RESPONS TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) TERHADAP APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN DOSIS BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOLS

(Skripsi)

Oleh

HUSNA

FAKULTAS PERTANIAN
UNIVERSITAS LAMPUNG
BANDAR LAMPUNG
2016

ABSTRAK

RESPONS TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) TERHADAP APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN DOSIS BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOLS

Oleh

HUSNA

Aplikasi FMA dan dosis bahan organik diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada tanah Ultisols. Penelitian ini bertujuan untuk (1) mengetahui pengaruh aplikasi FMA terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau; (2) mengetahui respons pertumbuhan dan produksi kacang hijau terhadap aplikasi bahan organik; dan (3) mengetahui apakah respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA ditentukan oleh dosis bahan organik.

Percobaan dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Laboratorium Produksi Perkebunan Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung 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 yang terdiri dari dua taraf yaitu tanpa FMA (M_0) dan dengan FMA (M_1). Faktor kedua adalah dosis bahan

organik yang terdiri dari lima taraf yaitu B_0 (0 ton/ha), B_1 (5 ton/ha), B_2 (10 ton/ha), B_3 (15 ton/ha), dan B_4 (20 ton/ha). Homogenitas ragam antarperlakuan diuji dengan uji Bartlet dan kemenambahan data diuji dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam antar perlakuan homogen dan data bersifat menambah, maka data dianalisis ragam. Pemisahan nilai tengah diuji dengan uji polinomial ortogonal pada taraf 5%.

Hasil penelitian menunjukkan bahwa (1) aplikasi FMA meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau lebih tinggi melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot akar segar, bobot tajuk kering, bobot akar kering, jumlah bintil, jumlah bintil efektif, serapan P, bobot 50 butir biji, bobot biji per tanaman, dan persentase infeksi akar; (2) pemberian bahan organik hingga dosis 20 ton/ha mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau melalui variabel tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot tajuk segar, bobot akar segar, jumlah bintil, jumlah bintil efektif, serapan P, bobot 50 butir biji, bobot biji per tanaman; (3) respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA tidak ditentukan oleh dosis bahan organik.

Kata kunci: Bahan organik, FMA, Kacang hijau

RESPONS TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) TERHADAP APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN DOSIS BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOLS

Oleh

Husna

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	: **RESPONS TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) TERHADAP APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN DOSIS BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOLS**
Nama Mahasiswa	: **Husna**
Nomor Pokok Mahasiswa	: 1114121103
Program Studi	: Agroteknologi
Fakultas	: Pertanian

MENYETUJUI

1. Komisi Pembimbing

Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P.	**Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.**
NIP 196411181989021002	NIP 196603041990122001

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 : **Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.** .....

Penguji
Bukan Pembimbing : **Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.** .....

2. Dekan Fakultas Pertanian

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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : **16 Agustus 2016**

SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul "RESPONS TANAMAN KACANG HIJAU (*Phaseolus radiatus* L.) TERHADAP APLIKASI FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR DAN DOSIS BAHAN ORGANIK YANG BERBEDA PADA TANAH ULTISOLS" merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini, saya kutip dari hasil 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 akademik yang berlaku.

Bandar Lampung,
Pembuat Pernyataan

METERAI TEMPEL
TGL 20
94BDDADF650547269
6000
ENAM RIBU RUPIAH

Husna
NPM 1114121103

RIWAYAT HIDUP

Penulis dilahirkan di Desa Raman Aji, Kecamatan Raman Utara, Kabupaten Lampung Timur pada tanggal 12 Desember 1993 sebagai anak terakhir dari empat bersaudara pasangan Bapak Sumaryono dan Ibu Wiwik Siti Rahayu.

Penulis menyelesaikan pendidikan Taman Kanak-kanak (TK) Bhina Putra tahun 1998; SD Negeri 2 Raman Aji tahun 2005; SMP Ma'arif 5 Metro tahun 2008, dan SMA Negeri 3 Metro tahun 2011. Pada tahun 2011, penulis terdaftar sebagai mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN) Tertulis.

Penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum di PT Great Giant Pineapple, Kecamatan Terbanggi Besar, Kabupaten Lampung Tengah pada bulan Juli sampai Agustus 2014. Pada bulan Januari sampai Februari 2015, penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) Tematik di Desa Sendang Agung, Kecamatan Sendang Agung, Kabupaten Lampung Tengah.

Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan akademis. Penulis pernah menjadi asisten dosen untuk beberapa mata kuliah yaitu Teknologi Benih (2014), Pengendalian Penyakit Tanaman (2015), Produksi Tanaman Rempah dan Fitofarmaka (2015), dan Pengelolaan Kebun Kelapa Sawit (2015).

“Menuntut ilmu adalah taqwa,
menyampaikan ilmu adalah ibadah,
mengulang-ulang ilmu adalah dzikir,
mencari ilmu adalah jihad.”
(Imam Al-Ghazali)

“Sesungguhnya Allah beserta orang-orang yang sabar.”
(Q.S Al-Baqarah: 153)

“Orang-orang yang sukses telah belajar membuat diri mereka melakukan hal yang harus dikerjakan ketika hal itu memang harus dikerjakan, entah mereka menyukainya atau tidak.” (Aldus Huxley)

Puji syukur kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan berkat dan rahmat-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Penulis persembahkan karya sederhana buah perjuangan dan kerja keras kepada ayahanda tercinta Sumaryono dan ibunda tercinta Wiwik Siti Rahayu yang telah memberikan doa dan dukungan serta kasih sayang yang tidak ternilai, kakak-kakak tersayang Alif Nanang Wahyono, Habib Syartoni, dan Ratri Luqmana Sari atas cinta kasih yang begitu besar.

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

SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kehadirat Allah SWT, karena atas limpahan rahmat dan hidayah-Nya skripsi ini dapat terselesaikan.

Dalam kesempatan ini, penulis mengucapkan terimakasih kepada:

1. 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.
2. Ibu Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku Pembimbing Kedua atas bimbingan, bantuan, nasehat, motivasi, dan kesabaran dalam menyelesaikan skripsi.
3. Ibu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Penguji bukan Pembimbing dan sekaligus Ketua Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas saran, pengarahan, dan nasehat untuk perbaikan penulisan skripsi ini.
4. Ibu Ir. Yayuk Nurmiaty, M.S., selaku Pembimbing Akademik atas kasih sayang, bimbingan, nasehat, dan motivasi kepada penulis selama menjadi mahasiswa.
5. 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.

6. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung yang telah mensahkan skripsi ini.
7. Ayahanda Sumaryono dan Ibunda Wiwik Siti Rahayu serta kakak-kakak penulis Alif Nanang Wahyono, S.E., Habib Syartoni, S.Pt., dan Ratri Luqmana Sari, S.Hi. atas doa, kasih sayang, dukungan, dan nasehat yang diberikan.
8. Teman seperjuangan penulis, Maulana Malik atas bantuan dan semangat selama pelaksanaan penelitian.
9. Teman-teman Laboratorium Produksi Perkebunan: Anggun D. Puspitasari, S.P., Retta Ramadhina Rias, S.P., dan Novry Dwi Damayanti, S.P. yang telah memberikan bantuan dan nasehat selama pelaksanaan penelitian dan penyelesaian skripsi.
10. Sahabat-sahabat tercinta: Peni Yulianti, Margaretha S. Gadmor, Melshella Ferinda, Indah Pratiwi, Mutia K. Wardani, Mufli H. Salamah, Nur M. Pauza, Noval Ardiansyah, Kemas M. Fahmi, dan Hafiz Luthfi yang telah menemani penulis serta memberikan bantuan dan semangat dalam menyelesaikan skripsi ini.
11. Rekan-rekan Wisma Putri Arista: Diah Prabaningrum, Alim Asyifa, Desti D. Putri, dan Linda atas bantuan dan semangat dalam pelaksanaan penelitian dan penyelesaian skripsi.

