

## PENGARUH FMA DAN PUPUK ORGANIK TERHADAP SIFAT KIMIA TANAH DAN PERTUMBUHAN BUNGA MATAHARI (*Helianthus annuus* L.) PADA LAHAN KRITIS

**Suwarniati**

Dosen Prodi Pendidikan Biologi Fakultas Tarbiyah Universitas Muhammadiyah  
Email: anik.lambarih@gmail.com

### ABSTRAK

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) pada lahan kritis. Sampel tanah diambil dari Desa Bukit Meusara, Jantho, Aceh Besar dengan kedalaman 0 – 20 cm pada jenis tanah Podsolik Merah Kuning. Penelitian ditata menurut rancangan acak kelompok pola faktorial 4x3 dengan 3 ulangan. Faktor pertama, FMA dengan 3 jenis yaitu tanpa mikoriza, *Glomus* sp. dan mikoriza campuran masing-masing sebanyak 10 g polibag<sup>-1</sup>. Faktor kedua, pupuk organik dengan 4 jenis yaitu tanpa pupuk, pupuk kandang, kompos dan guano masing-masing sebanyak 30 ton ha<sup>-1</sup> setara 150 g polibag<sup>-1</sup>. Hasil pengamatan diuji dengan analisis ragam pada  $\alpha=5\%$ . Hasil uji sifat kimia tanah menunjukkan pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap pH KCl, C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd dan KTK tanah. Pupuk organik berpengaruh nyata terhadap pH H<sub>2</sub>O, P-tersedia, K-dd dan KTK tanah. Interaksi FMA dengan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, P-tersedia dan KTK tanah. Pada pertumbuhan dan kandungan hara tanaman, interaksi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman pada 20 dan 40 HST, jumlah daun pada 20 dan 40 HST, berat kering berangkas atas, berat basah berangkas atas dan kandungan hara N dan P. Mikoriza campuran dengan guano menunjukkan hasil terbaik terhadap perbaikan beberapa sifat kimia tanah, sedangkan pemberian mikoriza campuran dengan pupuk kandang menunjukkan hasil terbaik terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman.

**Kata Kunci:** Fungi Mikoriza Arbuskular, *Helianthus annuus* L., Lahan Kritis, Pupuk Organik, Sifat Kimia Tanah

### ABSTRACT

This research aimed at finding out the effect of arbuscular mycorrhizal fungi (AMF) and Organic Fertilizers on soil chemical properties and growth of sunflower (*Helianthus annuus* L.) on marginal lands. Soil samples were taken from Bukit Meusara village, Jantho, Aceh Besar with the depth of 00-20 cm on the kind of red-yellow podzolic soil. The study was laid out According to a randomized block design pattern 4x3 factorials with three replications. The first factor was the AMF with 3 levels, without mycorrhizae, *glomus* Sp. and mixed species of mycorrhiza, 10 g polybag<sup>-1</sup>. The second factor was an organic fertilizer with four levels, without fertilizer, manure, compost and guano each of 30 tons ha<sup>-1</sup> equal to 150 g polybags<sup>-1</sup>. The observation results were analyzed with the analysis of variance at  $\alpha = 5\%$ . The results were: from the result of soil chemical properties testing, the provision of FMA significantly affected the pH KCl, organic C, total N, available P, K and Cation-exchangable Exchangable Capacity (CEC). Organic Fertilizers significantly influenced the pH of H<sub>2</sub>O, P-available, K-dd and CEC. The interaction of AMF and Organic Fertilizers significantly affected the pH of H<sub>2</sub>O and KCl, available P and CEC. Whereas on sunflower growth and nutrient content, the interaction significantly affected plant height at 20 and 40 Days After Planting (DAP), leaf number at 20 and 40 DAP, dry weight of leaf, wet weight of leaf and plant nutrient content of N and P. The mixed species of mycorrhiza with guano showed the best results to the improvement of some soil chemical properties, while species of mycorrhiza mixed with manure showed the best result of the increasing plant growth.

**Keywords:** Arbuscular Mycorrhizal Fungi, Organic Fertilizers, Soil Chemical Properties, AND Marginal Lands

### PENDAHULUAN

 aju kerusakan hutan dan degradasi lahan menjadi lahan kritis [2]. Tanah ini memiliki setiap tahun mencapai luasan antara kesuburan yang rendah karena pH rendah, 900.000 ha sampai 2.000.000 ha [1]. kekurangan unsur hara terutama P dan N, kapasitas Diperkirakan bahwa hingga 40% dari lahan tukar kation rendah dan miskin bahan organik. pertanian di dunia mengalami degradasi serius Menurut Departemen Pertanian (1998) dalam

Jupri (2010) lahan kritis adalah lahan yang tidak produktif yang tidak memungkinkan untuk dijadikan lahan pertanian tanpa merehabilitasi terlebih dahulu [3]. Salah satu cara merehabilitasinya ialah dengan memberikan bahan organik. Peranan bahan organik dalam pembenahan sifat-sifat tanah [4] dan peningkatan produktivitas tanaman [5], [6], dan peningkatan efisiensi pemupukan [7] sudah terbukti. Kloepper (1993) juga menambahkan bahwa penggunaan pupuk organik dalam jangka panjang dapat meningkatkan produktivitas lahan dan mencegah degradasi serta berperan cukup besar terhadap perbaikan sifat fisika, kimia dan biologi tanah [8].

Cara lain untuk memperbaiki lahan ialah dengan penambahan mikoriza, misalnya fungi mikoriza arbuskular (FMA). Menurut Setiadi (1997), mikoriza sangat berperan dalam meningkatkan toleransi tanaman terhadap kondisi lahan kritis, misalnya kekeringan dan terdapatnya logam-logam berat [9]. Allen and Allen (1992) menyatakan bahwa FMA berperan penting dalam mempertahankan kestabilan keanekaragaman tumbuhan dengan cara transfer nutrisi dari satu tanaman dengan tanaman lain yang berdekatan melalui struktur yang disebut dengan "bridge hypha" [10].

