

**PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PUPUK  
KANDANG DENGAN BERBAGAI DOSIS TERHADAP PERTUMBUHAN  
DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill) PADA ULTISOL**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Maulana Malik**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

## **ABSTRAK**

### **PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PUPUK KANDANG DENGAN BERBAGAI DOSIS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill) PADA ULTISOL**

**Maulana Malik**

Percobaan dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu dan Laboratorium Produksi Perkebunan Jurusan Agroteknologi FP Unila dari bulan Agustus hingga November 2015. Rancangan perlakuan disusun secara faktorial (2x5) menggunakan rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) dengan tiga ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi FMA (M) yang terdiri atas dua taraf, yaitu tanpa aplikasi FMA (M<sub>0</sub>) dan dengan aplikasi FMA (M<sub>1</sub>). Faktor kedua adalah pupuk kandang sapi (K), terdiri atas lima taraf yaitu (K<sub>0</sub>) 0 ton/ha, (K<sub>1</sub>) 5 ton/ha, (K<sub>2</sub>) 10 ton/ha, (K<sub>3</sub>) 15 ton/ha, dan (K<sub>4</sub>) 20 ton/ha pupuk kandang. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan kementerian data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, maka dilakukan analisis ragam. Pemisahan nilai tengah diuji dengan uji Polinomial Ortogonal dengan peluang melakukan kesalahan ditentukan sebesar 0,05 dan 0,01.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa; (1) aplikasi FMA mampu meningkatkan produksi tanaman kedelai pada tanah Ultisol melalui variabel pengamatan jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan bobot 20 butir biji; (2) aplikasi pupuk kandang hingga dosis 20 ton/ha masih meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai melalui variabel tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot akar kering, bobot tajuk kering, serapan P tanaman, jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan bobot 20 butir biji; (3) respons tanaman kedelai pada Ultisol akibat aplikasi FMA tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk kandang yang diaplikasikan; (4) belum terdapat dosis pupuk kandang optimum untuk aplikasi FMA pada tanaman kedelai.

**Kata kunci:** FMA, Kedelai, Pupuk Kandang.

**PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PUPUK  
KANDANG DENGAN BERBAGAI DOSIS TERHADAP PERTUMBUHAN  
DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill) PADA ULTISOL**

**Oleh**

**Maulana Malik**

**Skripsi**

**Sebagai Salah Satu Syarat Untuk Mencapai Gelar  
SARJANA PERTANIAN**

**Pada**

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2016**

Judul Skripsi : **PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PUPUK KANDANG DENGAN BERBAGAI DOSIS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill) PADA ULTISOL**

Nama Mahasiswa : *Maulana Malik*

Nomor Pokok Mahasiswa : 1114121128

Jurusan/PS : Agroteknologi

Fakultas : Pertanian

### **MENYETUJUI**

#### 1. Komisi Pembimbing



**Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**  
NIP 196411181989021002



**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**  
NIP 196305081988112001

#### 2. Ketua Jurusan Agroteknologi



**Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.**  
NIP 196305081988112001

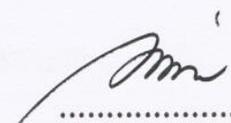
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

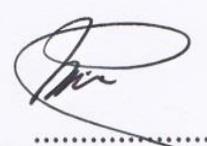
Ketua : **Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.** .....



Sekretaris : **Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.** .....



Penguji  
Bukan Pembimbing : **Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.** .....



### 2. Dekan Fakultas Pertanian



**Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si.**  
NIP 196110201986031002

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **21 Oktober 2016**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "PENGARUH APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULA DAN PUPUK KANDANG DENGAN BERBAGAI DOSIS TERHADAP PERTUMBUHAN DAN PRODUKSI KEDELAI (*Glycine max* [L.] Merrill) PADA ULTISOL" merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini, saya kutip dari karya orang lain, dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai dengan kaidah, norma, dan etika penulisan karya ilmiah Universitas Lampung.

Apabila dikemudian hari ditemukan bahwa skripsi ini seluruhnya ataupun sebagian bukan hasil karya saya sendiri atau adanya plagiat dalam bagian-bagian tertentu, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai ketentuan yang berlaku.

Bandar Lampung, Desember 2016  
Pembuat Pernyataan



**Maulana Malik**  
**NPM 1114121128**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kota Metro pada tanggal 28 Maret 1993 sebagai anak pertama dari tiga bersaudara pasangan Bapak Wahyudin dan Ibu Suliani.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Handayani tahun 1998; SD Negeri 9 Metro Barat tahun 2005; SMP Negeri 9 Metro tahun 2008, dan SMK Negeri 2 Metro tahun 2011. Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Penerimaan Melalui Perluasan Akses Pendidikan (PMPAP) yang diselenggarakan oleh UNILA.

Penulis telah menyelesaikan kegiatan Praktek Umum di PT Sinar Abadi Cemerlang (SAC), Jl. Raya Sukabumi Kp. Pasir Munding Desa Kebon Peteuy, Kecamatan Gekbrong, Kabupaten Cianjur, Provinsi Jawa Barat pada bulan Juli hingga Agustus 2014. Pada bulan Januari sampai Februari 2015, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Tunas Jaya, Kecamatan Gunung Agung, Kabupaten Tulang Bawang Barat.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademis dan organisasi kemahasiswaan Fakultas Pertanian. Penulis pernah aktif di Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (PERMA AGT) sebagai anggota bidang kaderisasi periode 2012—2013. Penulis juga pernah menjadi asisten praktikum untuk beberapa matakuliah

yaitu Budiaya Tanaman Sayur selama empat kali (2014—2015), Produksi Tanaman Ubi dan Kacang (2015), Produksi Tanaman Rempah dan Fitofarmaka (2015), dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit (2015).

*“Hendaklah salah seorang dari kalian memiliki hati yang bersyukur, lisan yang senantiasa berdzikir dan istri yang mukminah yang akan menolongmu dalam perkara akhirat.”*

*(HR. Ibnu Majah no. 1856)*

*“Tutupilah amalan mu dengan serapat-rapatnya hingga tidak seorang pun mengetahui, seperti kamu menyembunyikan aib-aib mu dari saudara-saudara mu.”*

*(Maulana Malik)*

*“Berfikir besar, percaya sepenuh hati, lakukan dengan sungguh-sungguh, dan hasil pun tidak akan jauh dari seberapa keras usaha mu.”*

*(Maulana Malik)*

## **PERSEMBAHAN**

Puji syukur kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis persembahkan karya sederhana buah perjuangan dan kerja keras ini hanya untuk pintu surga ku yang telah memberikan doa, dukungan serta kasih sayang yang tidak ternilai.

Adik-adik yang penulis banggakan, Fajri Rozak dan Danu Ardilaya atas rasa persaudaraan yang tak ternilai.

Keluarga besar atas doa, kasih sayang, nasehat, dan semangat yang tulus.  
Almamater tercinta, Universitas Lampung.

## SANWACANA

Puji syukur penulis ucapkan kehadiran Allah subhanahu wa ta'ala, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. Ayahanda Wahyudin dan Ibunda Suliani serta adik-adik penulis: Fajri Rozak dan Danu Ardilaya atas doa, rasa kekeluargaan, dukungan, dan semangat yang diberikan.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P., selaku Pembimbing Utama atas bantuan, bimbingan, semangat, nasehat, kesabaran, dan waktu dalam membimbing penulis selama penelitian dan penyusunan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Pembimbing Kedua dan sekaligus Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas bimbingan, bantuan, nasehat, motivasi, dan kesabaran dalam menyelesaikan skripsi.
4. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku Penguji bukan Pembimbing atas saran, pengarahan, dan nasehat untuk perbaikan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Ir. Lestari Wibowo, M.Sc., selaku Pembimbing Akademik atas bimbingan, nasehat, dan motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Setyo Dwi Utomo, M.Sc., selaku Ketua Bidang Budidaya Pertanian Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas koreksi, saran, dan persetujuan dalam menyelesaikan skripsi ini.
7. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mengesahkan skripsi ini.
8. Teman seperjuangan penulis, Husna, S.P. atas bantuan dan semangat selama pelaksanaan penelitian.
9. Teman-teman AGT 2011 yang telah memberikan bantuan dan nasehat selama pelaksanaan penelitian dan penyelesaian skripsi.

Semoga skripsi ini bermanfaat.