Semoga skripsi ini bermanfaat.
Bandar Lampung,
Penulis

Husna

DAFTAR ISI

	Halaman
DAFTAR TABEL	iii
DAFTAR GAMBAR	vii
I. PENDAHULUAN	1
1.1 Latar Belakang dan Masalah	1
1.2 Tujuan Penelitian	4
1.3 Landasan Teori	5
1.4 Kerangka Pemikiran	10
1.5 Hipotesis	12
II. TINJAUAN PUSTAKA	13
2.1 Tanaman Kacang Hijau	13
2.2 Tanah Ultisols	14
2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)	15
2.4 Bahan Organik dari Pupuk Kandang Kotoran Sapi	16
III. BAHAN DAN METODE	19
3.1 Tempat dan Waktu Penelitian	19
3.2 Bahan dan Alat	19
3.3 Metode Penelitian	20
3.4 Pelaksanaan Penelitian	22
3.4.1 Persiapan media tanam	22
3.4.2 Penanaman benih dan inokulasi FMA	23
3.4.3 Pemeliharaan	23
3.5 Variabel Pengamatan	24

IV. HASIL DAN PEMBAHASAN 28

4.1 Hasil Penelitian 28

4.1.1 Tinggi tanaman 28
4.1.2 Jumlah cabang 29
4.1.3 Bobot tajuk segar 31
4.1.4 Bobot akar segar 32
4.1.5 Bobot tajuk kering 33
4.1.6 Bobot akar kering 35
4.1.7 Serapan P 36
4.1.8 Jumlah bintil akar 37
4.1.9 Jumlah bintil akar efektif 39
4.1.10 Bobot 50 butir biji 40
4.1.11 Bobot biji per tanaman 41
4.1.12 Infeksi akar 43

4.2 Pembahasan 43

V. KESIMPULAN DAN SARAN 48

5.1 Kesimpulan 48

5.2 Saran 49

PUSTAKA ACUAN 50

LAMPIRAN ..... 55−82

DAFTAR TABEL

Tabel Halaman

1. Kombinasi perlakuan FMA dan bahan organik. 20

2. Koefisien ortogonal kontras dan polinomial ortogonal untuk pengaruh pemberian FMA dan dosis bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau. 22

3. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada tinggi tanaman kacang hijau. 28

4. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada jumlah cabang tanaman kacang hijau. 30

5. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot tajuk segar tanaman kacang hijau. 31

6. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot akar segar tanaman kacang hijau. 32

7. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot tajuk kering tanaman kacang hijau. 34

8. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot akar kering tanaman kacang hijau. 35

9. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada serapan P tanaman kacang hijau. 36

10. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada jumlah bintil akar tanaman kacang hijau. 38

11. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada jumlah bintil akar efektif tanaman kacang hijau. 39

12. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot 50 butir biji tanaman kacang hijau. 40

13. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada bobot biji per tanaman kacang hijau. 42

14. Pengaruh pemberian FMA dan bahan organik pada infeksi akar tanaman kacang hijau. 43

15. Deskripsi kacang hijau Varietas Murai. 56

16. Hasil analisis awal tanah Ultisols Taman Bogo. 57

17. Hasil analisis awal pupuk kandang kotoran sapi. 57

18. Data tinggi tanaman. 57

19. Uji homogenitas tinggi tanaman. 58

20. Analisis ragam tinggi tanaman. 58

21. Tanggapan tinggi tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 59

22. Data jumlah cabang. 59

23. Data transformasi jumlah cabang. 60

24. Uji homogenitas jumlah cabang. 60

25. Analisis ragam jumlah cabang. 61

26. Tanggapan jumlah cabang terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 61

27. Data bobot tajuk segar. 62

28. Uji homogenitas bobot tajuk segar. 62

29. Analisis ragam bobot tajuk segar. 63

30. Tanggapan bobot tajuk segar terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 63

31. Data bobot akar segar. 64

32. Uji homogenitas bobot akar segar. 64

33. Analisis ragam bobot akar segar. 65

34. Tanggapan bobot akar segar terhadap aplikasi FMA dan peningkatan peningkatan dosis bahan organik. 65

35. Data bobot tajuk kering. 66

36. Uji homogenitas bobot tajuk kering. 66

37. Analisis ragam bobot tajuk kering. 67

38. Tanggapan bobot tajuk kering terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 67

39. Data bobot akar kering. 68

40. Uji homogenitas bobot akar kering. 68

41. Analisis ragam bobot akar kering. 69

42. Tanggapan bobot akar kering terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 69

43. Data serapan P. 70

44. Uji homogenitas serapan P. 70

45. Analisis ragam serapan P. 71

46. Tanggapan serapan P terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 71

47. Data jumlah bintil akar. 72

48. Data transformasi jumlah bintil akar. 72

49. Uji homogenitas jumlah bintil akar. 73

50. Analisis ragam jumlah bintil akar. 73

51. Tanggapan jumlah bintil akar terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 74

52. Data jumlah bintil akar efektif. 74

53. Data transformasi jumlah bintil akar efektif. 75

54. Uji homogenitas jumlah bintil akar efektif. 75

55. Analisis ragam jumlah bintil akar efektif. 76

56. Tanggapan jumlah bintil akar efektif terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 76

57. Data bobot 50 butir biji. 77

58. Uji homogenitas bobot 50 butir biji. 77

59. Analisis ragam bobot 50 butir biji. 78

60. Tanggapan bobot 50 butir biji terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 78

61. Data bobot biji per tanaman. 79

62. Uji homogenitas bobot biji per tanaman. 79

63. Analisis ragam bobot biji per tanaman. 80

64. Tanggapan bobot biji per tanaman terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 80

65. Data infeksi akar oleh FMA. 81

66. Uji homogenitas infeksi akar oleh FMA. 81

67. Analisis ragam infeksi akar oleh FMA. 82

68. Tanggapan infeksi akar terhadap aplikasi FMA dan peningkatan dosis bahan organik. 82

DAFTAR GAMBAR

Gambar Halaman

1. Tata letak percobaan. 21

2. Tanggapan tinggi tanaman terhadap peningkatan dosis bahan organik. 29

3. Tanggapan jumlah cabang terhadap peningkatan dosis bahan organik. 30

4. Tanggapan bobot tajuk segar terhadap peningkatan dosis bahan organik. 32

5. Tanggapan bobot akar segar terhadap peningkatan dosis bahan organik. 33

6. Tanggapan bobot tajuk kering terhadap peningkatan dosis bahan organik. 34

7. Tanggapan bobot akar kering terhadap peningkatan dosis bahan organik. 36

8. Tanggapan serapan P terhadap peningkatan dosis bahan organik. 37

9. Tanggapan jumlah bintil akar terhadap peningkatan dosis bahan organik. 38

10. Tanggapan jumlah bintil akar efektif terhadap peningkatan dosis bahan organik. 40

11. Tanggapan bobot 50 butir biji terhadap peningkatan dosis bahan organik. 41

12. Tanggapan bobot biji per tanaman terhadap peningkatan dosis bahan organik. 42

I. PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang dan Masalah

Kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) merupakan tanaman palawija yang memiliki peranan penting dalam memenuhi kebutuhan gizi masyarakat. Di Indonesia, kacang hijau menjadi produk penting dalam golongan kacang-kacangan setelah kedelai dan kacang tanah. Kacang hijau dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan dan pakan ternak. Oleh karena itu peningkatan produksi kacang hijau harus diupayakan secara maksimal (Cahyono, 2008).

Permintaan komoditi kacang hijau mengalami peningkatan seiring dengan pertambahan jumlah penduduk, namun produksi kacang hijau belum mampu memenuhi kebutuhan masyarakat. Menurut Badan Pusat Statistik (2014), produksi nasional kacang hijau pada tahun 2013 sebesar 204.670 ton dengan luas panen 182.075 ha. Pada tahun 2014, produksi kacang hijau mengalami peningkatan dibandingkan dengan tahun 2013 yaitu sebesar 244.589 ton dengan luas panen 208.106 ha.

Salah satu kendala dalam pengembangan kacang hijau di Indonesia adalah tingkat kesuburan tanah dan sumber hayati yang rendah. Tanah di Indonesia merupakan tanah yang marjinal dengan dominasi tanah Podsolik Merah Kuning (PMK).

Tanah PMK atau biasa disebut tanah Ultisols memiliki tekstur dan struktur tanah yang buruk (Purwono dan Purnamawati, 2002).