Sementara itu, dari waktu ke waktu ketersediaan lahan pertanian semakin menurun akibat banyak lahan pertanian beralih fungsi. Padahal, pembukaan lahan pertanian baru membutuhkan biaya mahal, sehingga perlu dicarikan upaya untuk meningkatkan produktivitas tanah-tanah kritis tersebut, diantaranya dengan membudidayakan tanaman yang adaptif [11] dan bernilai ekonomis, misalnya bunga matahari. Tanaman ini dapat ditemukan pada habitat yang terganggu, lingkungan yang baru dibuka dan berbagai padang rumput [12]. Bunga ini tumbuh sepanjang tahun dan dapat ditemukan di semua tempat di seluruh dunia. Bunga matahari juga merupakan salah satu sumber keanekaragaman hayati yang harus dijaga kelestariannya dan memiliki potensi penghasil minyak nabati yang sangat dibutuhkan oleh industri dan kesehatan, selain sebagai tanaman hias. Tiap tahunnya, Indonesia mengimpor minyak bunga matahari dari Australia dan Amerika Serikat karena kurangnya pasokan dalam negeri. Untuk itu, pengembangan bunga matahari mempunyai prospek yang sangat baik [13].

Berdasarkan kajian potensi FMA, pupuk organik dan manfaat bunga matahari yang cukup menjanjikan, maka peneliti menggunakan mikoriza dan pupuk organik untuk membantu pertumbuhan bunga matahari di lahan kritis. Ringkasnya, penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan pupuk organik terhadap sifat kimia tanah dan pertumbuhan bunga matahari (*Helianthus annuus* L.) di lahan kritis.

## METODE PENELITIAN

Sampel tanah diambil dari Desa Bukit Meusara, Jantho, Aceh Besar dengan kedalaman 0 – 20 cm, jenis podsolik merah kuning. Penelitian ditata menurut rancangan acak kelompok pola faktorial 4x3 dengan 3 ulangan. Faktor pertama, FMA dengan 3 taraf yaitu tanpa mikoriza, *Glomus* sp. dan mikoriza campuran masing-masing sebanyak 10 g polibag<sup>-1</sup>. Faktor kedua, pupuk organik dengan 4 taraf yaitu tanpa pupuk, pupuk kandang, kompos dan guano masing-masing sebanyak 30 ton ha<sup>-1</sup> setara 150 g polibag<sup>-1</sup>. Hasil pengamatan diuji dengan analisis ragam pada  $\alpha=5\%$ .

Analisis tanah dilakukan untuk mengetahui sifat-sifat tanah sebelum percobaan. Sifat-sifat yang dianalisa adalah : pH ( H<sub>2</sub>O dan KCl) (metode Elektrometrik), C-organik (metode Walkley & Black), N-total (metode Kjeldhal), P-tersedia (metode Bray II), K-dd, Ca-dd, Mg-dd, Na-dd (metode ekstraksi 1 N NH<sub>4</sub>OAc pH7), KTK (metode ekstraksi NH<sub>4</sub>OAc pH7). Analisis berikutnya ialah analisa pupuk organik. Analisa ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik beberapa sifat tanah yang diteliti. Analisis pupuk meliputi kandungan C-organik (metode Walkley & Black), N-total (metode Kjeldhal), P-total dan K-total (metode destruksi HCl 25%). Penetapan P dan K dalam larutan ekstrak dilakukan masing-masing dengan *spectrophotometer* dan *flamephotometer*.

## HASIL DAN PEMBAHASAN

### Sifat Kimia Tanah

#### pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl

Hasil analisis ragam (uji F) menunjukkan bahwa pemberian FMA tidak berpengaruh nyata terhadap peningkatan pH H<sub>2</sub>O sedangkan pupuk organik dan interaksinya dengan FMA berpengaruh nyata terhadap peningkatan pH H<sub>2</sub>O tanah. Pemberian FMA berpengaruh sangat nyata

terhadap peningkatan pH KCl sedangkan pupuk organik tidak berpengaruh nyata tetapi interaksi FMA dan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap pH KCl. Nilai rata-rata pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl tanah akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 1.

Tabel 1 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian FMA secara faktor tunggal tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa mikoriza), namun jumlah nilai rata-rata pH H<sub>2</sub>O tanah yang diberikan FMA lebih tinggi dibandingkan dengan kontrol. Pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap peningkatan pH KCl dan pemberian mikoriza campuran yang terbaik. Pada perlakuan pemberian pupuk organik secara faktor tunggal berbeda nyata terhadap pH H<sub>2</sub>O dan guano yang terbaik sedangkan terhadap pH KCl tidak berbeda nyata.

Pemberian FMA dan pupuk organik ini memberikan interaksi yang nyata terhadap peningkatan pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl tanah. Peningkatan pH H<sub>2</sub>O yang tertinggi dijumpai pada perlakuan *Glomus* sp. yang dikombinasikan dengan guano, sedangkan peningkatan pH KCl yang tertinggi dijumpai pada perlakuan mikoriza campuran yang dikombinasikan dengan pupuk kandang. Kenaikan pH tanah ini diduga dipengaruhi oleh dekomposisi pupuk organik yang dibantu FMA sehingga terjadi pelepasan kation basa sebagai penyumbang ion OH<sup>-</sup> ke dalam tanah. Meningkatnya ion OH<sup>-</sup> di dalam tanah menyebabkan terjadinya peningkatan pH tanah.

### C-Organik

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik tanah sedangkan pupuk organik dan interaksinya dengan FMA tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan C-organik tanah. Nilai rata-rata kandungan C-organik tanah akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 2.

Tabel 2 menunjukkan bahwa pemberian *Glomus* sp. menyebabkan persentase rata-rata C-organik tertinggi dan berbeda nyata dengan kontrol tetapi tidak berbeda nyata dengan perlakuan yang diberikan mikoriza campuran. Hal ini menunjukkan kedua perlakuan pemberian FMA ini memberikan kontribusi yang sama terhadap C-organik tanah. Pada Tabel 2 juga dapat dilihat bahwa pemberian jenis pupuk organik tidak berbeda nyata terhadap C-organik tanah. Hal ini diduga disebabkan pertama karena rasio C/N dalam pupuk organik rendah, kedua karena cepatnya terjadi proses dekomposisi dan mineralisasi pupuk organik dalam tanah pada daerah beriklim tropis. Ketiga karena pemakaian C oleh mikoriza dan mikroorganisme lainnya untuk perkembangan dan aktivitas di dalam tanah dan juga sebagian C hilang ke atmosfer. Untuk itu penambahan bahan organik mutlak harus diberikan setiap tahun.