Bandar Lampung,  
Penulis

**Maulana Malik**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	iv
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	viii
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah.....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	5
1.3 Landasan Teori.....	5
1.4 Kerangka Pemikiran.....	7
1.5 Hipotesis .....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	10
2.1 Kedelai ( <i>Glycine max</i> [L.] Merrill) .....	10
2.1.1 Syarat Tumbuh .....	11
2.1.1.1 Ketinggian Tempat .....	12
2.1.1.2 Suhu .....	12
2.1.1.3 Panjang Hari ( <i>Photoperiode</i> ).....	12
2.1.1.4 Curah Hujan.....	13
2.1.2 Bintil Akar dan Fiksasi Nitrogen .....	13
2.2 Tanah Ultisol.....	14
2.3 Pupuk Kandang.....	15
2.4 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA) .....	15
2.4.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Infeksi FMA.....	17
2.4.1.1 Tanaman Inang.....	18
2.4.1.2 Media Tumbuh.....	18
2.4.1.3 Pemupukan .....	18
2.4.1.4 Aerasi.....	18
2.4.1.5 pH .....	19
2.4.1.6 Sinar dan Fotoperiode.....	19

2.4.1.7 Suhu .....	19
2.4.1.8 Pemangkasan.....	19
2.4.1.9 Penggunaan Zat-Zat Kimia .....	19
2.4.2 Proses Infeksi dan Pembentukan FMA .....	20
<b>III. BAHAN DAN METODE .....</b>	<b>21</b>
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian.....	21
3.2 Bahan dan Alat.....	21
3.3 Metode Penelitian .....	21
3.4 Pelaksanaan Penelitian.....	24
3.4.1 Persiapan Media Tanam.....	24
3.4.2 Penanaman Benih dan Inokulasi Fma .....	24
3.4.3 Pemeliharaan .....	26
3.5 Pengamatan.....	26
3.5.1 Tinggi Tanaman .....	26
3.5.2 Jumlah Cabang .....	26
3.5.3 Bobot Tajuk Kering.....	26
3.5.4 Bobot Akar Kering .....	26
3.5.5 Persen Infeksi Akar Oleh FMA .....	27
3.5.6 Serapan P Tanaman Kedelai .....	27
3.5.7 Jumlah Polong Per Tanaman .....	27
3.5.8 Bobot Polong Per Tanaman.....	28
3.5.9 Jumlah Biji Per Tanaman .....	28
3.5.10 Bobot 20 Butir Biji .....	28
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>29</b>
4.1 Hasil Penelitian .....	29
4.1.1 Tinggi Tanaman.....	29
4.1.2 Jumlah Cabang .....	31
4.1.3 Bobot Tajuk Kering .....	32
4.1.4 Bobot Akar Kering.....	34
4.1.5 Persen Infeksi Akar Oleh FMA.....	35
4.1.6 Serapan P Tanaman Kedelai .....	36
4.1.7 Jumlah Polong Per Tanaman .....	38
4.1.8 Bobot Polong Per Tanaman .....	39
4.1.9 Jumlah Biji Per Tanaman.....	41
4.1.10 Bobot 20 Butir Biji.....	42
4.2 Pembahasan.....	44

<b>V. KESIMPULAN DAN SARAN.....</b>	<b>49</b>
5.1 Kesimpulan .....	49
5.2 Saran.....	50
<b>PUSTAKA ACUAN .....</b>	<b>51</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>57</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Kombinasi perlakuan FMA dan pupuk kandang sapi.....	23
2. Koefisien perbandingan polinomial ortogonal untuk pengaruh pemberian mikoriza dan dosis pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. ....	23
3. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang pada tinggi tanaman kedelai. ....	30
4. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang pada jumlah cabang kedelai. ....	31
5. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang pada bobot tajuk kering kedelai. ....	33
6. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang pada bobot akar kering kedelai. ....	34
7. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang terhadap infeksi akar kedelai . ....	36
8. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang pada serapan P tanaman kedelai. ....	37
9. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang terhadap jumlah polong per tanaman kedelai. ....	38
10. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang terhadap bobot polong per tanaman kedelai. ....	40
11. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang terhadap jumlah biji per tanaman kedelai. ....	41

12. Pengaruh pemberian FMA dan pupuk kandang terhadap bobot 20 butir biji kedelai. ....	43
13. Data Tinggi Tanaman Kedelai 1 minggu setelah tanam. ....	57
14. Data Tinggi Tanaman Kedelai 2 minggu setelah tanam. ....	57
15. Data Tinggi Tanaman Kedelai 3 minggu setelah tanam. ....	58
16. Data Tinggi Tanaman Kedelai 4 minggu setelah tanam. ....	58
17. Uji homogenitas tinggi tanaman kedelai. ....	59
18. Analisis ragam tinggi tanaman. ....	59
19. Tanggapan tinggi tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. ....	60
20. Data jumlah cabang tanaman kedelai. ....	60
21. Uji homogenitas jumlah cabang. ....	61
22. Analisis ragam jumlah cabang. ....	61
23. Tanggapan jumlah cabang terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. ....	62
24. Data bobot tajuk kering tanaman kedelai. ....	62
25. Data transformasi bobot tajuk kering tanamn kedelai. ....	63
26. Uji homogenitas bobot tajuk kering . ....	63
27. Analisis ragam bobot tajuk kering . ....	64
28. Tanggapan bobot tajuk kering terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. ....	64
29. Data bobot akar kering tanaman kedelai. ....	65
30. Data transformasi bobot akar kering tanaman kedelai. ....	65
31. Uji homogenitas bobot akar kering tanaman kedelai. ....	66
32. Analisis ragam bobot akar kering tanaman kedelai. ....	66
33. Tanggapan bobot akar kering tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. ....	67

34. Data infeksi akar tanaman kedelai oleh FMA . . . . .	67
35. Data transformasi infeksi akar tanaman kedelai oleh FMA . . . . .	68
36. Uji homogenitas infeksi akar tanaman kedelai oleh FMA . . . . .	68
37. Analisis ragam infeksi akar tanaman kedelai oleh FMA . . . . .	69
38. Tanggapan infeksi akar tanaman kedelai oleh FMA terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. . . . .	69
39. Data kandungan P tanaman kedelai . . . . .	70
40. Uji homogenitas kandungan P tanaman kedelai . . . . .	70
41. Analisis ragam kandungan P tanaman kedelai . . . . .	71
42. Tanggapan kandungan P tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. . . . .	71
43. Data jumlah polong per tanaman. . . . .	72
44. Uji homogenitas jumlah polong per tanaman. . . . .	72
45. Analisis ragam jumlah polong per tanaman. . . . .	73
46. Tanggapan jumlah polong per tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. . . . .	73
47. Data bobot polong per tanaman . . . . .	74
48. Uji homogenitas bobot polong per tanaman . . . . .	74
49. Analisis ragam bobot polong per tanaman . . . . .	75
50. Tanggapan bobot polong per tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. . . . .	75
51. Data jumlah biji per tanaman. . . . .	76
52. Uji homogenitas jumlah biji per tanaman. . . . .	76
53. Analisis ragam jumlah biji per tanaman. . . . .	77
54. Tanggapan jumlah biji per tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis pupuk kandang. . . . .	77

55. Data bobot 20 butir biji . . . . .	78
56. Uji homogenitas bobot 20 butir biji . . . . .	78
57. Analisis ragam bobot 20 butir biji . . . . .	79
58. Tanggapan bobot 20 butir biji pengaruh pemberian mikoriza dan dosis pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai. . . . .	79
59. Tanggapan tinggi tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	80
60. Tanggapan jumlah cabang tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	80
61. Tanggapan bobot tajuk kering tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	81
62. Tanggapan bobot akar kering tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	81
63. Tanggapan persen infeksi akar kedelai oleh FMA terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	82
64. Tanggapan serapan P tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	82
65. Tanggapan jumlah polong per tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	83
66. Tanggapan bobot polong per tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	83
67. Tanggapan jumlah biji per tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	84
68. Tanggapan bobot 20 butir biji tanaman kedelai terhadap aplikasi FMA dan pupuk kandang sapi pada tanah Ultisol. . . . .	84
69. Deskripsi tanaman kedelai Varietas Grobogan. . . . .	85
70. Analisis awal kandungan tanah Ultisol Taman Bogo. . . . .	85
71. Analisis kandungan pupuk kandang sapi. . . . .	86

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Tata letak percobaan. ....	24
2. Tanggapan tinggi tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang pada 4 minggu setelah tanam. ....	30
3. Tanggapan jumlah cabang tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	32
4. Tanggapan bobot tajuk kering tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	33
5. Tanggapan bobot akar kering tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	35
6. Tanggapan kandungan P tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	37
7. Tanggapan jumlah polong per tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	39
8. Tanggapan bobot polong per tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	40
9. Tanggapan jumlah biji per tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	42
10. Tanggapan bobot 20 butir biji tanaman kedelai terhadap peningkatan dosis pupuk kandang. ....	43

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang dan Masalah**

Kebutuhan kedelai di Indonesia meningkat setiap tahunnya. Kebutuhan kedelai Indonesia tahun 2015 mencapai lebih dari 3 juta ton, sedangkan produksi kedelai Indonesia tahun 2015 hanya sebanyak 963,18 ribu ton biji kering (BPS, 2015). Akibatnya, kekurangan jumlah kedelai sebanyak 2,26 juta ton kedelai diadakan melalui impor (Harian Kompas, 2016). Rendahnya produktivitas kedelai dalam negeri ini disebabkan oleh alih fungsi lahan pertanian menjadi lahan pemukiman. Potensi lahan untuk pertanian di Indonesia saat ini merupakan lahan dengan kondisi tanah marjinal dengan tingkat kesuburan yang rendah. Subagyo, Suharta, dan Siswanto (2004) menyatakan bahwa jenis tanah marjinal yang dominan di Indonesia adalah tanah dari ordo Ultisol.

Menurut Subagyo dkk. (2004), Ultisol merupakan salah satu jenis tanah di Indonesia yang mempunyai sebaran hingga 45.794.000 ha atau kira-kira 25% dari total luas daratan yang ada di Indonesia. Potensinya yang baik untuk lahan pertanian kurang didukung oleh kualitas sifat fisik dan kimianya yang tergolong buruk. Tanah ini memiliki tingkat Al dan Fe yang tinggi, kapasitas tukar kation (KTK) rendah, dan sangat rentan erosi selain itu kandungan hara terutama

P (fosfat) dan kation-kation dapat ditukar seperti Ca, Mg, Na, dan K, sangat rendah (Adiningsih dan Mulyadi, 1993). Tingkat Al dan Fe yang tinggi menunjukkan pH tanah yang rendah atau memiliki sifat masam. Tanah masam sangat sulit menyediakan unsur hara makro karena berikatan dengan kation Al dan Fe terutama N, P dan K yang pada umumnya tersedia pada pH sekitar 6—7 (Hardjowigeno, 2003).