Tanah Ultisols memiliki sifat kimia, fisika, dan biologi yang buruk. Sifat tanah yang buruk menyebabkan adanya kendala dalam pertumbuhan tanaman. Kendala sifat kimia pada tanah Ultisols adalah rendahnya bahan organik, pH tanah yang rendah, dan kandungan A1-dd yang tinggi. Kendala sifat fisik adalah stabilitas agregat kurang mantap, konsistensi gembur bagian atas (*top soil*) dan teguh dilapisan bawah (*sub soil*) (Sarief, 1986). Kendala sifat biologi adalah rendahnya kandungan bahan organik, sehingga perkembangan fungi terutama Actinomycetes yang berfungsi dalam dekomposisi bahan organik menjadi kurang baik (Hardjowigeno, l987). Menurut Prasetyo dan Suriadikarta (2006), kandungan hara pada tanah Ultisols umumnya rendah karena pencucian basa berlangsung intensif, sedangkan kandungan bahan organik rendah karena proses dekomposisi berjalan cepat dan sebagian terbawa erosi.

Rendahnya bahan organik dan batuan fosfat yang menjadi sumber unsur hara fosfor (P) menjadi masalah pada tanah Ultisols. Pada tanah Ultisols, ketersediaan P terhambat oleh adanya aktivitas Al dan Fe sehingga P tidak dapat larut dan diserap oleh tanaman (Siverding, 1991). Salah satu upaya untuk meningkatkan ketersediaan P di dalam tanah Ultisols untuk diserap tanaman adalah dengan aplikasi fungi mikoriza arbuskular (FMA).

Fungi mikoriza arbuskular dapat bersimbiosis dengan akar tanaman dan mempunyai peranan yang penting dalam pertumbuhan tanaman. Peranan tersebut yaitu meningkatkan serapan fosfor (P) dan unsur hara lainnya, seperti N, K, Zn,

Co, S, dan Mo dari dalam tanah, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan, memperbaiki agregat tanah, meningkatkan pertumbuhan mikroba tanah yang bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman inang serta sebagai pelindung tanaman dari infeksi patogen akar (Halis dan Fitria, 2008).

Menurut Smith dan Read (2008), FMA dapat melakukan infeksi pada hampir setiap tanaman. Keberhasilan infeksi FMA pada tanaman tergantung pada spesies FMA dan spesies tanaman inang. Menurut Brundrett *et al.* (1996), genus FMA yang umum dijumpai adalah Glomus, Gigaspora, Acauluspora, dan Scutellospora.

Aplikasi FMA pada tanaman kacang hijau varietas Betet dapat meningkatkan jumlah cabang, jumlah polong, bobot basah berangkasan, bobot kering berangkasan, bobot 100 butir biji, dan produksi per petak (Hermanto dan Kriswantoro, 2014). Menurut Rengganis, Hasanah, dan Rahmawati (2014), pemberian FMA dengan dosis (20 g/tan) dan pupuk fosfat (150 kg/ha) dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kedelai.

Kesuburan tanah Ultisols dapat diperbaiki dengan penambahan bahan organik. Salah satu bahan organik yang dapat digunakan adalah pupuk kandang. Pupuk kandang merupakan sumber bahan organik yang dapat meningkatkan unsur hara tersedia bagi tanaman dan memperbaiki struktur tanah (Agus dan Ruijter, 2004).

Menurut Widowati (2004), pupuk kandang merupakan produk buangan dari hewan peliharaan yang dapat digunakan untuk menambah hara serta memperbaiki sifat fisik dan biologi tanah. Kualitas pupuk kandang sangat berpengaruh

terhadap respons tanaman. Kotoran sapi merupakan salah satu pupuk kandang yang sering digunakan dalam budidaya tanaman.

Fungi mikoriza arbuskular (FMA) dan dosis bahan organik yang diaplikasikan pada tanaman kacang hijau diharapkan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau. Oleh karena itu, penelitian ini dilakukan untuk mengetahui respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA dan dosis bahan organik.

Berdasarkan latar belakang dan masalah yang telah dikemukakan maka dilaksanakan penelitian untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pertanyaan sebagai berikut:

1. Apakah FMA yang diaplikasikan mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau?
2. Bagaimanakah respons pertumbuhan dan produksi kacang hijau terhadap aplikasi bahan organik?
3. Apakah respons tanaman kacang hijau terhadap FMA dipengaruhi oleh dosis bahan organik yang diaplikasikan?

1.2 Tujuan Penelitian

Berdasarkan identifikasi dan perumusan masalah, tujuan penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Mengetahui pengaruh aplikasi FMA terhadap pertumbuhan dan produksi kacang hijau.

2. Mengetahui respons pertumbuhan dan produksi kacang hijau terhadap aplikasi bahan organik.
3. Mengetahui apakah respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA ditentukan oleh dosis bahan organik.

1.3 Landasan Teori

Dalam rangka menyusun penjelasan teoretis terhadap pertanyaan yang telah dikemukakan, penulis menggunakan landasan teori sebagai berikut. Tanaman kacang hijau dapat tumbuh dan berproduksi tinggi apabila dibudidayakan dengan baik. Kondisi tanah dengan pH 5,8 paling ideal untuk pertumbuhan kacang hijau, sedangkan tanah yang sangat asam tidak baik karena penyediaan nutrisi terhambat. Kacang hijau menghendaki tanah dengan kandungan hara fosfor, kalium, kalsium, magnesium, dan belerang. Unsur hara tersebut digunakan untuk pertumbuhan dan produksi tanaman. Produksi kacang hijau tinggi apabila jumlah unsur hara yang dibutuhkan mencukupi bagi pertumbuhannya (Suprapto, 2007).

Rendahnya pH pada tanah Ultisols menyebabkan rendahnya ketersediaan unsur fosfor (P). Pada pH rendah kelarutan logam seperti Fe, Al, dan Mn sangat tinggi sehingga P difiksasi oleh logam-logam tersebut menjadi senyawa yang tidak larut (Hasibuan, 2006). Kemasaman tanah Ultisols menyebabkan unsur hara makro seperti fosfor (P) menjadi tidak tersedia bagi tanaman sehingga mengakibatkan pertumbuhan dan produksi tanaman menjadi terganggu (Damanik *et al.*, 2010).

Kurangnya unsur P pada tanah Ultisols menyebabkan pentingnya pemupukan P. Fosfor diambil oleh akar dalam bentuk $H_2PO_4^-$ dan HPO_4^{2-}. Sebagian besar P di

dalam tanaman adalah sebagai zat pembangun dan terikat dalam senyawa-senyawa organik. Sebagian kecil P terdapat dalam bentuk anorganik sebagai ion-ion fosfat. Bagian tanaman yang banyak mengandung zat ini adalah bagian-bagian yang bersangkutan dengan pembiakan generatif, seperti daun-daun bunga, tangkai sari, kepala sari, butir tepung sari, daun buah, dan bakal biji. Fosfor sangat dibutuhkan untuk pembentukan bunga dan buah (Sugih, 2011).

Mikoriza dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman pangan, holtikultura, dan tanaman hutan (Wubet *et al.,* 2003). Pertumbuhan dan aktivitas mikoriza berbeda sesuai spesies dan lingkungannya (Hetrick, 1984). Abbott dan Robson (1984) dalam Powell dan Bagyaraj (1984) menyatakan setiap spesies mikoriza mempunyai *innate effectiveness* atau kemampuan spesifik untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman pada kondisi tanah yang kurang menguntungkan. Faktor kemampuan spesifik tersebut adalah kemampuan membentuk hifa yang ekstensif di dalam tanah, membentuk infeksi hifa yang ekstensif pada seluruh sistem perakaran yang berkembang dari suatu tanaman, menyerap fosfor dari larutan tanah oleh hifa, dan lamanya mekanisme transpor sepanjang hifa ke dalam akar tanaman.