### N-total

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh sangat nyata

Tabel 1. Rata-rata pH H<sub>2</sub>O dan pH KCl Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Parameter	Perlakuan	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	Rata-rata
pH H <sub>2</sub> O	Kontrol	6,49 ab AB	6,65 bc A	6,45 a A	6,69 c A	6,57A
	<i>Glomus</i> sp.	6,44 a A	6,60 ab A	6,59 ab AB	6,75 b A	6,60A
	Mikoriza Campuran	6,71 a B	6,60 a A	6,68 a B	6,63 a A	6,66A
	Rata-rata	6,55a	6,62ab	6,58a	6,69b	
	Kontrol	5,24a A	5,33 a A	5,22 a A	5,49 a A	5,32A
pH KCl	<i>Glomus</i> sp.	5,44 a A	5,37 a AB	5,35 a A	5,67 a A	5,46A
	Mikoriza Campuran	5,50 ab A	6,05 b B	5,50 ab A	5,47 a A	5,63B
	Rata-rata	5,40a	5,58a	5,36a	5,54a	
	Pada H <sub>2</sub> O : BNT pupuk = 0,10		BNT interaksi = 0,17			
Pada KCl : BNT mikoriza = 0,17		BNT interaksi = 0,34				

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

Tabel 2. Rata-rata Kandungan C-organik Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Perlakuan	C-organik (%)				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Kontrol	0,82	0,96	1,00	0,93	0,93 A
<i>Glomus</i> sp.	1,03	1,10	0,96	1,10	1,05 B
Mikoriza Campuran	0,96	1,02	1,06	0,96	1,0 AB
Rata-rata	0,94a	1,02a	1,01a	1,00a	

BNT mikoriza = 0,08

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

Tabel 3. Rata-rata Kandungan N-total Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Perlakuan	N-total (%)				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Kontrol	0,09	0,08	0,10	0,09	0,09 A
<i>Glomus</i> sp.	0,10	0,13	0,11	0,13	0,12 C
Mikoriza Campuran	0,10	0,10	0,11	0,11	0,10 B
Rata-rata	0,097a	0,10a	0,11a	0,11a	

BNT mikoriza = 0,01

Keterangan : Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

terhadap kandungan N-total dalam tanah sedangkan pupuk organik dan interaksinya dengan FMA tidak berpengaruh nyata terhadap kandungan N-total tanah. Nilai rata-rata kandungan N-total tanah akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 3.

Tabel 3 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian FMA jenis *Glomus* sp. dan mikoriza campuran ternyata meningkatkan kandungan N-total tanah dan berbeda nyata dengan kontrol (tanpa mikoriza). Kandungan N-total tertinggi diperoleh pada pemberian *Glomus* sp..

Pada Tabel 3 juga dapat dilihat bahwa tidak terdapat perbedaan nyata terhadap N-total akibat perlakuan pemberian berbagai jenis pupuk organik. Hal ini diduga disebabkan pertama adanya pemakaian N oleh tanaman untuk pertumbuhan dan mikroorganisme termasuk mikoriza untuk perkembangan dan aktivitasnya di dalam tanah. kedua karena cepatnya terjadi proses dekomposisi dan mineralisasi pupuk organik dalam tanah pada daerah beriklim tropis. Ketiga karena kandungan hara N dalam pupuk organik yang masih rendah yang belum memenuhi standar minimum kandungan hara N untuk pupuk organik. Keempat terjadi kehilangan N melalui pencucian sesuai dengan pernyataan Killham (1994) dalam Subiksa (2002), nitrat merupakan hasil proses mineralisasi yang banyak diserap oleh sebagian

besar tanaman budidaya, namun nitrat ini mudah tercuci melalui air dan menguap ke atmosfer dalam bentuk gas [14].

#### P-tersedia

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA dan pupuk organik serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan P-tersedia tanah. Nilai rata-rata P-tersedia tanah akibat perlakuan pemberian FMA dapat dilihat pada Tabel 4.

Tabel 4 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik secara faktor tunggal masing-masing memberikan perbedaan nyata terhadap peningkatan kandungan P-tersedia tanah. Hasil uji lanjut ( 5%) masing-masing menunjukkan bahwa mikoriza campuran dan guano memberikan pengaruh terbaik dalam meningkatkan kandungan P-tersedia tanah.

Kandungan P-tersedia tanah jika dibandingkan dengan kontrol (tanpa FMA dan tanpa pupuk organik) ternyata meningkat dari 1,90 menjadi 8,63 ppm. Peningkatan kandungan P-tersedia tanah tertinggi ini terjadi pada perlakuan mikoriza campuran berinteraksi nyata dengan pupuk guano. Hal ini diduga disebabkan karena mikoriza campuran mengandung lebih banyak jenis FMA sehingga kemungkinan berasosiasi dan beradaptasi lebih besar dalam meningkatkan P-

Tabel 4. Rata-rata P-tersedia Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Mikoriza	P-tersedia (ppm)				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Kontrol	1,90 a A	2,02 a A	2,04 a A	2,00 a A	1,99 A
<i>Glomus</i> sp.	1,96 a A	4,27 b B	3,93 b B	5,97 c B	4,03 B
Mikoriza Campuran	1,99 a A	4,20 b B	3,93 b B	8,63c C	4,69 C
Rata-rata	1,95a	3,50b	3,30b	5,53c	

BNT mikoriza = 0,46, BNT pupuk = 0,54, BNT interaksi = 0,93

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

Tabel 5. Rata-rata K-dd Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Mikoriza	K-dd (cmol kg <sup>-1</sup> )				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Kontrol	0,24	0,23	0,23	0,27	0,24 A
<i>Glomus</i> sp.	0,26	0,25	0,26	0,29	0,27 B
Mikoriza Campuran	0,28	0,27	0,26	0,27	0,27 B
Rata-rata	0,26ab	0,25a	0,25a	0,28b	

