan* 11(2):69-76.
- Simanungkalit, R.D.M. 2004. Teknologi cendawan mikoriza arbuskular: produksi inokulan dan pengawasan mutunya. *Prosiding Seminar Mikoriza Teknologi dan Pemanfaatan Inokulan Endo-Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan.* 16 September 2003. Universitas Padjadjaran, Bandung. 103-110p.
- Simanungkalit, R.D.M. dan D.A. Suriadikarta. 2006. Pupuk organik dan pupuk hayati. Bogor (ID): Balai Besar Litbang Sumberdaya Lahan Pertanian.
- Sutandi, A., B. Nugroho, dan B. Sejati. 2011. Hubungan kedalaman pirit dengan beberapa sifat kimia tanah dan produksi kelapa sawit (*Elais guineensis*). *J. Tanah Lingkungan* 13(1):21-24.
- Tian, C.Y., G. Feng, X.L. Li, and F.S. Zhang. 2004. Different effects of arbuscular mycorrhizal fungal isolates from saline or non-saline soil on salinity tolerance of plants. *Appl. Soil Ecol.* 26:43-48.
- Tim Sintesis Kebijakan. 2008. Pemanfaatan lahan sulfat masam berwawasan lingkungan dalam mendukung peningkatan produksi beras nasional. *Pengembangan Inovasi Pertanian* 1(2):129-131.
- Trisilawati, O. dan E. Yusron. 2008. Pengaruh pemupukan P terhadap produksi dan serapan P tanaman nilam (*Pogostemon cablin* Benth). *Buletin Littro* 1: 39-46.
- Widiastuti, H. 2004. Biologi interaksi cendawan mikoriza arbuskular kelapa sawit pada tanah asam sebagai dasar pengembangan teknologi aplikasi dini. Disertasi. Sekolah Pasca Sarjana IPB, Bogor. 141p.
- Yenni. 2012. Ameliorasi tanah sulfat masam potensial untuk budidaya tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.). *Jurnal Lahan Sub-optimal* 1(1):40-49.
- Zuhry, E. dan F. Puspita. 2008. Pemberian cendawan mikoriza arbuskular (CMA) pada tanah podsolik merah kuning terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (*Glycine max* (L) Merrill. *Sagu* 7(2):25-29.