Unsur P berperan dalam transfer energi, sintesis protein, dan reaksi biokimia yang terjadi di dalam tubuh tanaman (Poerwowidodo, 1992). Ultisol tidak hanya miskin hara P tetapi juga sulit menyediakan hara P untuk pertumbuhan tanaman karena ketersediaannya sedikit dan kelarutannya rendah (Adiningsih dan Mulyadi, 1993). Peningkatan keefektifan pemupukan P dapat dilakukan dengan cara meningkatkan KTK dan ketersediaannya di dalam tanah. Kemampuan KTK dapat ditingkatkan dengan cara memberikan bahan organik ke dalam tanah. Ketersediaan P dalam tanah dapat ditingkatkan dengan cara memberi organisme pengabsorpsi P seperti fungi mikoriza arbuskula (FMA) karena benang hifa pada FMA berfungsi mengabsorpsi nutrisi yang bersifat *immobile* seperti P (George dkk., 1992).

Fungi mikoriza arbuskula diketahui berinteraksi positif dengan bahan organik di dalam tanah, termasuk pada lahan-lahan bermasalah seperti lahan yang mengalami cekaman kekeringan (Nurbaity, Herdiyantoro, dan Setiawan, 2007). FMA memiliki kemampuan yang spesifik untuk meningkatkan penyerapan P pada tanah-tanah marginal yang ketersediaan hara P-nya sangat rendah (Clarke dan Mosse, 1981). FMA juga memiliki kemampuan menyerap air pada kondisi

lingkungan tanah yang kering sehingga tanaman tidak mudah mengalami kekeringan. Menurut Hapsoh (2003), ukuran hifa yang lebih halus dari bulu-bulu akar memungkinkan hifa bisa menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (mikro) sehingga hifa bisa menyerap air pada kondisi kadar air tanah yang sangat rendah. Tingkat populasi dan komposisi jenis FMA sangat beragam dipengaruhi oleh karakteristik tanaman dan faktor lingkungan seperti suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan fosfor dan nitrogen, serta konsentrasi logam berat (Daniels dan Trappe, 1980).

Selain masalah sifat kimia, Ultisol juga memiliki masalah dalam sifat fisika. Rendahnya kandungan debu serta tingginya fraksi liat dalam jumlah tertentu pada horizon seperti yang disyaratkan dalam *Soil Taxonomy* menjadi penciri tekstur Ultisol yang mudah dibedakan dari jenis tanah lainnya (*Soil Survey Staff*, 2003). Kandungan bahan organik yang rendah juga mengakibatkan kemandapan agregat, permeabilitas tanah, drainase, dan porositas tanah rendah serta peka terhadap erosi (Sarief, 1989). Salah satu sifat fisik Ultisol yang menjadi penghambat budidaya tanaman adalah belum membentuk agregat sehingga peka terhadap erosi (Munir, 1996). Bahan organik sebagai salah satu bahan pembenah tanah berperan dalam memperbaiki, mempertahankan, ataupun meningkatkan sifat fisik, kimia, maupun biologi tanah.

Permasalahan sifat fisik dan kimia tanah Ultisol diharapkan mampu diatasi dengan pemberian pupuk kandang. Pemberian dan pengembalian limbah organik pada lahan-lahan pertanian mendukung peningkatan produktivitas lahan dan sistem pertanian berkelanjutan (Salikin, 2003). Kadar bahan organik tanah dapat

dipertahankan dengan menambahkan bahan organik ke dalam tanah, baik kotoran ternak yang berupa kompos maupun sisa-sisa hijau-hijauan dari tanaman seperti padi dan leguminosa berupa jerami padi dan jerami kacang tanah (Juarsah, 2000). Menurut Soepardi (1983), sifat-sifat fisik tanah yang dapat dipengaruhi pupuk kandang antara lain kemantapan agregat, bobot volume tanah, total ruang pori, plastisitas, dan daya pegang air.

Sutanto (2002) menyatakan bahwa lahan pertanian organik selalu memanfaatkan bahan lokal setempat (azas lokalita). Pupuk kandang sapi digunakan karena selain jumlahnya banyak juga memiliki kandungan N lebih besar dibandingkan dengan pupuk kandang ayam dan kambing. Kandungan hara N dalam pupuk kandang sapi yaitu sebesar 2,34% lebih besar dibandingkan dengan kandungan N pada pupuk kandang ayam dan kambing, tetapi kandungan hara P dalam pupuk kandang sapi paling rendah dibandingkan pupuk kandang ayam dan kambing yaitu sebesar 1,08 % (Balittanah, 2009).

Berdasarkan latar belakang dan masalah di atas, maka dilaksanakan suatu penelitian untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan berikut.

1. Apakah aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol?
2. Apakah aplikasi pupuk kandang dengan berbagai dosis dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol?
3. Apakah respons tanaman kedelai pada Ultisol terhadap aplikasi FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk kandang yang diaplikasikan?

4. Berapakah dosis pupuk kandang optimum untuk aplikasi FMA pada tanaman kedelai?

## **1.2 Tujuan Penelitian**

Berdasarkan latar belakang dan rumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah:

1. Mengetahui pengaruh aplikasi FMA terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol.
2. Mengetahui pengaruh aplikasi pupuk kandang dengan berbagai dosis terhadap peningkatan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol.
3. Mengetahui apakah respons tanaman kedelai pada Ultisol terhadap aplikasi FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk kandang yang diaplikasikan.
4. Mengetahui dosis pupuk kandang optimum untuk aplikasi FMA pada tanaman kedelai.

## **1.3 Landasan Teori**

Dalam rangka menyusun penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan, penulis menggunakan landasan teori sebagai berikut.

Ultisol memiliki potensi untuk menjadi lahan pertanian di Indonesia, hanya saja masih banyak kendala yang perlu diatasi. Kendala pada Ultisol yang perlu ditangani antara lain pH tanah yang rendah serta sifat fisiknya yang buruk (Tejoyuwono, 2006). Kendala tersebut dapat ditangani dengan cara pemberian bahan organik berupa pupuk kandang atau kompos.

Bahan organik bermanfaat sebagai bahan pemantap agregat, sumber hara tanaman, dan sumber energi bagi sebagian besar organisme tanah. Bahan organik membantu akar tanaman berkembang lebih dalam dan luas sehingga tanaman lebih kokoh serta mampu menyerap unsur hara dan air dalam jumlah banyak (Gonzalez dan Cooperband, 2002). Winarso (2005) menyatakan bahwa pemberian pupuk kandang akan memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air, dan meningkatkan kehidupan biologi tanah.

Pupuk kandang sapi selain menjadi bahan pembenah tanah diharapkan juga mampu mendukung FMA dalam meningkatkan serapan hara fosfat tanaman kedelai. Bahan organik seperti pupuk kandang mampu meningkatkan jumlah dan aktifitas mikroorganisme tanah (Hsieh dan Hsieh, 1990). Pemberian bahan organik merangsang aktivitas jasad renik dalam mengikat butir-butir tanah dan pemantapan agregat. Soedarmo dan Djojoprawiro (1984) menyatakan bahwa ada beberapa bentuk peranan jasad renik dalam pemantapan agregat, jasad renik yang mempunyai miselia akan mengikat partikel-partikel tanah secara fisik sehingga terbentuk agregat yang lebih stabil. FMA diketahui berinteraksi positif dengan bahan organik (Nurbaity dkk., 2007).

Penambahan FMA dan pupuk kandang sapi dilakukan dengan maksud untuk meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai. Aldeman dan Morton (2006) menyatakan bahwa infeksi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman dan kemampuannya memanfaatkan nutrisi yang ada dalam tanah terutama unsur P, Ca, N, Cu, Mn, K, dan Mg. Menurut Clarke dan Mosse (1981),

kolonisasi FMA pada akar tanaman dapat memperluas bidang serapan akar dengan adanya hifa eksternal yang tumbuh dan berkembang melalui bulu akar.

Arbuskular berfungsi sebagai tempat terjadinya transfer hara dua arah antara fungi dan inang (Harley dan Smith, 1983). Arbuskular merupakan percabangan hifa yang masuk ke dalam sel tanaman inang. Pada akar yang telah dikolonisasi oleh FMA dapat dilihat berbagai arbuskular dewasa yang dibentuk berdasarkan umur dan letaknya. Arbuskular dewasa terletak dekat pada sumber unit kolonisasi tersebut (Pattimahu, 2004).

#### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut ini disusun kerangka pemikiran untuk memberi penjelasan teoritis terhadap perumusan masalah.

Kemampuan Ultisol dalam menyediakan hara makro sangat rendah disebabkan hara makro pada umumnya mudah tersedia pada pH 6—7. Hara makro yang sulit tersedia terutama adalah P karena berikatan dengan Al dan Fe. pH tanah dapat ditingkatkan dengan cara pemberian bahan organik berupa pupuk kandang karena dapat menurunkan muatan positif tanah melalui proses pengikatan mineral oksida dan kation Al dan Fe yang reaktif. Selain itu, pupuk kandang juga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Aplikasi pupuk kandang mampu menjaga kelembaban tanah sehingga baik untuk pertumbuhan dan perkembangan tanaman serta cendawan terutama FMA.