Berdasarkan struktur tubuh dan cara infeksi terhadap tanaman inang, mikoriza dapat digolongkan menjadi dua kelompok yaitu ektomikoriza dan endomikoriza (Rao, 1994). Endomikoriza tergolong ke dalam fungi mikoriza arbuskular (FMA) karena mempunyai arbuskular dan pada beberapa genus mempunyai vesikular (Smith dan Read, 1997 dalam Gemayel, 2008). Arbuskular yaitu menyerupai struktur pohon kecil dari percabangan hifa yang berfungsi sebagai tempat

pertukaran metabolit antara fungi dan tanaman. Vesikular berbentuk globose berasal dari menggelembungnya hifa jamur mikoriza yang berfungsi sebagai organ penyimpan makanan (Bonfante dan Fasolo, 1984 dalam Powell dan Bagyaraj, 1984).

Struktur FMA meliputi hifa eksternal dan internal, spora, serta arbuskular atau vesikular. Proses infeksi FMA ditandai dengan terbentuknya apresorium pada permukaan akar oleh hifa eksternal, selanjutnya hifa akan menembus sel-sel korteks akar melalui rambut akar atau sel epidermis. Hifa FMA tidak bersekat dan terdapat diantara sel-sel korteks akar. Sel yang terinfeksi akan membentuk cabang-cabang hifa kompleks yang disebut arbuskular (Mosse, 1981).

Menurut Rhodes dan Gerdemann (1980), mekanisme penyerapan unsur hara oleh FMA ditandai dengan absorbsi hara dari tanah oleh hifa eksternal, translokasi hara dari hifa eksternal ke miselium internal, dan pelepasan hara dari miselium internal ke sel-sel akar tanaman inang.

Menurut Simanungkalit (2001), peran utama FMA dalam aspek agronomis adalah meningkatkan serapan P bagi tanaman. Penyerapan P pada permukaan akar lebih cepat dari pergerakan fosfat ke permukaan akar, sehingga P pada daerah sekitar akar terkuras. Pada tanaman yang diaplikasikan FMA, hifa akan meluas dari permukaan akar sehingga dapat menyerap P dari zona yang tidak dapat dicapai oleh akar tanaman tanpa mikoriza.

Menurut Zuhri dan Puspita (2008), pemberian FMA pada tanaman kedelai dengan dosis 40 g/tanaman berpengaruh positif terhadap umur berbuga, umur panen,

jumlah polong, dan berat biji kering. Sukmawati (2013) menyatakan aplikasi FMA pada tanaman kedelai varietas Grobogan dan Wilis meningkatkan berangkasan panen lebih tinggi dibandingkan tanpa aplikasi FMA.

Kesuburan tanah Ultisols dapat ditingkatkan dengan pemupukan dengan pupuk organik. Pupuk organik mengandung unsur hara yang lebih lengkap dibandingkan dengan pupuk anorganik meskipun dalam jumlah yang relatif sedikit. Pupuk organik dapat berperan sebagai penyedia hara tanaman serta dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah (Suwahyono, 2011).

Bahan organik bermanfaat sebagai bahan pemantap agregat, sumber hara tanaman, dan sumber energi dari sebagian besar organisme tanah. Bahan organik membantu akar tanaman menembus tanah lebih dalam dan luas sehingga tanaman lebih kokoh serta mampu menyerap unsur hara dan air dalam jumlah banyak (Gonzalez dan Cooperband, 2002).

Bahan organik dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah serta meningkatkan kegiatan jasad mikro dalam proses dekomposisi bahan organik. Bahan organik mengandung enzim dan zat tumbuh yang dapat merangsang pertumbuhan tanaman dan jasad mikro. Bahan organik dapat meningkatkan aktivitas biota tanah dan sebagai sumber energi bagi mikroba tanah (Shiddieq dan Partoyo, 1999).

Pupuk organik yang dapat digunakan untuk meningkatkan kesuburan tanah Ultisols adalah pupuk kandang. Pupuk kandang mempunyai kandungan unsur hara berbeda-beda karena masing-masing ternak mempunyai sifat khas tersendiri

yang ditentukan oleh jenis makanan dan usia ternak. Unsur hara yang terdapat pada pupuk kandang sapi adalah N 2,33%, P_2O_5 0,61%, K_2O 1,58%, Ca 1,04%, Mg 0,33%, Mn 179 ppm, dan Zn 70,5 ppm (Wiryanta dan Bernardinus, 2002).

Bahan organik berinteraksi positif dengan FMA dalam tanah. Bahan organik merupakan sumber nutrisi yang dapat meningkatkan aktivitas FMA. Sebaliknya FMA akan meningkatkan serapan hara, membantu melarutkan fosfor, serta membawa unsur hara fosfor, nitrogen, hara mikro, dan air ke seluruh bagian tanaman (Handayanto dan Hairiah, 2007).

Karthahadimaja *et al.* (2010) menyatakan bahwa pupuk kandang kotoran sapi dengan dosis 20 ton/ha dapat meningkatkan jumlah cabang tanaman edamame. Menurut Tawakkal (2009), pemberian pupuk kandang kotoran sapi berpengaruh nyata terhadap parameter tinggi tanaman, jumlah daun, umur berbunga, dan jumlah cabang produktif.

Pemberian mikoriza dengan dosis 10 g/rumpun terdiri dari dua batang tanaman yang dipadukan dengan 10 ton pupuk kotoran hewan per hektar mampu meningkatan pertumbuhan dan produksi tanaman kacang hijau varietas Betet. Peningkatan terutama pada peningkatan kualitas produksi yaitu berat 100 butir, jumlah polong bernas, dan produksi per rumpun serta produksi per petak (Prabowo, 2012).

Pemberian pupuk kandang dan mikoriza dapat meningkatkan laju pertumbuhan tinggi tanaman. Perlakuan pupuk kandang dengan inokulasi mikoriza

meningkatkan pertumbuhan tanaman lebih tinggi yaitu sebesar 1,66 cm/hari dibandingkan tanpa inokulasi mikoriza sebesar 1,54 cm/hari (Sukmawati, 2013).

1.4 Kerangka Pemikiran

Berdasarkan landasan teori yang telah dikemukakan, berikut disusun kerangka pemikiran untuk memberikan penjelasan teoretis terhadap perumusan masalah. Peningkatan produksi kacang hijau dapat diusahakan dengan aplikasi FMA dan bahan organik. Apabila inokulum FMA diaplikasikan pada tanaman kacang hijau, maka spora akan berkecambah dalam tanah. Spora tersebut akan masuk kedalam akar dan bersimbiosis dengan akar.

Fungi mikoriza arbuskular akan berasosiasi dengan akar tanaman dengan membentuk hifa. Hifa akan tumbuh dan berkembang sepanjang permukaan akar. Hifa akan terus tumbuh membentuk apresorium, selanjutnya menembus sel epidermis dan berkembang dalam jaringan korteks. Hifa akan membentuk koloni yang disebut arbuskular. Fungi mikoriza arbuskular akan bersimbiosis dengan akar tanaman, sehingga tanaman akan memberikan sebagian fotosintatnya kepada FMA. Fungi mikoriza arbuskular akan berkembang dan memperluas bidang penyerapan hara.

Hifa FMA akan membentuk hifa internal dan eksternal. Hifa internal akan tumbuh melalui celah sel epidermis, sehingga aseptat akan tersebar pada sel korteks di sepanjang akar secara interseluler dan intraseluler. Hifa eksternal akan membentuk spora. Hifa eksternal akan meningkatkan kemampuan akar dalam menyerap air dan unsur hara. Fungsi dari hifa eksternal adalah menyerap unsur P

dari dalam tanah. Hifa FMA mengandung enzim fosfatase sehingga dapat mengubah P yang tidak tersedia menjadi tersedia bagi tanaman. Unsur P dalam hifa eksternal kemudian dipertukarkan melalui arbuskul, kemudian senyawa polifosfat dipecah menjadi fosfat organik yang kemudian disalurkan ke seluruh bagian tanaman.

Bahan organik dapat memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah. Bahan organik yang ditambahkan kedalam tanah dapat memperbaiki sifat fisik tanah dengan cara memperbaiki struktur tanah, meningkatkan daya memegang air, dan meningkatkan kemantapan agregat tanah. Bahan organik dapat memperbaiki sifat biologi tanah dengan meningkatkan aktivitas mikroorganisme dalam tanah. Bahan organik khususnya pupuk kandang sapi juga mengandung unsur mikro diantaranya Mg, Mn, Zn, dan Ca.