BNT mikoriza = 0,02 BNT pupuk = 0,02

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

tersedia dari dalam tanah dan dari guano yang mengandung unsur hara P yang lebih tinggi dari pupuk kandang dan kompos. Menurut Anon (1990), karena halusanya, hifa dapat menembus pori-pori tanah yang tidak dapat ditembusi oleh akar-akar rambut yang terhalus sekalipun. Dengan demikian volume efektif tanah yang terjangkau akar meningkat sekali dan efektifitas penyerapan air dan hara menjadi sangat mengikat [15]. Gunawan (1993) menambahkan bahwa FMA mampu membantu ketersediaan P dari sumber-sumber mineral P yang sukar larut karena menghasilkan asam-asam organik dan enzim fosfatase [16].

#### **K-dapat dipertukarkan (K-dd)**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA dan pupuk organik berpengaruh sangat nyata terhadap K-dd tanah tetapi tidak terjadi interaksi yang nyata. Nilai rata-rata K-dd tanah akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 5.

Tabel 5 menunjukkan bahwa pemberian FMA dan pupuk organik secara faktor tunggal masing-masing memperlihatkan perbedaan nyata terhadap kandungan K-dd tanah. Pemberian FMA

jenis *Glomus* sp. dan mikoriza campuran sama-sama dapat meningkatkan K-dd tanah. Hal ini membuktikan bahwa FMA membantu ketersediaan K-dapat dipertukarkan di dalam tanah, sesuai dengan pernyataan [17]; [18]; bahwa secara tidak langsung fungi mikoriza berperan dalam meningkatkan kelarutan hara.

Pada pemberian pupuk organik kandungan K-dd tanah tertinggi diperlihatkan oleh guano. Hal ini diduga karena dalam guano selain mengandung hara P yang tinggi juga mengandung hara K yang tinggi pula dari pada pupuk kandang dan kompos. Pengaruh pupuk organik yang baik ini sesuai dengan pernyataan Brady (1990), dekomposisi pupuk organik di dalam tanah akan menghasilkan beberapa unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P dan K [19].

#### **Kapasitas Tukar Kation (KTK)**

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA dan pupuk organik serta interaksi keduanya berpengaruh sangat nyata terhadap peningkatan kapasitas tukar kation (KTK) tanah. Nilai rata-rata KTK tanah akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 6.

Tabel 6. Rata-rata Kapasitas Tukar Kation Tanah Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Mikoriza	KTK (cmol kg <sup>-1</sup> )				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Kontrol	15,87 b A	15,13 ab A	15,70 ab A	14,33 a A	15,26A
<i>Glomus</i> sp.	16,69 a A	16,35 a B	16,23 a A	22,26 b B	17,88B
FMA Campuran	16,52 a A	18,48b C	16,93 a A	24,24 c C	19,04C
Rata-rata	16,36a	16,65a	16,29a	20,28b	

BNT mikoriza = 0,50

BNT pupuk = 0,58

BNT interaksi = 1,00

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

Tabel 6 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik secara faktor tunggal masing-masing memperlihatkan perbedaan nyata terhadap peningkatan KTK tanah. Masing-masing perlakuan menunjukkan mikoriza campuran dan guano yang memberikan peningkatan KTK tanah terbaik. Pemberian FMA dan pupuk organik ini juga memberikan interaksi yang nyata terhadap peningkatan KTK tanah. Peningkatan ini terjadi karena adanya FMA membantu proses dekomposisi pupuk organik sehingga ketersediaan unsur hara meningkat yang menyebabkan pula terjadi peningkatan terhadap kapasitas tukar kation dalam tanah. Kandungan bahan organik dapat meningkatkan KTK tanah [20]. Peningkatan KTK tanah yang tertinggi dijumpai pada perlakuan mikoriza campuran yang dikombinasikan dengan guano.

## Pertumbuhan dan Kandungan Hara

### Tinggi Tanaman

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh tidak nyata terhadap tinggi tanaman pada 20 dan 40 HST, sedangkan pemberian pupuk organik berpengaruh sangat nyata pada 20 HST dan berbeda nyata pada 40 HST terhadap tinggi tanaman. Interaksi kedua perlakuan berpengaruh nyata pada 20 HST dan berpengaruh sangat nyata pada 40 HST terhadap tinggi tanaman. Nilai rata-rata tinggi tanaman akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 7.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada 20 HST pengaruh pupuk organik berbeda nyata terhadap tinggi tanaman. Brady (1990) menjelaskan bahwa dekomposisi pupuk organik bila dimasukkan ke dalam tanah akan menghasilkan beberapa unsur

hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P, dan K. Penyerapan hara yang baik oleh tanaman ini juga sangat dipengaruhi oleh FMA yang mulai menunjukkan interaksi yang nyata dengan pupuk organik pada 20 HST. Kombinasi kedua FMA dengan semua jenis pupuk berbeda nyata dengan kontrol (tanpa pupuk) terhadap tinggi tanaman [19].

Peran FMA membantu tanaman untuk menangkap nutrisi seperti fosfor dan mikronutrien tanah. Simbiosis mikoriza arbuskula memainkan peran penting dalam awal kolonisasi tanah oleh tanaman [18]. Menurut Barker dan Pilbeam (2007), fosfor merupakan salah satu nutrisi penting bagi tanaman yang berperan dalam pembelahan sel, perkembangan akar, pembentukan bunga dan biji, penyusunan RNA dan DNA serta menyimpan/memindahkan energi (ATP dan ADP). Kalium berfungsi untuk meningkatkan aktivitas enzim, sintesa protein, absorpsi, transportasi ion serta dalam fotosintesis dan respirasi.