Peningkatan jumlah hara P dalam tanah dilakukan dengan cara pemberian pupuk tambahan berupa pupuk kimia P anorganik. Permasalahan dalam pemupukan P yaitu kelarutan dan efisiensinya yang sangat rendah sehingga tidak mudah tersedia dalam waktu yang cepat untuk pertumbuhan tanaman. Peningkatan ketersediaan P dalam tanah dapat dilakukan dengan cara pemberian FMA.

FMA bersimbiosis mutualisme dengan akar tanaman inang sehingga antara FMA dan tanaman inang saling mendapat keuntungan. FMA memiliki kemampuan dalam menyediakan P dalam tanah untuk tanaman. Unsur hara P pada tanaman digunakan untuk transfer energi, sintesa protein dan reaksi biokimia. Hara P sangat dibutuhkan saat fase generatif sebagai penunjang translokasi fotosintat dari organ tanaman ke buah. FMA juga memiliki keunggulan menyerap air dalam kondisi tanah yang kering karena memiliki hifa halus yang dapat menyerap air hingga ke pori tanah berukuran mikro. Kemampuan FMA yang spesifik dalam meningkatkan serapan P yang bersal dari alam dan pupuk buatan diharapkan mampu memaksimalkan penyerapan hara P yang ada pada pupuk kandang sapi dan Ultisol serta pupuk kimia anorganik yang diberikan.

Aplikasi FMA dan bahan organik pada tanah Ultisol mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai. Peningkatan pertumbuhan dan hasil kedelai dapat dilihat dari komponen pertumbuhan serta produktivitas per tanaman.

### **1.5 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah dikemukakan, maka dapat ditentukan hipotesis sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol.
2. Aplikasi pupuk kandang dengan berbagai dosis dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai pada Ultisol.
3. Respons tanaman kedelai pada Ultisol akibat aplikasi FMA dipengaruhi oleh dosis pupuk kandang yang diaplikasikan.
4. Terdapat dosis pupuk kandang optimum untuk aplikasi FMA pada tanaman kedelai.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill)

Tanaman kedelai (*Glycine max* [L.] Merrill) termasuk dalam genus *Glycine* dan famili Leguminoceae. Tanaman ini berbentuk perdu dengan tinggi kurang lebih 20—100 cm. Tanaman ini memiliki perakaran yang cukup kuat karena tipe akarnya adalah tunggang. Perkembangan akar sangat dipengaruhi oleh cara pengolahan tanah, pemupukan, struktur, sifat fisik dan kimia tanah, air, dan faktor penunjang lainnya. Kedelai bersal dari daerah Manshukuo (Cina Utara) telah dibudidayakan sejak 2500 SM. Di Indonesia tanaman ini mulai dibudidayakan pada tahun 1750 (Danarti dan Najiyati, 1992).

Sejalan dengan makin berkembangnya perdagangan antar negara yang terjadi pada awal abad ke-19, menyebabkan tanaman kedelai juga ikut tersebar ke berbagai negara tujuan perdagangan yaitu Jepang, Korea, Indonesia, India, Australia, dan Amerika. Awal mula penyebaran dan pembudidayaan kedelai Indonesia yaitu di Pulau Jawa, kemudian berkembang ke Bali, Nusa Tenggara, dan pulau-pulau lainnya. Pada awalnya, kedelai dikenal dengan beberapa nama botani, yaitu *Glycine soja* dan *Soja max*. Tahun 1948 telah disepakati bahwa

nama botani yang dapat diterima dalam istilah ilmiah, yaitu *Glycine max* [L.] Merrill (Rukmana dan Yuniarsih, 1996).

Peningkatan produksi tanaman kedelai dapat ditempuh dengan upaya peningkatan produktivitas, peningkatan intensitas tanam dan perluasan areal tanam. Areal tanam yang masih banyak tersedia untuk penanaman kedelai meski kurang sesuai adalah areal tanah dari ordo Ultisol. Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006), kandungan hara pada tanah Ultisol umumnya rendah karena pencucian hara berlangsung intensif, kandungan bahan organik juga rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi. Solusi dalam mengatasi rendahnya kandungan hara, terutama hara makro P maka ditambahkan pupuk P anorganik. Rekomendasi dosis pemupukan P tergantung dari potensi lahan untuk budidaya tanaman kedelai. Potensi lahan tinggi menggunakan pupuk SP36 sebanyak 100 kg/ha sedangkan untuk lahan dengan potensi sedang membutuhkan pupuk SP36 sebanyak 150 kg/ha, pada lahan dengan potensi rendah jumlah pupuk SP36 diberikan dalam jumlah yang lebih banyak yaitu 250 kg/ha (Tim Balai Penelitian Tanah, 2005).

### **2.1.1 Syarat Tumbuh**

Tanaman kedelai menghendaki syarat tumbuh seperti ketinggian tempat, suhu, lama penyinaran dan curah hujan yang sesuai dengan kriterianya. Menurut Sugeng (2001), terdapat beberapa syarat tumbuh yang dikehendaki tanaman kedelai antara lain: ketinggian tempat, suhu, panjang hari, dan curah hujan.

### **2.1.1.1 Ketinggian Tempat**

Kedelai merupakan tanaman beriklim tropik. Tanaman ini menghendaki ketinggian tempat hingga 400 meter di atas permukaan laut (dpl). Tanaman kedelai dapat hidup di tanah subur hingga kurus. Produksi tanaman kedelai akan baik apabila dalam budiyanya tidak tergenang air. Saat tanaman muda, bibit memerlukan air dalam jumlah yang cukup akan tetapi kebutuhan air menurun sejalan dengan fase pertumbuhannya.

### **2.1.1.2 Suhu**

Selain ketinggian tempat dan kebutuhan air, suhu merupakan faktor eksternal yang mempengaruhi pertumbuhan tanaman. Suhu lingkungan optimal untuk pertumbuhan kedelai yaitu  $24^{\circ}$ — $30^{\circ}$  C. Suhu tanah yang optimal dalam proses perkecambahan yaitu  $30^{\circ}$  C. Apabila suhu tanah saat penanaman benih  $< 15^{\circ}$  C proses perkecambahan benih akan lambat karena benih tertekan pada kondisi tanah yang sangat lembab. Akan tetapi, jika suhu tanah  $> 30^{\circ}$  C banyak benih yang tidak tumbuh karena mati. Hal ini dapat terjadi karena respirasi air dari dalam biji yang terlalu cepat sehingga benih kekurangan air untuk proses perkecambahan. Pembungaan pada tanaman kedelai menghendaki suhu lingkungan optimal yaitu  $24^{\circ}$ — $25^{\circ}$  C.

### **2.1.1.3 Panjang Hari (*Photoperiode*)**

Tanaman kedelai termasuk kedalam tanaman hari pendek yang artinya sangat peka terhadap perubahan lama penyinaran. Tanaman ini tidak akan berbunga apabila penyinarannya melebihi batas kritis, yaitu 15 jam/hari. Lama penyinaran

berpengaruh terhadap produksi polong kedelai. Apabila kebutuhan lama penyinaran kurang dari yang dikehendaki maka kedelai akan berbunga lebih awal. Selain itu, batang tanaman kedelai lebih pendek dari ukuran normal dengan ukuran buku subur juga ikut pendek.

#### **2.1.1.4 Curah Hujan**

Kebutuhan air tanaman kedelai bervariasi tergantung dari stadia pertumbuhan, kondisi iklim dan sistem pengelolaan tanamannya. Faktor terpenting pada distribusi curah hujan adalah jumlahnya merata sehingga kebutuhan air pada tanaman kedelai dapat terpenuhi. Air pada tanaman kedelai sangat diperlukan saat stadia kecambah hingga akhir stadia vegetatif aktif dan saat stadia pembentukan polong, sedangkan kebutuhan air tidak sebanyak seperti stadia awal pertumbuhan saat memasuki stadia reproduktif awal hingga *senesens*. Jumlah curah hujan yang diperlukan selama masa pertumbuhan tanaman kedelai berkisar antara 350—450 mm.

#### **2.1.2 Bintil Akar dan Fiksasi Nitrogen**

*Rhizobium japonicum* merupakan bakteri penambat N<sub>2</sub> di atmosfer yang berasosiasi dengan akar tanaman dari keluarga leguminoceae (Setiadi, 2003). Bakteri ini mampu mengadakan kerjasama dengan tanaman legum dengan membentuk bintil-bintil akar (nodul) dan mampu memfiksasi nitrogen bebas di udara (Djuber dan Suprpto, 1985). Hidayat (1985) menyatakan bahwa nodul yang terbentuk pada akar tanaman dapat dilihat saat 5—7 hari setelah benih

berkecambah. Indikasi adanya aktifitas bakteri *Rhizobium japonicum* yaitu terlihat perbedaan warna bintil akar yang merah (Suryatini, 2012).

Kemampuan *Rhizobium japonicum* dalam memfiksasi  $N_2$  akan bertambah seiring dengan bertambahnya umur tanaman. Kemampuan ini akan mencapai batas maksimal saat tanaman memasuki stadia reproduktif awal hingga stadia pengisian polong. Setelah stadia pengisian polong selesai, kemampuan memfiksasi menurun bersamaan dengan banyaknya bintil akar yang tua dan luruh (Prasastyawati dan Rumawas, 1980).