Pengaruh interaksi FMA dan bahan organik akan meningkatkan aktivitas FMA, meningkatkan serapan hara, membantu melarutkan fosfor serta membawa unsur hara fosfor, nitrogen, hara mikro, dan air ke seluruh bagian tanaman. Interaksi FMA dan bahan organik akan meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman. Peningkatan pertumbuhan tanaman ditunjukkan melalui peningkatan tinggi tanaman, jumlah cabang, dan bobot berangkasan. Sedangkan peningkatan produksi tanaman ditunjukkan melalui meningkatnya jumlah polong, bobot polong, bobot biji, dan bobot 100 butir biji.

Aplikasi FMA dan bahan organik diduga mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau pada tanah Ultisols. Peningkatan pertumbuhan dan

produksi kacang hijau dapat diduga melaui komponen pertumbuhan dan hasil kacang hijau.

1.5 Hipotesis

Dari kerangka pemikiran yang telah dikemukakan dapat disimpulkan hipotesis sebagai berikut:

1. Aplikasi FMA dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau.
2. Bahan organik dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau.
3. Respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA ditentukan oleh dosis bahan organik yang diaplikasikan.

II. TINJAUAN PUSTAKA

2.1 Tanaman Kacang Hijau

Kedudukan tanaman kacang hijau dalam taksonomi menurut Jasmani (2006), diklasifikasikan sebagai berikut:

Kingdom : Plantae

Divisi : Spermatophyta

Subdivisi : Angiospermae

Kelas : Dicotyledone

Ordo : Leguminales

Family : Leguminoseae

Genus : *Phaseolus*

Spesies : *Phaseolus radiatus* L.

Tanaman kacang hijau berbatang tegak atau semi tegak dengan tinggi antara 30−110 cm. Batang tanaman ini berwarna hijau, kecoklat-coklatan, atau keungu-unguan. Bentuk batang bulat dan berbulu. Batang utama ditumbuhi cabang menyamping (Fachruddin, 2000).

Daun kacang hijau terdiri dari tiga helaian (*trifoliat*) dan berseling. Tangkai daunnya lebih panjang dari daunnya dengan warna daun hijau muda sampai hijau tua. Kacang hijau memiliki bunga berwarna kuning yang tersusun dalam tandan,

keluar pada cabang serta batang, dan dapat menyerbuk sendiri. Polong kacang hijau berbentuk silindris dengan panjang antara 6−15 cm dan berbulu pendek. Polong muda berwarna hijau dan berubah hitam atau berwarna coklat ketika tua. Jumlah biji per polong sebanyak 10−15 biji (Andrianto dan Indarto, 2004).

Kacang hijau dapat tumbuh dengan baik pada kisaran suhu 25°C−27°C. Tingkat kelembaban udara yang baik bagi pertumbuhan kacang hijau antara 50%−89%. Tanaman ini termasuk golongan tanaman C3 dengan panjang hari maksimum sekitar 10 jam/hari (Purwono dan Hartono, 2005).

Kacang hijau dapat tumbuh pada semua jenis tanah yang banyak mengandung bahan organik dengan drainase yang baik. Tanah yang paling baik bagi tanaman kacang hijau adalah tanah liat berlempung atau tanah lempung, misalnya Podsolik Merah Kuning (PMK) dan Latosol. Tingkat keasaman (pH) tanah yang dikehendaki untuk pertumbuhan kacang hijau yaitu berkisar antara 5,8−6,5 (Fachruddin, 2000).

2.2 Tanah Ultisols

Ultisols adalah tanah mineral yang berada pada daerah temprate sampai tropika, mempunyai horison argilik atau kandik dengan lapisan liat tebal. Dalam *legend of soil* yang disusun oleh FAO, Ultisols mencakup sebagian tanah Laterik serta sebagian besar Podsolik, terutama Podsolik Merah Kuning (Mohr, Baren, dan Borgh, 1972).

Tanah Ultisols memiliki kemasaman rendah dengan pH kurang dari 5,5; kandungan bahan organik rendah sampai sedang; kejenuhan basa kurang dari

35%; dan kapasitas tukar kation kurang dari 24 me per 100 gram liat. Tingkat pelapukan dan pembentukan Ultisols berjalan lebih cepat pada daerah-daerah yang beriklim humid dengan suhu tinggi dan curah hujan tinggi. Ultisols merupakan tanah yang mengalami proses pencucian intensif, hal ini yang menyebabkan Ultisols mempunyai kejenuhan basa rendah. Selain itu, Ultisols juga memiliki kandungan Al-dd tinggi (Munir, 1996).

Tanah Ultisols memiliki tingkat pelapukan lanjut membentuk liat oksida hodrous Fe dan Al dalam jumlah yang tinggi dan dapat bereaksi dengan P membentuk sederetan P hidrouksid yang sukar larut. Hal ini menyebabkan P kurang tersedia bagi tanaman (Tan, 1992).

2.3 Fungi Mikoriza Arbuskular (FMA)

Fungi mikoriza arbuskular merupakan suatu bentuk asosiasi antara jamur dengan akar tumbuhan tingkat tinggi, yang mencerminkan adanya interaksi fungsional yang saling menguntungkan antara suatu tumbuhan dengan satu atau lebih galur mikrobion dalam ruang dan waktu. Fungi mikoriza termasuk golongan endomikoriza. Fungi ini dicirikan oleh hifa yang intraseluler yaitu hifa yang menembus ke dalam korteks dari satu sel ke sel yang lain (Manan, 1993).

Arbuskular merupakan struktur yang paling penting dalam kompleks FMA yang berfungsi sebagai tempat pertukaran metabolit antara jamur dan tanaman. Arbuskular digunakan untuk mengidentifikasi infeksi pada akar. Fungi dapat mengambil fosfat pada tanah, terkumpul sebagai granula dari polifosfat dan fungi mampu memindahkannya ke sepanjang hifa intraselluler dalam sitoplasma ke

bagian arbuskular yang aktif, kemudian granula dipecah dan fosfat kemudian dilepas ke tanaman inang. Jangka hidup arbuskular hanya 4−5 hari saja dalam akar kemudian akan rusak (Siverding, 1991).

Peranan FMA bagi tanaman inangnya adalah memperbesar areal serapan bulu-bulu akar melalui pembentukan miselium di sekeliling akar. Tingkat ketergantungan tanaman terhadap asosiasi FMA berkorelasi negatif dengan kerapatan akar halus atau bulu-bulu akar tanaman. Semakin sedikit jumlah akar tanaman maka tanaman semakin tergantung pada asosiasi FMA. Volume tanah yang dapat dijangkau oleh akar dengan panjang 1 cm tanpa FMA hanya sekitar 1−2 cm^3, sedangkan 1 cm akar tanaman yang diinfeksi oleh FMA dapat menjangkau volume tanah 12−15 cm^3 (6−5 x lebih tinggi) (Siverding, 1991).

Aplikasi mikoriza dapat meningkatkan efisiensi pemupukan P sebesar 25% dari dosis anjuran (Hermanto, 2014). Menurut Prabowo (2012), aplikasi mikoriza dan pemberian pupuk kompos 10 ton/ha dapat meningkatkan bobot 100 butir biji tanaman kacang hijau.

2.4 Bahan Organik dari Pupuk Kandang Kotoran Sapi

Bahan organik adalah bagian dari tanah yang merupakan suatu sistem kompleks dan dinamis. Sumber bahan organik adalah dari sisa tanaman dan atau binatang yang terdapat di dalam tanah yang terus menerus mengalami perubahan bentuk karena dipengaruhi oleh faktor biologi, fisika, dan kimia (Kononova, 1961).

Menurut Stevenson (1994), bahan organik tanah adalah semua jenis senyawa organik yang terdapat di dalam tanah, termasuk serasah, fraksi bahan organik ringan, biomassa mikroorganisme, bahan organik terlarut di dalam air, dan bahan organik yang stabil atau humus.