Tabel 7 menunjukkan bahwa pada 40 HST mikoriza campuran menghasilkan tanaman paling tinggi (50,37 cm) bila berinteraksi dengan pupuk kandang, namun menghasilkan tanaman yang rendah bila berinteraksi dengan guano. Sementara itu, kompos menghasilkan tanaman tertinggi (50,33 cm) bila berinteraksi tanpa FMA. Hal ini diduga karena pertama tanaman bunga matahari lebih adaptif terhadap mikoriza campuran dibanding *Glomus* sp. yang hanya satu mikoriza saja. Kedua, kandungan unsur hara dalam pupuk kandang dan kompos lebih banyak dari pada dalam guano, terutama nitrogen. Menurut Ram (2007) dalam Istiqomah (2010), manfaat dari nitrogen adalah untuk memacu pertumbuhan tanaman pada fase vegetatif, serta berperan dalam

Tabel 7. Rata-rata Tinggi Tanaman Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Waktu Pengukuran	Perlakuan	Tinggi Tanaman (cm)				Rata-rata
		Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
20 HST	Tanpa FMA	20,58 a C	19,97 a A	21,2 a A	20,55 a A	20,58 A
	<i>Glomus</i> sp.	18,68 a B	21,12 b A	21,73 b A	20,75 b A	20,57 A
	FMA Campuran	17,53 a A	20,20 b A	20,87 b A	21,50 b A	20,03 A
	Rata-rata	18,93a	20,43b	21,27b	20,93b	
	Tanpa FMA	50,05ab B	46,85a A	50,33b A	48,82ab B	49,01 A
40 HST	<i>Glomus</i> sp.	48,28a B	47,58a A	48,63a A	48,68a AB	48,30 A
	FMA Campuran	44,73a A	50,37b B	49,88b A	46,47a A	47,86 A
	Rata-rata	47,69a	48,27ab	49,62b	47,99a	
	Tanpa FMA	50,05ab B	46,85a A	50,33b A	48,82ab B	49,01 A

Pada 20 HST: BNT pupuk = 0,98      BNT interaksi = 1,70

Pada 40 HST: BNT pupuk = 1,37      BNT interaksi = 2,37

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

pembentukan klorofil, asam amino, lemak, enzim dan persenyawaan lain [20]. Ketiga tanah yang dipakai sebagai media tanam mengandung mikoriza alami dan tidak disterilkan terlebih dahulu, sehingga tanaman yang tidak diberikan FMA pun terjadi peningkatan pertumbuhan tinggi tanaman. Terbukti dari hasil perhitungan persentase akar terkoloni oleh FMA bahwa tanpa pemberian mikoriza pun terdapat kolonisasi akar tanaman oleh mikoriza. Hal ini sesuai dengan pernyataan Rao (2007) bahwa asosiasi antara fungi dan sistem perakaran tanaman terdapat dalam kondisi alami pada sistem perakaran banyak tanaman, baik tanaman liar maupun budidaya [21]. Lebih jauh Solaiman dan Hirata (1995) menyatakan bahwa respon tanaman tidak hanya ditentukan oleh karakteristik tanaman dan FMA, tapi juga oleh kondisi tanah dimana percobaan dilakukan [22].

#### Jumlah Daun

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA tidak berpengaruh nyata terhadap jumlah daun tanaman yang dihitung pada 20 HST dan 40 HST, sedangkan pemberian pupuk organik menunjukkan perbedaan sangat nyata pada 20 HST dan 40 HST. Pemberian FMA dengan pupuk organik memperlihatkan interaksi yang berbeda nyata pada 20 HST dan sangat nyata pada 40 HST. Nilai rata-rata jumlah daun tanaman bunga

matahari akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 8.

Tabel 8 menunjukkan bahwa pada 20 HST dan 40 HST pengaruh pupuk organik berbeda nyata terhadap jumlah daun tanaman dan pemberian pupuk kandang memperlihatkan hasil terbaik. Interaksi antara pemberian FMA dan pupuk organik terhadap jumlah daun juga berpengaruh nyata pada 20 HST dan sangat nyata pada 40 HST. Interaksi mikoriza campuran dan *Glomus* sp. memberikan hasil terbaik ketika dikombinasikan dengan pupuk kandang terhadap jumlah daun pada 20 HST.

Pola interaksi yang hampir sama juga terjadi pada 40 HST. Pemberian mikoriza campuran yang dikombinasikan dengan pupuk kandang menunjukkan hasil terbaik terhadap peningkatan jumlah daun. Hal ini kemungkinan terjadi karena pupuk kandang lebih cepat terurai dan kandungan unsur haranya lebih bervariasi sehingga lebih cepat tersedia untuk pertumbuhan tanaman. Pupuk kandang mengandung unsur hara makro dan mikro seperti fosfor, nitrogen, kalium, kalsium, magnesium, belerang, natrium, besi, tembaga, dan molibdenum [23]. Guano mengandung lebih tinggi unsur P dibandingkan dengan unsur-unsur hara N dan K, sementara pada pertumbuhan fase vegetatif tanaman membutuhkan nitrogen lebih banyak yang terdapat dalam pupuk kandang.

Tabel 8. Rata-rata Jumlah Daun Tanaman Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Waktu Pengukuran	Perlakuan	Jumlah Daun (lembar)				Rata-rata
		Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
20 HST	Tanpa FMA	10,67b B	11,17 b A	11,50b B	9,17a A	10,63 A
	<i>Glomus</i> sp.	10,00 a AB	12,00b A	10,00 a A	9,67 a A	10,42 A
	Mikoriza Campuran	9,17 a A	12,17b A	11,33ab AB	10,06a A aA	10,75 A
	Rata-rata	9,94a	11,78c	10,94b	9.72a	
	Tanpa FMA	17,00bc AB	15,83ab A	17,67c A	14,17a A	16,17 A
40 HST	<i>Glomus</i> sp.	15,67ab B	16,00ab A	17,17b A	15,17a A	16,00 A
	Mikoriza Campuran	14,67a A	18,50b B	17,83b A	15,33a A	16,58 A
	Rata-rata	15,78ab	16,78bc	17,56c	14,89a	

Pada 20 HST: BNT pupuk = 0,73 BNT interaksi = 1,27

Pada 40 HST: BNT pupuk = 1,05 BNT interaksi = 1,82

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

### Berat Basah dan Berat Kering Berangkasan Atas

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap berat basah berangkasan atas tanaman dan pupuk organik serta interaksi kedua faktor berpengaruh sangat nyata. Perlakuan pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap berat kering berangkasan atas tanaman dan pupuk organik berpengaruh sangat nyata serta interaksi kedua faktor berpengaruh nyata terhadap berat kering berangkasan atas tanaman. Nilai rata-rata berat basah dan berat kering berangkasan atas dapat dilihat pada Tabel 9.