## **2.2 Tanah Ultisol**

Ultisol memiliki sebaran yang sangat luas. Sumatra menempati urutan ke dua setelah kalimantan yaitu sekitar 9.469.000 ha (Subagyo dkk., 2004). Buruknya sifat fisik dan kimia tanah ini disebabkan oleh curah hujan yang tinggi pada tahap awal pembentukan. Hal ini sesuai dengan pernyataan Tejoyuwono (2006) yang menyatakan bahwa berbagai akibat muncul pada tanah Ultisol karena cara pembentukannya. Pembentukan tanah Ultisol sangat intensif, pembentukannya berlangsung dengan cara pelapukan pada kondisi iklim tropika dan subtropika yang memiliki suhu panas dan curah hujan yang tinggi. Suhu panas dan curah hujan yang tinggi dapat menyebabkan erosi sehingga kandungan mineral dan bahan organik tanah tercuci selain itu hidrolisis dan asidiolisis pun terpacu kuat.

### 2.3 Pupuk Kandang

Bahan organik merupakan senyawa-senyawa organik kompleks yang sedang atau telah mengalami proses dekomposisi. Menurut Nurheti (2009), pupuk kandang dibedakan menjadi pupuk kandang segar dan busuk. Pupuk kandang segar yaitu kotoran hewan yang baru keluar dan kadang masih tercampur urin serta sisa makanan hewan tersebut. Sedangkan pupuk kandang busuk artinya kotoran hewan yang telah lama disimpan sehingga telah mengalami proses fermentasi. Menambah kandungan unsur hara, mendukung pertumbuhan mikroorganisme serta mampu memperbaiki struktur tanah merupakan beberapa manfaat yang diberikan bahan organik untuk tanah (Mayadewi, 2007). Hermawansyah (2013), menyimpulkan bahwa pupuk kandang (sapi, kambing, dan ayam) dapat mendukung pertumbuhan *Azotobacter* sp dan tanaman kacang tanah. Pujisiswanto dan Pangaribuan (2008) menyimpulkan bahwa bahan organik berupa pupuk kandang sapi matang dapat memperbaiki pertumbuhan dan produksi tomat tetapi produksi tomat masih menunjukkan respon linier karena belum diperoleh dosis optimum. Siregar (2012) menyimpulkan bahwa pemberian pupuk kandang sapi memberikan pengaruh terhadap tinggi tanaman, jumlah polong per tanaman, produksi biji per tanaman, dan biji per plot tanaman kedelai.

### 2.4 Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA)

Mikoriza adalah suatu struktur sistem perakaran yang termasuk sebagai manifestasi adanya simbiosis mutualisme antara fungi (*Myces*) dan perakaran (*Rhiza*) tumbuhan tinggi. Mikoriza, suatu bentuk asosiasi mutualisme antara

fungi (*Myces*) dan perakaran (*Rhiza*) tumbuhan tingkat tinggi, memiliki spektrum yang sangat luas baik segi tanaman inang, jenis fungi, mekanisme asosiasi, efektivitas, mikrohabitat maupun penyebarannya. Dalam fenomena ini jamur menginfeksi dan mengkoloni akar tanpa menimbulkan nekrosis sebagaimana biasa terjadi pada infeksi jamur patogen dan mendapatkan pasokan nutrisi secara teratur dari tanaman. Fungi tidak merusak atau membunuh tanaman inangnya tetapi memberi suatu keuntungan kepada tanaman inang (*host*) dimana tanaman inang menerima hara mineral, sedangkan fungi memperoleh senyawa karbon dari hasil fotosintesis tanaman inangnya (Salisbury dan Ross, 1995).

Cameron (2010) melaporkan bahwa tanaman yang diberi inokulan FMA mempunyai produktivitas yang lebih tinggi dibandingkan tanaman yang tumbuh tanpa diberi inokulan FMA. Sasli dan Ruliansyah (2012), membuktikan pada penelitian sebelumnya bahwa pemanfaatan mikoriza indigenous asal spesifik gambut mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung di lahan gambut. Hal ini terlihat dari peningkatan bobot 100 bulir pipilan kering jagung, bobot kering akar, dan serapan hara N, P, K, dan Mg. Hasil penelitian Iwan Sasli (2013) juga menyimpulkan bahwa pupuk hayati mikoriza arbuskula yang dihasilkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah gambut, serta mampu meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk fosfat, sehingga akan menekan biaya produksi tanaman pangan di lahan gambut.

Mikoriza memiliki peran yang penting bagi pertumbuhan dan perkembangan tanaman. Haris dan Adnan (2005) menyatakan bahwa pemberian cendawan mikoriza bermanfaat untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga hasil

yang diproduksi jauh lebih meningkat. Luas serapan hara oleh akar dapat ditingkatkan melalui miselium eksternal, sehingga pertumbuhan tanaman dapat meningkat. Mikoriza dapat merubah komposisi dan aktifitas mikroba tanah melalui peningkatan lingkungan *mycorrhizosphere*. Aktifitas biologi tanah ditingkatkan oleh mikroba yang menghasilkan zat sekresi dan adanya perubahan fisiologi akar tanaman. Pengendali hama dan penyakit tanaman yang menyerang melalui akar juga merupakan peranan dari mikoriza. Karbohidrat pada akar dimanfaatkan oleh mikoriza sebelum dikeluarkan sehingga patogen tidak mendapatkan makanan yang dapat mengganggu siklus hidupnya, mikoriza mampu membentuk substansi antibiotik untuk menghambat patogen, memacu perkembangan mikroba saprotifik di sekitar perakaran.

FMA mampu berkembang biak pada musim penghujan dan juga pada musim kemarau. Pada musim penghujan, mikoriza akan melakukan proses perkecambahan sedangkan pada musim kemarau mikoriza akan membentuk spora yang cukup banyak untuk mempertahankan kehidupannya. Yassir dan Budi (2007) menyatakan bahwa jumlah mikoriza lebih banyak ditemukan pada musim kemarau dibanding musim penghujan.

#### **2.4.1 Faktor-Faktor Yang Mempengaruhi Infeksi FMA**

Menurut Suhardi (1989), faktor- faktor yang mempengaruhi adalah sebagai berikut:

#### 2.4.1.1 Tanaman Inang

Tanaman ini seharusnya (1) dapat beradaptasi dengan kondisi tanaman tersebut ditanam; (2) “*compatible*” dengan jenis FMA nya; (3) tumbuh cepat dan menghasilkan banyak akar; (4) tidak banyak mempunyai patogen terbawa tanah.

#### 2.4.1.2 Media Tumbuh

Tekstur yang kasar, berpasir dengan kapasitas pertukaran kation (KTK) yang tinggi yang mempunyai kemampuan mengurangi tersedianya P. Tanah berlempung yang kurang baik strukturnya kurang baik dipakai.

#### 2.4.1.3 Pemupukan

Terlalu banyak P tersedia menyebabkan kolonisasi FMA menurun. Penambahan P dengan “*rock phosphate*” lebih baik dibandingkan dengan TSP karena *rock phosphate* melepaskan P sedikit lebih lambat dibandingkan TSP. Pemberian lebih dari 100 ppm N (campuran  $\text{NO}_3^-$  dan  $\text{NH}_4^+$ ) menghambat kolonisasi FMA. Amonia lebih bersifat *toxic* dibandingkan dengan  $\text{NO}_3^-$  untuk perkembangan FMA. *Manganese* dan *Zinc* nampaknya menghambat berkecambahnya spora FMA, demikian juga *Copper*.

#### 2.4.1.4 Aerasi

Kondisi yang terlalu kering atau terlalu basah tidak disukai. Pada kondisi jenuh koloni FMA turun hingga 50%. Kurangnya  $\text{O}_2$  ternyata menghambat perkembangan spora dan kolonisasi akar.

#### **2.4.1.5 pH**

Banyak FMA yang dapat menyesuaikan diri terhadap kisaran pH yang luas misalnya *Glomus fasciculatum* bisa bertahan dari pH 5,5—9,5.

#### **2.4.1.6 Sinar dan Fotoperiode**

Intensitas dan lama penyinaran yang tinggi nampaknya meningkatkan pembentukan mikoriza, karena meningkatnya hasil fotosintesis sehingga memperbanyak eksudat pada akar. Lama penyinaran lebih berperan meningkatkan pembentukan FMA dibandingkan dengan intensitas sinar.

#### **2.4.1.7 Suhu**

Kolonisasi FMA semakin baik dengan semakin meningkatnya suhu, sampai tingkat pertumbuhan tanaman inang terganggu. Suhu 15<sup>o</sup>—30<sup>o</sup> C ternyata baik untuk produksi spora *Glomus fasciculatum* pada tanaman sorgum. Suhu tanah lebih penting dibandingkan dengan suhu udara terhadap infeksi FMA.

#### **2.4.1.8 Pemangkasan**

Pemangkasan dapat mengurangi kolonisasi FMA, hal ini dapat disebabkan karena menurunnya aliran hasil fotosintesis yang menuju ke akar.

#### **2.4.1.9 Penggunaan Zat-Zat Kimia**

Beberapa jenis pestisida menghambat terbentuknya spora, sedangkan beberapa yang lain justru bermanfaat. Contohnya: 1-3 D, ethazole, sodium azide, dan

captan meningkatkan kolonisasi FMA dengan cara meningkatkan pembentukan eksudat akar.