Salah satu bahan organik yang dapat dimanfaatkan untuk meningkatkan pertumbuhan tanaman adalah pupuk kandang kotoran sapi.
Pupuk kandang kotoran sapi adalah pupuk yang berasal dari kotoran sapi, berupa kotoran padat (*faeces*) dan air kencing (*urine*). Kualitas pupuk kandang sapi bergantung pada jenis, umur, dan kesehatan ternak; jenis makanan yang dikonsumsi; serta jenis pekerjaan dan lama ternak bekerja (Soepardi, 1983).

Pupuk kandang sapi mempunyai kelebihan dibandingkan dengan pupuk buatan, diantaranya sebagai sumber hara makro dan mikro, dapat meningkatkan daya menahan air, dan mengandung banyak mikroorganisme. Kandungan unsur hara makro dalam pupuk kandang sapi adalah nitrogen (N), fosfat (P), dan kalium (K). Nitrogen dalam bentuk protein, amonium dan amoniak berada pada pupuk yang telah diencerkan. Fosfat dan kalium terdapat pada pupuk kandang sapi padat (Rinsema, 1986 dalam Tawakkal, 2009).

Menurut Mulyani dan Kartasapoetra (1991) dalam Tawakkal (2009), pupuk kandang sapi yang secara teratur diberikan ke dalam tanah akan meningkatkan daya menahan air tanah sehingga air tanah akan bermanfaat bagi tanaman dan memudahkan akar tanaman dalam menyerap unsur hara.

Menurut Tawakkal (2009), pemberian pupuk kandang kotoran sapi dapat meningkatkan tinggi tanaman, jumlah daun, umur berbunga, dan jumlah cabang produktif tanaman kedelai. Pemberian pupuk kandang sapi dengan dosis 18 kg/plot dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman kedelai.

III. BAHAN DAN METODE

3.1 Tempat dan Waktu Penelitian

Percobaan pot ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan Laboratorium Produksi Perkebunan Jurusan Agroteknologi Fakultas Pertanian Universitas Lampung mulai bulan Agustus sampai November 2015.

3.2 Bahan dan Alat

Bahan-bahan yang digunakan adalah benih kacang hijau Varietas Murai, tanah Ultisols Taman Bogo Kab. Lampung Timur, pupuk dasar (Urea, SP36, dan KCl), bahan organik (pupuk kandang sapi), larutan KOH 10%, HCl 1%, glycerol, *trypan blue*, dan inokulum FMA campuran jenis *Glomus* sp., *Gigaspora* sp., dan *Entrophospora* sp.

Alat-alat yang digunakan adalah mikroskop stereo dan majemuk, timbangan elektrik, cawan petri, saringan mikro, gelas ukur, botol film, cangkul, *counter*, *cutter,* polibag, ember, gembor, oven, *cover glass*, kaca preparat, mistar, alat tulis, dan kamera.

3.3 Metode Penelitian

Untuk menjawab pertanyaan dalam rumusan masalah dan untuk menguji hipotesis, rancangan perlakuan yang digunakan adalah rancangan faktorial (2 x 5) dengan 3 ulangan. Faktor pertama adalah aplikasi FMA yang terdiri dari dua taraf yaitu tanpa FMA (M_0) dan dengan FMA (M_1). Faktor kedua adalah dosis bahan organik pupuk kandang kotoran sapi yang terdiri dari lima taraf yaitu B_0 (0 ton/ha), B_1 (5 ton/ha), B_2 (10 ton/ha), B_3 (15 ton/ha), dan B_4 (20 ton/ha). Kombinasi perlakuan disajikan pada Tabel 1.

Tabel 1. Kombinasi perlakuan FMA dan bahan organik.

Perlakuan	M_0	M_1
B_0	M_0B_0	M_1B_0
B_1	M_0B_1	M_1B_1
B_2	M_0B_2	M_1B_2
B_3	M_0B_3	M_1B_3
B_4	M_0B_4	M_1B_4

Keterangan:
M_0 = Tanpa FMA
M_1 = Aplikasi FMA
B_0 = Bahan organik 0 ton/ha
B_1 = Bahan organik 5 ton/ha
B_2 = Bahan organik 10 ton/ha
B_3 = Bahan organik 15 ton/ha
B_4 = Bahan organik 20 ton/ha

Perlakuan diterapkan pada satuan percobaan dalam rancangan kelompok teracak sempurna (RKTS) (Gambar 1). Homogenitas ragam antarperlakuan diuji dengan Uji Bartlet dan kemenambahan data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam perlakuan homogen dan data bersifat menambah, maka data dianalisis ragam. Pemisahan nilai tengah diuji dengan uji ortogonal kontras dan

polinomial ortogonal dengan peluang melakukan kesalahan ditentukan sebesar 5% (Tabel 2).

K I	
M_0B_2	M_1B_1
M_1B_0	M_0B_1
M_0B_0	M_0B_4
M_1B_2	M_1B_4
M_1B_3	M_0B_3

K II	
M_0B_4	M_1B_1
M_1B_0	M_0B_1
M_0B_3	M_1B_3
M_1B_4	M_0B_2
M_1B_2	M_0B_0

K III	
M_0B_1	M_0B_4
M_1B_4	M_0B_0
M_0B_3	M_1B_3
M_1B_0	M_0B_2
M_1B_1	M_1B_2

Gambar 1. Tata letak percobaan

Tabel 2. Koefisien ortogonal kontras dan polinomial ortogonal untuk pengaruh pemberian FMA dan dosis bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau.

Perbandingan	M_0					M_1				
	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4	B_0	B_1	B_2	B_3	B_4
Mikoriza (M)										
P1: M_0 vs M_1	-1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+1	+1	+1
Bahan organik (B)										
P2: B-Linier	-2	-1	0	+1	+2	-2	-1	0	+1	+2
P3: B-Kuadratik	+2	-1	-2	-1	+2	+2	-1	-2	-1	+2
Interaksi M x B										
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 tanaman kacang hijau terhadap M pada masing-masing										
B_0: M_0 vs M_1	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0	0
B_1: M_0 vs M_1	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0	0
B_2: M_0 vs M_1	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0	0
B_3: M_0 vs M_1	0	0	0	-1	0	0	0	0	+1	0
B_4: M_0 vs M_1	0	0	0	0	-1	0	0	0	0	+1
Tanggapan M_0 terhadap dosis B										
B-Linier	-2	-1	0	+1	+2	0	0	0	0	0
B-Kuadratik	+2	-1	-2	-1	+2	0	0	0	0	0
Tanggapan M_1 terhadap dosis B										
B-Linier	0	0	0	0	0	-2	-1	0	+1	+2
B-Kuadratik	0	0	0	0	0	+2	-1	-2	-1	+2

Keterangan:
M_0 = Tanpa FMA
M_1 = Aplikasi FMA
B_0 = Bahan organik 0 ton/ha
B_1 = Bahan organik 5 ton/ha
B_2 = Bahan organik 10 ton/ha
B_3 = Bahan organik 15 ton/ha
B_4 = Bahan organik 20 ton/ha

3.4 Pelaksanaan Penelitian

3.4.1 Persiapan Media Tanam

Media tanam yang digunakan untuk mengisi polibag adalah campuran tanah Ultisols dengan pupuk kandang kotoran sapi. Tanah dihancurkan hingga remah

kemudian tanah tanah diayak sampai dengan halus. Kemudian tanah dikering anginkan dan dicampurkan dengan kotoran sapi. Campuran tanah dan kotoran sapi tersebut kemudian dimasukkan kedalam polibag ukuran 25 x 40 cm dengan bobot media/polibag ±10 kg.

3.4.2 Penanaman Benih dan Inokulasi FMA

Benih kacang hijau ditanam pada polibag yang telah disiapkan. Benih ditanam sebanyak dua buah benih per lubang. Penanaman dua benih per lubang bertujuan untuk mengantisipasi adanya benih yang mati atau tidak tumbuh. Setelah benih ditanam kemudian disiram hingga lembab.

Aplikasi FMA dilakukan dengan membuat lubang tanam dengan ukuran panjang, lebar, dan tinggi sekitar 5 cm. Pada lubang tanam tersebut kemudian diaplikasikan FMA sesuai dengan perlakuan.