Tabel 9 menunjukkan bahwa berat basah berangkasan atas tanaman yang diberikan perlakuan mikoriza campuran memperlihatkan respon yang terbaik dan berbeda nyata dengan yang diberikan mikoriza *Glomus* sp. namun tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa mikoriza), sedangkan pada pemberian pupuk organik, kompos memberikan hasil terbaik. Pada berat kering berangkasan atas tanaman yang diberikan perlakuan mikoriza campuran juga yang terbaik dan tidak berbeda nyata dengan kontrol (tanpa mikoriza), begitu juga pemberian pupuk organik menghasilkan berat kering berangkasan atas terbaik adalah kompos yang tidak berbeda nyata juga dengan pupuk kandang.

Tabel 9 menunjukkan bahwa kombinasi antara mikoriza campuran dengan pupuk kandang yang memberi respon terbaik dan berbeda tidak nyata dengan kombinasi tanpa mikoriza dengan kompos terhadap peningkatan berat basah berangkasan atas. Interaksi FMA dengan pupuk organik berbeda nyata terhadap berat kering berangkasan atas. Hasil kombinasi yang sangat baik adalah pemberian mikoriza campuran dengan pupuk kandang dan kombinasi tanpa mikoriza dengan kompos. Hal ini memperkuat dugaan bahwa FMA campuran yang paling baik dan secara alami FMA sudah ada dalam tanah sesuai dengan pernyataan Linderman (1988) bahwa adanya infeksi pada tanaman yang tidak diberikan mikoriza dikarenakan pada media tanam yang digunakan masih terdapat mikoriza *indigenus* yang masih aktif, perkecambahan spora fungi mikoriza yang diinokulasikan distimulasikan oleh adanya akar [24].

### Persentase Akar Terkoloni FMA

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap persentase akar terkoloni FMA, sedangkan pupuk organik tidak berbeda nyata serta tidak terjadi interaksi antara kedua faktor tersebut. Nilai rata-rata persentase akar terkolonisasi FMA akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik

Tabel 9. Rata-rata Berat Basah dan Berat Kering Berangkasan Atas Tanaman Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Waktu Pengukuran	Perlakuan	Berangkasan Atas (g)				Rata-rata
		Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Berat Basah	Tanpa FMA	151,03 bc B	119,47 b A	168,05 c B	71,32 a A	127,47 AB
	<i>Glomus</i> sp.	121,32 b AB	118,04 b A	126,63 b A	70,96 a A	109,24 A
	FMA Campuran	99,56 a A	190,84 c B	152,20 b AB	85,04 a A	131,91 B
	Rata-rata	123,97b	142,78bc	148,96c	75,77a	
Berat Kering	Tanpa FMA	46,06 b A	43,66 b AB	79,59 c B	16,81 a A	46,53 B
	<i>Glomus</i> sp.	32,96 ab A	34,57 ab A	41,76 b A	16,05 a A	31,33 A
	FMA Campuran	24,99 ab A	65,50 c B	48,17 bc A	19,32 a A	39,49 AB
	Rata-rata	34,67b	47,91bc	56,50c	17,39a	

Pada Berat Basah : BNT pupuk = 22,04      BNT mikoriza = 19,09      BNT interaksi = 39,36

Pada Berat Kering : BNT pupuk = 13,41      BNT mikoriza = 11,6      BNT interaksi = 23,24

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

dapat dilihat pada Tabel 10.

Tabel 10 menunjukkan bahwa perlakuan pemberian mikoriza campuran menghasilkan lebih banyak akar terkolonisasi dibanding *Glomus* sp. walaupun keduanya tidak berbeda nyata secara statistik dan keduanya memberikan hasil berbeda nyata dengan kontrol. Berdasarkan Tabel 10 juga jelas memperlihatkan bahwa tanah secara alami telah mengandung mikoriza. Hal ini sesuai dengan pernyataan Linderman (1988) bahwa adanya infeksi pada tanaman yang tidak diberi mikoriza karena pada media tanam yang digunakan masih terdapat propagul mikoriza *indigenus* yang masih aktif, perkecambahan spora fungi mikoriza yang diinokulasikan distimulasi oleh adanya eksudat

akar [24]. Dipertegasakan oleh Mansur (2003) bahwa spora mikoriza bisa bertahan hingga dua tahun sebelum berkecambah. Populasi fungi ini di dalam media tanah akan mempengaruhi infeksi dalam akar atau meningkatkan kolonisasi fungi di dalam akar tanaman [25].

#### Kandungan Hara N, P dan K

Hasil analisis ragam menunjukkan bahwa pemberian FMA berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan hara N, P dan K bunga matahari. Pemberian pupuk organik berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan hara P dan K dan tidak berbeda nyata terhadap kandungan hara N. Interaksi antara FMA dengan pupuk organik

Tabel 10. Rata-rata Persentase Akar Terkolonisasi FMA Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Mikoriza	Akar Terkolonisasi FMA (%)				Rata-rata
	Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
Tanpa FMA	32,67	35,67	24,00	20,33	28,17 A
<i>Glomus</i> sp.	73,67	74,67	61,67	88,00	74,50 B
FMA Campuran	91,00	75,67	71,67	73,00	77,83 B
Rata-rata	65,78a	62,00a	52,44a	60,44a	

BNT mikoriza = 16,73

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

berpengaruh sangat nyata terhadap kandungan hara N dan P sedangkan terhadap kandungan hara K tidak nyata. Nilai rata-rata kandungan hara N, P dan K tanaman akibat perlakuan pemberian FMA dan pupuk organik dapat dilihat pada Tabel 11.