#### **2.4.2 Proses Infeksi dan Pembentukan FMA**

Menurut Imas dkk. (1989), pembentukan FMA selain ditentukan oleh tingkat efektivitas cendawan juga dipengaruhi oleh kondisi fisiologis akar. Infeksi dapat terjadi karena adanya persaingan antara akar yang bermikoriza dengan akar lain di dekatnya yang tidak bermikoriza. Infeksi dapat terjadi pada akar yang tumbuh pada tanah yang mengandung cendawan mikoriza. Akar yang baru muncul kontak dengan benang-benang hifa, kemudian terjadi penetrasi hifa dan terbentuklah jaringan hartig. Selain itu, infeksi akar dapat terjadi pada tanah yang mengandung spora yang kemudian berkembang menjadi hifa.

Menurut Harley dan Smith (1983), waktu yang diperlukan untuk terjadinya infeksi antara suatu cendawan dengan tanaman inangnya sangat bervariasi. Selain ditentukan oleh tingkat infektivitas dari simbiosisnya juga banyak ditentukan oleh faktor-faktor lingkungan. Sebagai contoh, pembentukan mantel cendawan *Pisholithus tiuctorius* pada akar pendek tanaman *Pinus strobus* terjadi pada 4—5 hari setelah inokulasi, dan setelah 9 hari mantel (*sheath*) dan jaringan hartig terbentuk sempurna. Percabangan yang dikotom baru terbentuk pada hari ke 12. Ewald Sieverding (1991) menyatakan bahwa, setelah melakukan penetrasi akar hifa berkembang di dalam dan di antara sel, arbuskul biasanya dibentuk 2—5 hari setelah penetrasi dan hidup hanya selama 4—15 hari.

### **III. BAHAN DAN METODE**

#### **3.1 Tempat dan Waktu Penelitian**

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu dan Laboratorium Produksi Perkebunan Fakultas Pertanian Unila pada bulan Agustus hingga November 2015.

#### **3.2 Bahan dan Alat**

Bahan yang digunakan dalam penelitian ini adalah kedelai Varietas Grobogan, pupuk kandang sapi, inokulum FMA campuran jenis *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., dan *Entrophospora* sp. sebanyak  $\pm$  1.000 spora, larutan KOH 10%, HCl 1%, *glycerol*, dan *trypan blue*. Pupuk kimia yang digunakan adalah Urea (25 kg/ha), KCl (150 kg/ha) sesuai dosis anjuran dan SP36 3/4 dosis anjuran untuk tanaman kedelai yaitu 187,5 kg/ha atau 0,13 g Urea, 0,75 g KCl, dan 0,94 g SP36 untuk 10 kg media tanam. Media tanam yang digunakan yaitu tanah Ultisol dari Balai Penelitian Tanah, Taman Bogo. Hasil analisis tanah awal menunjukkan bahwa media yang digunakan memiliki kandungan pH, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, C-organik, dan N-total yang tergolong rendah (Tabel. 70)

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini antara lain mikroskop stereo dan majemuk, kaca preparat, cawan petri, pinset, timbangan elektrik dan kiloan, oven listrik, *cover glass*, dan saringan mikro (ukuran 500 $\mu$ m, 150 $\mu$ m dan 45 $\mu$ m), polibeg ukuran 15 kg, cangkul, selang air, label sampel, gunting, meteran, tali rafia, plastik, karung, buku tulis, spidol, *camera digital*, dan pena.

### 3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah dan menguji hipotesis, penelitian ini diterapkan dalam rancangan perlakuan faktorial (2x5) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi fungi mikoriza arbuskula (M) yang terdiri atas dua taraf, yaitu tanpa aplikasi FMA ( $M_0$ ) dan dengan aplikasi FMA ( $M_1$ ). Faktor kedua adalah pupuk kandang sapi (K) yang terdiri atas lima taraf yaitu ( $K_0$ ) 0 ton/ha, ( $K_1$ ) 5 ton/ha, ( $K_2$ ) 10 ton/ha, ( $K_3$ ) 15 ton/ha, dan ( $K_4$ ) 20 ton/ha pupuk kandang sapi. Dengan demikian diperoleh 10 kombinasi perlakuan dan masing-masing perlakuan diulang sebanyak 3 kali, sehingga terdapat 30 satuan perlakuan. Setiap satuan percobaan diterapkan pada pot percobaan menurut Rancangan Kelompok Teracak Sempurna (RKTS). Susunan kombinasi perlakuan FMA dan pupuk kandang disajikan pada Tabel 1. Homogenitas ragam antar perlakuan diuji dengan Uji Bartlett dan kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi, maka dilakukan analisis ragam. Pemisahan nilai tengah diuji dengan uji Polinomial Ortogonal dengan peluang melakukan kesalahan ditentukan sebesar 0,05 dan 0,01. Koefisien perbandingan Polinomial Ortogonal disajikan pada Tabel 2.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan FMA dan pupuk kandang.

Perlakuan	Keterangan
M <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	tanpa aplikasi FMA + 0 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	tanpa aplikasi FMA + 5 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	tanpa aplikasi FMA + 10 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>0</sub> K <sub>3</sub>	tanpa aplikasi FMA + 15 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>0</sub> K <sub>4</sub>	tanpa aplikasi FMA + 20 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	dengan aplikasi FMA + 0 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	dengan aplikasi FMA + 5 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	dengan aplikasi FMA + 10 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	dengan aplikasi FMA + 15 ton/ha pupuk kandang sapi
M <sub>1</sub> K <sub>4</sub>	dengan aplikasi FMA + 20 ton/ha pupuk kandang sapi

Tabel 2. Koefisien perbandingan polinomial ortogonal untuk pengaruh pemberian mikoriza dan dosis pupuk kandang terhadap pertumbuhan dan produksi tanaman kedelai.

Perbandingan	M <sub>0</sub>					M <sub>1</sub>				
	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>	K <sub>0</sub>	K <sub>1</sub>	K <sub>2</sub>	K <sub>3</sub>	K <sub>4</sub>
FMA										
P1: M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	-1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1
Pupuk Kandang (K)										
P2: K-Linier	-2	-1	0	+1	+2	-2	-1	0	+1	+2
P3: K-Kuadratik	+2	-1	-2	-1	+2	+2	-1	-2	-1	+2
Interaksi FMA x K										
P4: P1 x P2	+2	+1	0	-1	-2	-2	-1	0	+1	+2
P5: P1 x P3	-2	+1	+2	+1	-2	+2	-1	-2	-1	+2
Tanggapan K terhadap FMA pada										
P6: K <sub>0</sub> : M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0	0
P7: K <sub>1</sub> : M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0
P8: K <sub>2</sub> : M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0
P9: K <sub>3</sub> : M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	0	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0
P10: K <sub>4</sub> : M <sub>0</sub> vs M <sub>1</sub>	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	+1
Tanggapan FMA terhadap K pada M <sub>0</sub>										
P11: K-Linier	-2	-1	0	+1	+2	0	0	0	0	0
P12: K-Kuadratik	+2	-1	-1	-1	+2	0	0	0	0	0
Tanggapan FMA terhadap K pada M <sub>1</sub>										
P13: K-Linier	0	0	0	0	0	-2	-1	0	+1	+2
P14: K-Kuadratik	0	0	0	0	0	+2	-1	-2	-1	+2

Keterangan:

M<sub>0</sub> = Tanpa aplikasi FMA    M<sub>1</sub> = dengan aplikasi FMA    K<sub>0</sub> = 0 ton/haK<sub>1</sub> = 5 ton/ha                    K<sub>2</sub> = 10 ton/ha                    K<sub>3</sub> = 15 ton/haK<sub>4</sub> = 20 ton/ha

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan adalah tanah Ultisol yang dicampur dengan pupuk kandang sapi sesuai dengan perlakuan yang diterapkan. Tanah jenis Ultisol dikering udarakan kemudian dihancurkan hingga remah setelah itu ditimbang 10 kg/polibeg sebelum dimasukkan ke dalam polibeg dicampur dengan pupuk kandang sapi sesuai dosis perlakuan yang telah ditentukan. Setelah semua media tanam selesai dimasukkan kedalam polibeg selanjutnya disusun mengikuti rancangan percobaan yang telah ditetapkan yaitu Rancangan Kelompok Teracak Sempurna (RKTS). Tata letak percobaan dapat dilihat pada Gambar 1.

I		II		III	
M <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>3</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>4</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>4</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>1</sub>
M <sub>1</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>2</sub>
M <sub>1</sub> K <sub>4</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>4</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>2</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>4</sub>
M <sub>0</sub> K <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>3</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>0</sub>
M <sub>0</sub> K <sub>4</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>3</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>1</sub>	M <sub>1</sub> K <sub>0</sub>	M <sub>0</sub> K <sub>3</sub>

Gambar 1. Tata letak percobaan.

#### 3.4.2 Penanaman Benih dan Inokulasi Mikoriza

Benih kedelai ditanam pada media tanam yang telah disediakan. Satu lubang tanam diisi dengan 2 benih kedelai, bertujuan untukantisipasi apabila ada satu benih yang mati maka masih ada satu benih yang akan hidup. Sebelum menanam, benih disemai terlebih dahulu hingga berkecambah. Selanjutnya, pada media

tanam dibuat lubang dengan menggunakan centong untuk aplikasi spora mikoriza. Media tanam dibasahi kemudian spora mikoriza diaplikasikan didinding serta dasar lubang. Setelah benih ditanam selanjutnya disiram menggunakan gembor hingga media tanam lembab. Inokulasi mikoriza dilakukan berdasarkan dosis yang telah ditetapkan. Aplikasi mikoriza pada media tanam yaitu saat penanaman benih kedelai dilakukan. Hal ini bertujuan agar mikoriza dapat cepat menginfeksi tanaman yang telah berkecambah dan memiliki akar.