3.4.3 Pemeliharaan

Pemeliharaan tanaman kacang hijau dilakukan dengan melakukan penyiraman, penyiangan, pemupukan, dan pengendalian hama penyakit tanaman. Penyiraman dilakukan sesuai dengan kondisi media tanam. Penyiangan gulma dilakukan secara manual dengan mencabut gulma yang tumbuh pada media tanam. Pemupukan dilakukan dengan menggunakan pupuk Urea, KCl, dan SP 36 dengan dosis anjuran untuk tanaman kacang hijau. Pengendalian hama penyakit dilakukan dengan mengaplikasikan pestisida.

3.5 Variabel Pengamatan

Untuk menguji kesahihan kerangka pemikiran dan hipotesis dilakukan pengamatan terhadap variabel-variabel berikut:

1. Tinggi tanaman

   Tinggi tanaman diukur dari permukaan tanah hingga titik tumbuh tanaman. Pengukuran dilakukan dengan menggunakan meteran dengan satuan cm.

2. Jumlah cabang

   Pengamatan jumlah cabang dilakukan dengan menghitung semua cabang yang berasal dari batang utama dan menghasilkan polong. Pengamatan dilakukan pada saat pemanenan.

3. Bobot tajuk segar

   Bobot tajuk segar dihitung dengan menimbang tajuk tanaman kacang hijau dengan menggunakan timbangan digital dalam satuan gram. Tajuk tanaman kacang hijau merupakan organ tanaman yang tumbuh ke atas mulai dari pangkal hingga ujung daun.

4. Bobot akar segar

   Bagian akar dipisahkan dari tajuk dengan cara dipotong. Akar-akar yang patah dan tersisa pada media dikumpulkan dan dicampurkan dengan akar yang telah dipotong. Akar-akar tersebut dibersihkan dan ditimbang.

5. Bobot tajuk kering

Tajuk tanaman kacang hijau dipotong dan dibersihkan. Tajuk tersebut kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven pada suhu 80°C. Pengambilan sampel bobot brangkasan dilakukan saat fase vegetatif maksimum.

6. Bobot akar kering

Seluruh akar tanaman kacang hijau dipotong lalu dibersihkan. Kemudian dikeringkan dengan menggunakan oven dengan suhu 80°C hingga bobotnya konstan. Setelah bobot akar konstan, akar kemudian ditimbang dengan menggunakan timbangan digital dalam satuan gram.

7. Serapan P

Pengamatan serapan P dilakukan dengan mencabut tanaman kacang hijau, kemudian dipisahkan bagian tajuk dan akarnya. Bagian tajuk tanaman kemudian digiling dan diabukan, kemudian dianalisis di laboratorium.

8. Jumlah bintil akar

Jumlah bintil akar dihitung dengan cara mencabut tanaman kacang hijau, kemudian menghitung jumlah bintil yang terdapat pada akar tanaman.

9. Jumlah bintil akar efektif

Pengamatan jumlah bintil akar efektif dilakukan dengan cara membelah bintil akar tanaman. Bintil akar efektif ditandai dengan warna merah muda.

10. Bobot 50 butir biji

Bobot 50 butir biji dihitung dengan mengambil 50 butir biji dengan kadar air 12% secara acak. Biji tersebut kemudian ditimbang menggunakan timbangan elektrik dengan satuan gram.

11. Bobot biji per tanaman

Bobot biji per tanaman dihitung dengan menimbang biji per tanaman dengan kadar air 12%. Biji tersebut ditimbang menggunakan timbangan elektrik dengan satuan gram.

12. Persentase infeksi akar

Persentase infeksi akar pada tanaman kacang hijau dihitung dengan mengambil akar secara acak sebanyak 1 gram. Akar tersebut kemudian dicuci dengan air hingga bersih dan dimasukkan ke dalam botol film. Akar yang terdapat dalam botol film kemudian diisi dengan KOH 10% hingga seluruh akar terendam. Kemudian dikukus dalam *water bath* dengan suhu ±80°C selama ±30 menit. Hal ini bertujuan untuk membersihkan sel dari sitoplasma. Selanjutnya larutan KOH dibuang dan akar dicuci kembali hingga bersih. Akar yang telah dicuci direndam dengan larutan HCl 1% dan dikukus lagi selama ±15 menit. Setelah itu larutan HCl dibuang dan ditambahkan larutan pewarna *trypan blue* 0,05% (0,5 g *trypan blue* + 450 ml glycerol + 500 ml aquades + 50 ml HCl 1%). Akar tersebut dikukus kembali dengan *water bath* pada suhu ±80°C selama 10 menit. Akar yang telah diwarnai dipotong sepanjang ±2 cm, kemudian disusun di atas kaca preparat dan diamati di bawah mikroskop dengan perbesaran 100 kali. Akar yang

terinfeksi ditandai dengan adanya struktur pembentuk mikoriza (hifa, vesikel, dan arbuskular) pada jaringan akar. Persentase infeksi akar dihitung dengan menggunakan rumus sebagai berikut:

$$\%\ infeksi\ akar = \frac{\sum pengamatan\ yang\ positif\ terinfeksi\ FMA}{\sum total\ pengamatan} \text{ x } 100\%$$

V. KESIMPULAN DAN SARAN

5.1 Kesimpulan

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

1. Aplikasi FMA menghasilkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau lebih tinggi dibandingkan tanpa FMA melalui peningkatan tinggi tanaman (12,46%), jumlah cabang (8,88%), bobot akar segar (14,34%), bobot tajuk kering (19,36%), bobot akar kering (28,24%), jumlah bintil (28,71%), jumlah bintil efektif (27,74%), serapan P (46,72%), bobot 50 butir biji (11,56%), bobot biji per tanaman (24,02%), dan infeksi akar (85,62%).
2. Pemberian bahan organik hingga dosis 20 ton/ha mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi kacang hijau melalui variabel tinggi tanaman, jumlah cabang, bobot tajuk segar, bobot akar segar, bobot tajuk kering, bobot akar kering, jumlah bintil, jumlah bintil efektif, serapan P, bobot 50 butir biji, dan bobot biji per tanaman.
3. Respons tanaman kacang hijau terhadap aplikasi FMA tidak ditentukan oleh dosis bahan organik.

5.2 Saran

Berdasarkan hasil penelitian, penulis menyarankan untuk melakukan penelitian serupa dengan meningkatkan dosis bahan organik untuk mengetahui dosis bahan organik terbaik pada aplikasi FMA.

PUSTAKA ACUAN

Agus, F. dan Ruijter. 2004. *Perhitungan Kebutuhan Pupuk*. World Agroforestry Center. 2 hlm.

Andrianto, T.T. dan N. Indarto. 2004. *Budidaya dan Analisis Usaha Tani Kedelai, Kacang Hijau, Kacang Panjang*. Absolut. Yogyakarta. 133 hlm.

Badan Pusat Statistik. 2014. *Produksi Kacang Hijau di Indonesia*. 03 Januari 2015. bps.go.id.

Brundrett, M., N. Bougher, B. Del, T. Ove, and N. Malajczuk. 1996. *Working with Mycorrhizas in Forestry and Agriculture.* ACIAR. Peter Lynch (*Ed.*). Pirie Printers Canberra. Australia. p. 374.

Cahyono. 2008. *Kacang Hijau*: *Teknik Budidaya dan Analisis Usaha Tani*. Aneka Ilmu. Semarang. 122 hlm.

Damanik, M.M.B., B.E. Hasibuan, Fauzi, Sarifuddin, dan H. Hanum. 2010. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press. Medan. 304 hlm.

Fachruddin, L. 2000. *Budidaya Kacang Kacangan*. Kanisius. Yogyakarta. 120 hlm

Faryabi, E., V. Abdossi, M. Sibi, and Z. Marzban. 2015. *Effects of dual inoculation of mycorrhizal arbuscular fungi and rhizonium bacteria on yield and potassium content of corn grains and green bean under intercropping. J. of Novel Applied Science.* 4(6): 703-708.

Gemayel, E. L. 2008. Studi pengaruh pemberian mikoriza vesikular arbuskular (MVA) terhadap beberapa varietas kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.) pada media sub-optimum. (Skripsi). Universitas Sumatera Utara. Medan. 33 hlm.

Gonggo, B. M. 1998. *Pengaruh pupuk hayati dan kascing terhadap kandungan hara ultisol dan tanaman kedelai*. *JIPI.* 1 (3): 187−192.