Tabel 11 menunjukkan bahwa tanaman yang diberikan FMA mempunyai kandungan hara lebih tinggi dibandingkan dengan tanaman tanpa FMA. Pemberian mikoriza campuran memberikan hasil terbaik terhadap kandungan hara N, P dan K tanaman. Perlakuan pemberian *Glomus* sp. juga memberikan pengaruh terbaik terhadap kandungan hara N tanaman karena berbeda tidak nyata dengan mikoriza campuran. Pemberian pupuk organik tidak berbeda nyata terhadap kandungan N tetapi berbeda nyata terhadap kandungan hara P dan K, dimana masing-masing guano memberikan hasil terbaik. Pada kandungan hara P, perlakuan pemberian pupuk kandang juga tidak berbeda nyata dengan guano.

Interaksi yang berbeda nyata terjadi antara perlakuan pemberian FMA dengan pupuk organik terhadap persentase kandungan Hara N dan P. Hasil uji lanjut menunjukkan bahwa kombinasi antara perlakuan pemberian mikoriza campuran dengan tanpa pupuk yang memberi hasil terbaik kemudian diikuti kombinasi *Glomus* sp. dengan guano terhadap persentase kandungan N. Sedangkan hasil kombinasi antara pemberian mikoriza campuran dengan guano memberi hasil terbaik terhadap persentase kandungan P. Kombinasi mikoriza campuran dengan pupuk kandang juga terlihat tinggi karena kandungan P dalam pupuk kandang juga tinggi hampir sama seperti dalam guano yang sangat tinggi unsur hara P. Pemberian FMA dan pupuk organik menghasilkan perbedaan nyata terhadap kandungan hara K. Perlakuan pemberian mikoriza campuran memberikan hasil terbaik dalam kandungan hara K, sedangkan perlakuan

Tabel 11. Rata-rata Kandungan Hara N, P dan K Tanaman Akibat Perlakuan Pemberian FMA dan Pupuk Organik

Hara	Perlakuan	Kandungan Hara N, P dan K (%)				Rata-rata
		Tanpa Pupuk	Pupuk Kandang	Kompos	Guano	
N	Tanpa FMA	1,09 a A	1,19 a A	1,20 a A	1,16 a A	1,16 A
	<i>Glomus</i> sp.	1,47 ab B	1,34 a A	1,39 ab AB	1,60 b B	1,45 B
	FMA Campuran	1,74 c C	1,39 ab A	1,58 bc B	1,27 a AB	1,50 B
	Rata-rata	1,43a	1,31a	1,39a	1,34a	
P	Tanpa FMA	0,32 a A	0,30 a A	0,33 a A	0,28 a A	0,31A
	<i>Glomus</i> sp.	0,43 ab A	0,41 ab A	0,37 a A	0,50 b B	0,43B
	FMA Campuran	0,43 a A	0,59 b B	0,42 a A	0,70 b C	0,53C
	Rata-rata	0,39a	0,43ab	0,37a	0,49b	
K	Tanpa FMA	0,65	0,78	0,69	0,78	0,72A
	<i>Glomus</i> sp.	0,79	0,90	0,80	0,98	0,87B
	FMA Campuran	0,92	0,93	0,92	1,02	0,95C
	Rata-rata	0,79a	0,87b	0,80a	0,93c	

Pada kandungan hara N : BNT mikoriza = 0,12 BNT interaksi = 0,23  
 Pada kandungan hara P : BNT mikoriza = 0,06 BNT pupuk = 0,06 BNT interaksi = 0,11  
 Pada kandungan hara K : BNTmikoriza = 0,05 BNT pupuk = 0,06

Keterangan: Angka yang diikuti oleh huruf yang sama pada kolom dan baris yang sama tidak berbeda nyata pada taraf P 5%. Huruf kecil dibaca horizontal dan huruf besar dibaca vertikal.

pemberian pupuk organik terhadap kandungan hara K, ternyata pemberian guano yang paling tinggi.

Menurut Iskandar (2002) tanaman yang mengandung mikoriza mampu meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara, terutama unsur hara P [26] Selanjutnya, Brady (1990) menjelaskan bahwa dekomposisi pupuk organik di dalam tanah akan menghasilkan beberapa unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman seperti N, P, dan K [19]. Penambahan fosfat pada tanah mempunyai dampak yang sama dengan inokulasi tanaman dengan FMA (Pfeiffer and Bloss 1988; Jindal *et al.*, 1993 dalam Van Auken and Freidrich, 2006). Ketersediaan unsur hara dalam tanah akibat pemberian FMA dan pupuk organik menyebabkan kandungan hara tanaman menjadi lebih baik sehingga proses fotosintesis dan respirasi berlangsung baik pula [12].

## KESIMPULAN

Pada sifat kimia tanah, pemberian FMA berpengaruh nyata terhadap pH KCl, C-organik, N-total, P-tersedia, K-dd dan KTK tanah. Pupuk organik berpengaruh nyata terhadap pH H<sub>2</sub>O, P-

tersedia, K-dd dan KTK tanah. Interaksi FMA dengan pupuk organik berpengaruh nyata terhadap pH H<sub>2</sub>O, pH KCl, P-tersedia dan KTK tanah, sedangkan pada pertumbuhan dan kandungan hara tanaman, interaksi berpengaruh nyata terhadap tinggi tanaman 20 dan 40 HST, jumlah daun 20 dan 40 HST, berat kering berangkasan atas, berat basah berangkasan atas dan kandungan hara N dan P. Mikoriza campuran dengan guano menunjukkan hasil terbaik terhadap perbaikan beberapa sifat kimia tanah, sedangkan pemberian mikoriza campuran dengan pupuk kandang menunjukkan hasil terbaik terhadap peningkatan pertumbuhan tanaman.

Untuk membantu memperbaiki sifat kimia tanah pada lahan kritis disarankan supaya memberikan mikoriza campuran dengan guano. Untuk budidaya dan peningkatan pertumbuhan bunga matahari dilahan kritis disarankan menggunakan mikoriza campuran dengan pupuk kandang. Diperlukan penelitian lanjutan dari proses pengolahan tanah, pembenihan, penanaman, pemeliharaan hingga panen dan dilakukan langsung di lahan kritis.