### **3.4.3 Pemeliharaan**

Pemeliharaan tanaman dilakukan selama  $\pm$  3 bulan hingga tanaman dipanen. Selama kurun waktu tersebut dilakukan penyiraman, pemupukan dan penyiangan gulma. Sebelum melakukan pemupukan, pupuk ditimbang terlebih dahulu masing-masing seberat 0,13 g Urea, 0,75 g KCl, dan 0,94 g SP36 dengan menggunakan timbangan elektrik. Pemupukan dilakukan pada minggu pertama dan kedua setelah tanam untuk pupuk Urea sedangkan KCl dan SP36 hanya pada minggu pertama. Pemupukan diaplikasikan dengan cara ditaburkan pada media tanam dengan jarak 4—5 cm dari batang tanaman, setelah itu disiram dengan air agar pupuk dapat larut. Penyiraman dilakukan pada pagi dan sore hari, semua perlakuan mendapatkan jumlah air yang sama yaitu 480 ml dengan menggunakan bekas gelas minuman. Pengendalian gulma pada media tanam dilakukan secara manual dengan cara mencabutnya. Pengendalian hama juga dilakukan secara manual dengan mengambil dan membunuh serangga yang bersifat sebagai hama.

### **3.5 Pengamatan**

#### **3.5.1 Tinggi Tanaman**

Tinggi tanaman diukur dari pangkal batang yang berada di atas permukaan tanah hingga titik tumbuh tertinggi yang berada diujung tanaman. Pengukuran dilakukan 1 minggu setelah tanam (MST) hingga memasuki fase vegetatif maksimal.

#### **3.5.2 Jumlah Cabang**

Cabang yang dihitung adalah cabang primer dan cabang sekunder. Semua cabang dihitung mulai dari cabang yang pertama kali keluar hingga tanaman mengeluarkan bunga.

#### **3.5.3 Bobot Tajuk Kering**

Bobot tajuk kering dihitung dengan cara menimbang tajuk tanaman dalam keadaan kering oven hingga beratnya konstan. Bobot tajuk tanaman diamati ketika memasuki fase vegetatif maksimal.

#### **3.5.4 Bobot Akar Kering**

Bobot akar kering dihitung dengan cara menimbang akar tanaman dalam keadaan kering oven hingga beratnya konstan. Bobot akar tanaman juga diamati ketika memasuki fase vegetatif maksimal.

### 3.5.5 Persen Infeksi Akar Oleh FMA

Pengukuran dilakukan pada saat vegetatif maksimal. Sampel akar diambil secara acak sebanyak 1 g/sampel kemudian dicuci sampai bersih dan dimasukkan ke dalam botol film. Akar tanaman dibersihkan dari sitoplasma dengan larutan KOH 10%, kemudian diasamkan dengan larutan HCl 1% dan selanjutnya diwarnai dengan *trypan blue* 0,05%. Akar yang sudah diwarnai dipotong-potong sepanjang  $\pm 2$  cm, disusun di atas gelas preparat sebanyak 15 lembar, kemudian diamati di bawah mikroskop majemuk (Rini dan Rozalinda, 2010). Penghitungan infeksi akar dilakukan dengan rumus sebagai berikut:

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

### 3.5.6 Serapan P Tanaman Kedelai

Pengukuran unsur P dilakukan pada saat vegetatif maksimal. Untuk mengetahui serapan P yang ada di dalam jaringan tanaman digunakan metode pengabuan kering. Pengamatan serapan P dilakukan dengan mencabut akar tanaman kedelai, kemudian dipisahkan dengan bagian tajuknya. Bagian tajuk tanaman kemudian dikeringkan, digiling, dan diabukan setelah itu dianalisis di Laboratorium.

### 3.5.7 Jumlah Polong Per Tanaman

Polong kedelai dalam satu tanaman dijumlah secara manual saat polong masih berada di tanaman kedelai.

### **3.5.8 Bobot Polong Per Tanaman**

Bobot polong per tanaman dihitung dengan cara menimbang seluruh polong per tanaman setiap perlakuan menggunakan timbangan elektrik. Polong ditimbang pada kondisi kering angin.

### **3.5.9 Jumlah Biji Per Tanaman**

Penghitungan jumlah biji per tanaman dilakukan dengan cara menjumlahkan seluruh biji kedelai dari semua polong kedelai per tanaman pada masing-masing perlakuan.

### **3.5.10 Bobot 20 Butir Biji**

Jumlah biji per tanaman ditimbang dengan timbangan elektrik. Bobot 20 butir biji per tanaman dihitung dengan cara menimbang biji kedelai yang diambil secara acak sebanyak 20 biji dengan timbangan elektrik pada kondisi kering angin.

## V. KESIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Kesimpulan

Berdasarkan penelitian yang telah dilakukan, maka diperoleh kesimpulan sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA mampu meningkatkan produksi tanaman kedelai pada tanah Ultisol melalui variabel pengamatan jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan bobot 20 butir biji.
2. Aplikasi pupuk kandang hingga dosis 20 ton/ha masih meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai melalui variabel tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot akar kering, bobot tajuk kering, serapan P tanaman, jumlah polong per tanaman, bobot polong per tanaman, jumlah biji per tanaman, dan bobot 20 butir biji.
3. Respons tanaman kedelai pada Ultisol akibat aplikasi FMA tidak dipengaruhi oleh dosis pupuk kandang yang diaplikasikan.
4. Belum terdapat dosis pupuk kandang optimum untuk aplikasi FMA pada tanaman kedelai.

## **5.2 Saran**

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyarankan untuk melakukan penelitian lebih lanjut yang langsung dilakukan di lahan budidaya dengan aplikasi pupuk kandang lebih dari dosis yang digunakan. Hal tersebut bertujuan mengetahui responsnya terhadap aplikasi FMA dan dosis pupuk kandang pada tanaman kedelai yang dibudidayakan.

## PUSTAKA ACUAN

- Adiningsih, J. S. dan Mulyadi. 1993. Alternatif Teknik Rehabilitasi dan Pemanfaatan Lahan Alang-Alang. Pusat Penelitian Tanah dan Agroklimat. *Badan Litbang Pertanian*. Hal. 29—50.
- Ai, N. S. dan Torey, P. 2013. Karakter Morfologi Akar Sebagai Indikator Kekurangan Air pada Tanaman. *Jurnal Bioslogos*. 3 (1): 31—39.
- Aldeman, J. M. dan Morton, J. B. 2006. Infectivity of Vesicular Arbuscular Mychorrhizal Fungi Influence Host Soil Diluent Combination on MPN Estimates and Percentage Colonization. *Soil Biol Biochem Journal*. 8 (1): 77—83.
- Balittanah. 2009. Pupuk Anorganik dan Pengelolaannya. <http://balittanah.litbang.deptan.go.id>. 8 Oktober 2014.
- Bertham, Rr. Y. H. dan Sukarjo, E. I. 2009. Dampak Inokulasi Ganda Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Rhizobium Indegenous pada Tiga Genotip Kedelai di Tanah Ultisol. *Jurnal Akta Agrosia*. 12 (2): 155—166.
- BPS. 2015. *Produksi Tanaman Pangan Tahun 2015*. Badan Pusat Statistik. Jakarta. 155 hal.
- Cameron, D. D. 2010. Arbuscular Mycorrhizal Fungi as (Agro) Ecosystem Engineers. *Journal of Plant Soil*. 333 (1): 1—5.
- Clarke, C. dan Mosse, B. 1981. Plant Growth Responses to Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza. XII. Field inoculation responses of barley at two soil P Level. *New Phytologist*. Hal. 695—703.
- Danarti dan Najiyati, S. 1992. *Palawija, Budidaya dan Analisis Usahatani*. Penebar Swadaya. Jakarta.

- Daniels, B. A. dan Trappe, J. M. 1980. Factors affecting germination of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungus *Glomus epigaeum*. *Mycologia*. 72: 457—471.
- Djazuli, M. 2011. Pengaruh Pupuk P dan Mikoriza Terhadap Produksi dan Mutu *Simplisia Purwoceng*. Balai Penelitian Tanaman Obat dan Aromatik. Bogor. *Bul. Litro*. 22 (2) : 147—156.
- Ewald Sieverding. 1991. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhiza Management in Tropical Agrosystems*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GZT) GmbH. Germany.
- Faryabi, E., Abdossi, V., Sibi, M., dan Marzban, Z. 2015. Effects Of Dual Inoculation of Mycorrhizal Arbuskular Fungi and Rhizobium Bacteria on Yield and Potassium Content of Corn Grains and Green Bean Under Intercropping. *Journal of Novel Applied Science*. 4 (6): 703—708.
- George, E., Haussler, K., Kothari, S. K., Li, X. L., dan Marschner, H. 1992. Contribution of Mycorrhizal Hyphae to Nutrient and Water Uptake of Plants. In: *Mycorrhizas in Ecosystems*. Eds. Read, D.J., Lewis, D.H., Fitter, A.H., Alexander, I.J. Cambridge University Press, Cambridge. Hal. 42—47.
- Gonzalez, R. F. dan Cooperband, L. R. 2002. Compost Effects on Soil Physical Properties and Field Nursery Production. *Compost Sci and Util*. 10 (3): 226—237.
- Hapsoh. 2003. Kompatibilitas MVA dan beberapa Genotipe Kedelai pada berbagai Tingkat Cekaman Kekeringan Tanah Ultisol: Tanggap Morfofisiologi dan hasil [Disertasi]. *Pascasarjana Institut Pertanian Bogor*.
- Hardjowigeno, S. 1983. *Ilmu Tanah*. Akademika Pressindo. Jakarta.
- Harian Kompas. 2016. *Impor Kedelai Mencapai 2,26 Juta Ton*. <http://print.kompas.com>. Diakses Senin 31 Oktober 2016.
- Harley, J. L. dan Smith, S. E. 1983. *Mycorrhizal Symbiosis*. Academic Press. London. 483 hal.
- Hermawansyah, A. 2013. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang (Sapi, Kambing, dan Ayam) Terhadap Kemelimpahan Azotobacter sp dan Pertumbuhan Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L*). Skripsi. *Universitas Islam Negeri Sunan Kalijaga*. Yogyakarta.
- Hsieh, S. C. dan Hsieh, C. F. 1990. The Use of Organic Matter in Crop Production Food and Fertilizer Technology Centre. *Extension Bulletin*. 315 hal.

- Imas, T., Hadloetomo, R. S., Gunawan, A. W., dan Setiadi, Y. 1989. *Mikrobiologi Tanah II. Institut Pertanian Bogor.*
- Juarsah, I. 2000. Manfaat dan Alternatif Penggunaan Pupuk Organik pada Lahan Kering Melalui Pertanaman Leguminosa. *Prosiding Kongres Nasional VII HITI.* Bandung. Hal. 891—899.
- Kartahadimaja, J., Wentasari, R., dan Sesanti, R. N. 2010. Pertumbuhan dan Produksi Polong Segar Edamame Varietas Rioko pada Empat Jenis Pupuk. *Jurnal Agrovivor.* 3 (2): 131—137.
- Mayadewi, A. 2007. Pengaruh Jenis Pupuk Kandang dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan Gulma Hasil Jagung Manis. *Jurnal Agritrop.* 26 (4): 153—159.
- Mulyani. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan.* Rineka Cipta. Jakarta.
- Munir, M. 1996. *Tanah-tanah Utama di Indonesia.* PT Pustaka Jaya. Jakarta.
- Nurbaity, A., Herdiyantoro, D., dan Setiawan, A. 2007. Aplikasi Fungi Mikoriza Arbuskula dan Bahan Organik untuk Meningkatkan Ketahanan Tanaman Jagung terhadap Kekeringan di Kabupaten Bndung. *Prosiding Seminar dan Kongres Nasional Masyarakat Konservasi Tanah Indonesia ke VI.*
- Notohadiprawiro, T. 2006. Ultisol, Fakta dan Implikasi Pertaniannya. *Repro: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada.* Yogyakarta.
- Pasaribu, D. dan Suprpto, S. 1985. *Pemupukan NPK Pada Kedelai.* Balai Penelitian Tanaman Pangan Bogor. Bogor.
- Pattimahu, D. V. 2004. Restorasi Lahan Kritis Pasca Tambang Sesuai Kaidah Ekologi. *Makalah Falsafah Sains.* Program Pascasarjana/S3 Institut Pertanian Bogor.
- Poerwowidodo. 1992. *Telaah Kesuburan Tanah.* Angkasa. Bandung.
- Pujisiswanto, H. dan Pangaribuan, D. 2008. Pengaruh Dosis Kompos Pupuk Kandang Sapi Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Buah Tomat. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II 2008.*
- Prasastyawati, D. dan Rumawas, F. 1980. Perkembangan Bintil Akar *Rhizobium japonicum* pada Kedelai. *Bul. Agron.* 21 (1): 1—9.
- Prasetyo, B. H. dan Suriadikarta, D. A. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian.* 25 (2): 39—46.

- Rini, M. V. dan Rozalinda, V. 2010. Pengaruh Tanaman Inang dan Media Tanam Pada Produksi Fungi Mikoriza Arbuskular. *Jurnal Agrotropika*. 15 (1): 37—43.
- Rukmana, S. K. dan Yuniarsih, Y. 1996. *Kedelai Budidaya, Panen, Pasca Panen*. Kanisius. Yogyakarta.
- Salikin, K. A. 2003. *Sistim Pertanian Berkelanjutan*. Cetakan ke-3. Kanisius. Yogyakarta.
- Salisbury, F. B. dan Ross, C. W. 1995. *Fisiologi Tumbuhan jilid II: Biokimia Tumbuhan*. Terjemahan Lukman, D.R., dan Sumaryono. ITB Press. Bandung.
- Sarief, S. 1989. *Fisika-Kimia Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung.
- Sasli, I. dan Ruliansyah, A. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula Spesifik Lokasi untuk Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut. *Jurnal Agrovigor*. 5 (2): 65—74.
- Sasli, I. 2013. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pupuk Hayati Mikoriza Arbuskula Hasil Rekayasa Spesifik Gambut. *Jurnal Agrovigor*. 6 (1): 73—80.
- Setiadi, Y. 2003. Arbuscular Mycorrhizal Inokulum Production. *Program dan Abstrak Seminar dan Pameran: Teknologi Produksi dan Pemanfaatan Inokulan Endo - Ektomikoriza untuk Pertanian, Perkebunan, dan Kehutanan*. 16 September 2003. Bandung. Hal. 10.
- Sasmitamihardja, D. and Siregar, A. H. 1996. *Fisiologi Tumbuhan*. Proyek Pendidikan Akademik Dirjen Dikti. Depdikbud. Bandung. Hal. 253—281.
- Simanungkalit, R. D. M. dan. Lukiwati, D. R. 2001. Growth and Nutrient Uptake of *Calliandra calothyrsus* ss Affected by Arbuscular Mycorrhizal Inoculation and Application of Two Diffrent Phosphate Forms. *Paper presented at the Third International Conference On Mycorrhizas*. October 8-13, 2001. Adelaide, Australia.
- Siregar, A. H. 2012. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi pada Berbagai Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium cepa* L.) dan Kedelai (*Glycine max* L. Merril) dalam Sistem Tumpangsari. Skripsi. *Universitas Andalas*.
- Soedarmo dan Djojoprawiro. 1984. *Fisika Tanah Dasar Bagian Konservasi Tanah dan Air Fakultas Pertanian*. IPB. Bogor.

- Soil Survey Staff. 2003. Keys to Soil Taxonomy. *USDA, Natural Research Conservation Service. Ninth Edition.* Washington DC.
- Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah.* Proyek Peningkatan Pengembangan Perguruan Tinggi IPB. Bogor.
- Subagyo, H., Suharta, N., dan Siswanto, A.B. 2004. Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. Hlm. 21–66. Dalam Adimihardja, A., Amien, L.I.F., Agus, D., Djaenudin (Ed). Sumberdaya Lahan Indonesia dan Pengelolaannya. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat.* Bogor.
- Sugeng, H. R. 2001. *Bercocok Tanam Palawija.* Cv. Aneka Ilmu. Semarang.
- Suhardi. 1989. *Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA).* PAU – bioteknologi Universitas gadjah mada. Yogyakarta.
- Sukmawati. 2013. Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pemberian Pupuk Organik, Inokulasi FMA, dan Varietas Kedelai di Tanah Pasiran. *Media Bina Ilmiah.* 7 (4): 26—31.
- Suryantini. 2012. Rhizobium Indigenus dan Pengaruhnya Terhadap Keberhasilan Inokulasi. *Buletin Palawija.* Hal. 92—98.
- Sutanto, R. 2002. *Pertanian organik.* Kanisius. Yogyakarta.
- Talanca, H. A. dan Adnan, A. M. 2005. Mikoriza dan Manfaatnya. Balai Penelitian Tanaman Serelia. *Prosiding Seminar Ilmiah dan Pertemuan Tahunan PEI dan PFI XVI Komda Sul-Sel.*
- Tawakkal, M. I. 2009. Respons Pertumbuhan dan Produksi Beberapa Varietas Kedelai (*Glycine max* L.) Terhadap Pemberian Pupuk Kandang Kotoran Sapi. Skripsi. *Universitas Sumatera Utara.* Medan.
- Tim Balai Penelitian Tanah. 2005. Rekomendasi Pemupukan Tanaman Kedelai Pada Berbagai Tipe Penggunaan Lahan. *Balai Penelitian Tanah.* Bogor.
- Tinker, P. B., Durall, D. M., dan Jones, M. D. 1994. Carbon Use Efficiency in Mycorrhizas: Theory and Sample Calculations. *The New Phytologist.* 128: 115—122.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah: Dasar Kesehatan dan Kualitas Tanah.* Gava Media. Yogyakarta.
- Yassir, I. dan Wilarso, S. 2007. Potensi dan Status Cendawan Mikoriza Arbuskula (CMA) pada Lahan Kritis di Samboja, Kalimantan Timur. *Pusat penelitian dan pengembangan hutan dan konservasi alam Bogor.* 4 (2): 139—151.

Yuliarti, N. 2009. *1001 Cara Menghasilkan Pupuk Organik*. Lily Publisher. Bandung.

Yusnaini, S. 2009. Keberadaan Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Pertanaman Jagung yang Diberi Pupuk Organik dan Inorganik Jangka Panjang. *J. Tanah Trop.* 14 (3): 253—260.