## DAFTAR PUSTAKA

- [1] Oldfield, S. 1991. *Pre-project study of the conservation status of tropical timber in trade*. CMC. Canbridge.
- [2] Ian, S. 2007. Global Food crisis looms as climate change and population growth strip fertile land. *The Guardian*. Retrieved 2008-07-23.
- [3] Jupri. 2010. *Sumber Daya Alam*. <http://file.upi.edu/Direktori/FPIPS/1JUP-RI/LAHAN.pdf> diakses 26 Januari 2012.
- [4] Stevenson, FJ. 1982. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wiley and Sons. New York.
- [5] Karama, AS, AR Marzuki, dan I. Manwan. 1990. Penggunaan pupuk organik pada tanaman pangan. *Makalah*. disajikan pada Lokakarya Nasional Efisiensi Penggunaan Pupuk V, Cisarua, 12-13 November 1990. Puslitbangtan, Balitbangtan. Deptan. Bogor.
- [6] Handayanto, E., Y. Nuraini, dan S. Ismunandar. 1997. Interaksi kualitas bahan organik dan pengaruhnya terhadap mineralisasi nitrogen dan serapan nitrogen oleh tanaman jagung. Pages 305-318 in Subagyo, H., S.Sabiham, R. Shofiyati, AB Siswanto, F. Agus, Irawan, A. Rachman, dan Ropiq (Eds). *Prosiding*. Kongres Nasional VI HITI: Penatagunaan Tanah Sebagai Perangkat Penataan Ruang Dalam Rangka Meningkatkan Kesejahteraan Rakyat. Buku II. Jakarta 12-15 Desember 1995. HITI. Bogor.
- [7] Nursyamsi, D., J. Sri Adiningsih. Sholeh, dan A. Adi. 1997. Penggunaan bahan organik untuk meningkatkan efisiensi pupuk N pada Ultisol Sitiung, Sumbar. Pages 319- 330 in Subagyo, H., S. Sabiham, R. Shofiyati, AB Siswanto, F. Agus, Irawan, A. Rachman, dan Ropiq (eds). *Prosiding*. Kongres Nasional VI HITI: Penatagunaan Tanah Sebagai Perangkat Penataan Ruang dalam Rangka Meningkatkan Kesejahteraan Rakyat, Buku II. Jakarta 12-15 Desember 1995. HITI. Bogor.
- [8] Kloepper, JW. 1993. Plant growth-promo-

- ting rhizobacteria as biological control agents. p. 255-274. In F. Blaine Metting, Jr. (Ed.). *Soil Microbiology Ecology, Applications in Agricultural and Environmental Management*. Marcel Dekker, Inc., New York.
- [9] Setiadi, Y. 1997. Prospek Pengembangan Inokulum Mikoriza dan Rhizobium dalam Rangka Pembangunan Hutan Tanaman Industri. *Seminar. Bioteknologi Indonesia*. IPB. Bogor.
- [10] Allen, MF dan Allen.1992.Development of mycorrhizal patches in a succssional arid ecosystem. pp (164-170). *in* Read, DJ, Lewis, DL, Fitter, AH, and Alexander, IJ(eds). *Mycorrhizas in Ecosystems*, CAB International, Wallingford. UK.
- [11] Hakim, N., Nyakpa, MY, Lubis, AM, Nugroho, SG, Saul MR, Diha, MA, Hong, GGB, HHBailey. 1986. *Dasar-dasar Ilmu Tanah*. University of Lampung. Lampung.
- [12] Van Auken, OW and R. Freidrich. 2006. Growth and Micorrhizal Infection of Two Annual Sunflowers with Added Nutrients, Fungicide or Salts.*Texas Journal Sciences*. 58(3):195-218. San Antonio. Texas.
- [13] Rukmana, R. 2004. *Budidaya Bunga Matahari*. Aneka Ilmu. Semarang.
- [14] Subiksa, IGM. 2002. Pemanfatan Mikoriza Untuk Penanggulangan Lahan Kritis. *Makalah*. Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. IPB Bogor.
- [15] Anon. 1990. *Organic Recycling in Asia and the Pacific*. RAPA Bull, FAO. 87h.
- [16] Gunawan, AW. 1993. *Mikoriza Arbuskular: Bahan Pengajaran*. PAU Ilmu Hayat. IPB. Bogor.
- [17] Brundrett, MC, N. Bougherr, B. Dells, T. Grove and N.Malajczuk.1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture*. Prairie Printer. Canberra. Australia.
- [18] Brundrett, M. 1999. *Roles of Mycorrhizas*, CSIRO Forestry and Forest Products.
- [19] Brady, M. 1990. *The Nature and Properties of Soils*. 10th ed. Macmillan Publ. co.: Company. New York.
- [20] Istiqomah. 2010. *Sifat Kimia Tanah*. [http://blog.ub.ac.id/istryqomah // kimia-tanah.doc](http://blog.ub.ac.id/istryqomah//kimia-tanah.doc) diakses 25 Januari 2012.
- [21] Rao, NSS 2007. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. UI Press.
- [22] Solaiman, MZ, dan H. Hirata, 1995. Effect of indigenous arbuscular mycorrhizal fungi in paddy fields on rice growth and NPK nutrition under different water regimes. *Soil Sci. Plant Nutr.*, 41 (3): 505-514.
- [23] Parnata, AS. 2004. *Pupuk Organik Cair*. Jakarta: PT. Agromedia Pustaka.
- [24] Linderman, RG 1988. Mycorrhizas interaction with the Rhizosphere Microflora: The Mycorrhizosphere Effect; *in* Symposium: of Mycorrhizal Fungi *Phytophatology* 78: 366-371.
- [25] Mansur, I. 2003. Bahan Kuliah dan Praktikum Technical Assistance dalam Penelitian, Fakultas kehutanan. IPB. Bogor
- [26] Iskandar, D. 2002. Pupuk Hayati Mikoriza untuk Pertumbuhan dan Adaptasi Tanaman di Lahan Marginal. BPPT. Jakarta.