Gonzalez, R.F., L.R. Cooperband. 2002. *Compost effects on soil physical properties and field nursery production*. *J. Compost Sci. Util*. 10:226−237.

Halis, P. M dan A. B Fitria. 2008. *Pengaruh jenis dan dosis cendawan mikoriza arbuskular terhadap pertumbuhan cabai (Capsicum annuum* L.*) pada tanah ultisol*. *Jurnal Biospecies*. 2: 59−62.

Handayanto dan K. Hairiah. 2007. *Biologi Tanah*. Pustaka Adipura. Yogyakarta.

Hardjowigeno, S. 1987. *Ilmu Tanah*. Mediyatama Sarana Perkasa. Jakarta. 220 hlm.

Hasibuan, B. E. 2006. *Ilmu Tanah*. Universitas Sumatera Utara Press. Medan.

Hermanto, F dan H. Kiswantoro. 2014. *Studi Pemanfaatan Mikoriza Arbuskular dan Efisiensi Pupuk Phospat terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kacang Hijau (Phaseolus radiatus* L.*) pada Tanah PMK*. Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal 2014. Hlm. 18−27.

Hetrick, B. A. D. 1984. *Ecology of VA Mycorrhizal Fungi*. CRC Press. Inc. Boca Raton. Florida. p. 35−56.

Jasmani. 2006. Respon kacang hijau (*Phaseolus radiatus*) varietas walet terhadap jarak tanam dan pemupukan phospor. (Skripsi). Fakultas Manajemen Agribisnis. Universitas Mercu Buana.

Karthahadimaja, J., R. Wentasari, dan R. N. Sesanti. 2010. *Pertumbuhan dan produksi polong segar edamame varietas Rioko pada empat jenis pupuk. J. Agrovigor.* 3(2): 131−137.

Kononova, M. M. 1961. *Soil Organic Matter*. T. Z.Nowakowski and greenwood (trans.). Pergamon. Oxford.

Krisnarini. 2013. Pertumbuhan bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) dengan aplikasi jenis fungi mikoriza arbuskular pada berbagai dosis fosfat dan bahan organik. (Tesis). Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung. 148 hlm.

Manan, S. 1993. *Pengaruh Mikoriza Pada Pertumbuhan Semai Pinus Merkusi di Persemaian.* Kuliah silvikultur umum. Fakultas Kehutanan IPB. Bogor. Hlm. 247−261.

Mohr, E.C.J., F.A. Van Baren, and J. Van Schuylenborgh. 1972. *A Comprehensive Study of Their Genesis.* Mouton-Ichtiar Baru-Vanhoerne. The Hague-Paris.

Mosse, B. 1981. *Vesicular-Arbuscular Mycorrhyza. Research for Tropical Agriculture.* Res. Bull. No. 194. Hawaii Inst. Of Trop. Aic. And Human Resource. Univ of Hawaii, Honolulu.

Muku, M. O. 2002. Pengaruh jarak tanam dalam barisan dan macam pupuk organik terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman bawang merah (*Allium ascalonicum* L.) di lahan kering. (Skripsi). Universitas Udayana. Denpasar.

Mulyani. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta. 177 hlm.

Munir, A. 1996. *Kesuburan Tanah*. Aneka Ilmu. Bandung.

Nadirin. 2002. Pemberian bahan organik dan pupuk majemuk NPK untuk meningkatkan produksi dan kualitas sawi (*Brassica juncea* L.) pada tanah inceptisol. (Skripsi). Universitas Udayana. Denpasar.

Pamuna, K., S. Darman, dan Y.S. Pata'dungan. 2013. *Pengaruh pupuk SP36 dan fungi mikoriza arbuscular terhadap serapan fosfat tanaman jagung (Zea mays* L.) *pada tanah oxic distrudepts Lemban Tongoa. J. Agrotekbis.* 1(1):23−29.

Powell, C.L. and D.J. Bagyaraj. 1984. *VA Mycorrhizae: Why All the Interest?. In* C.L. Powell and D.J. Bagyaraj (*eds*.). *VA Mycorrhiza.* CRC. Press, Inc. Boca Raton. Florida. p. 113−130.

Prabowo, P. 2012. Pengaruh pemberian mikoriza veskuler arbuskuler dan pupuk kompos terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman kacang hijau (*Phaseolus radiatus* L.). (Skripsi). Universitas Veteran Yogyakarta. Yogyakarta.

Prasetyo, B.H., dan D.A. Suriadikarta. 2006. *Karakteristik potensi dan teknologi pengelolaan tanah ultisol untuk pengembangan pertanian lahan kering di Indonesia. J. Litbang Pertanian*. 25 (2) : 43−44.

Pujianto. 2001. *Pemanfatan Jasad Mikro, Jamur Mikoriza dan Bakteri dalam Sistem Pertanian Berkelanjutan di Indonesia*. Tinjauan dari Perspektif Falsafah Sains. Makalah Falsafah Sains Program Pasca Sarjana. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Purwono dan H. Purnawati. 2002. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul.* Serial Agribisnis. Penebar Swadaya. Jakarta. 139 hlm.

Purwono dan R. Hartono. 2005. *Kacang Hijau*. Penebar Swadaya. Jakarta. 59 hlm.

Rao, N.S.S. 1994. *Mikroorganisme Tanah dan Pertumbuhan Tanaman*. Edisi Kedua. UI-Press. Jakarta. 353 hlm.

Renasari, N., Priyono, H. Aryantoro. 2013. *Pengaruh jenis bahan organik dan konsentrasi pupuk organik cair terhadap pertumbuhan dan hasil kacang hijau (Phaseolus radiatus* L.*). J. Inovasi Pertanian.* 12(2): 79−94.

Rengganis, R. D., Y. Hasanah, dan N. Rahmawati. 2014. *Peran fungi mikoriza arbuskula dan pupuk rock fosfat terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (Glycine max* [L.] Merrill*). J. Online Agroekoteknologi*. 2: 1087−1093.

Rhodes, L.H. and J.W. Gerdemann. 1980. *Nutrient Translocation in Vesicular-Arbuscular Mycorrhizae*, pp. 173-195. In C.B. Cook., P.W. Pappas, and E.D. Rudolph (Eds.), *Cellular interactions in Symbiosis and Parasitism*. Ohio State Univ. Press, Columbus.

Rokhminarsih, E. 1997. *Serapan unsur hara makro, pertumbuhan dan hasil bawang merah pada lahan pasir pantai dengan inokulasi mikoriza arbuskuler dan pupuk kandang. Majalah Ilmiah Universitas Soedirman Purwokerto.* 23(3): 12−21.

Sarief, E. S. 1986. *Kesuburan dan Pemupukan Tanah Pertanian*. Pustaka Buana. Bandung. 182 hlm.

Setiadi, Y. 2000. *Pemanfaatan Mikroorganisme dalam Kehutanan.* Pusat Antar Universitas Bioteknologi. Institut Pertanian Bogor. Bogor.

Shiddieq, J. dan Partoyo. 1999. *Suatu Pemikiran Mencari Paradigma Baru dalam Pengelolaan Tanah yang Ramah Lingkungan*. Prosiding Kongres Nasional. 7: 139−156.

Sieverding, E. 1991. *Vesicular-Arbuskular Mycorrhyza Management in Tropical Agrosystem.* Deutsche Gesellscaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH. Eschborn Germany. p. 371 .

Simanungkalit, R.D.M., dan D.R. Lukiwati. 2001. *Growth and nutrient uptake of Calliandra callothyrsus as affected by arbuscular mycorrhizal inoculation and application of two different phosphate forms*. Paper presented at the Third International Conference On Mycorrhizas on October 8-13, 2001 in Adelaide, Australia.

Smith, S. E and Read. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis*. Third ed. Academic Press, New York. 90 hlm.

Soepardi, G. 1983. *Sifat dan Ciri Tanah*. Fakultas Pertanian Institut Pertanian Bogor. Bogor. 591 hlm.

Stevenson, F. J. 1994. *Humus Chemistry: Genesis, Composition, Reactions*. John Wileyand Sons Inc. New York. 443 hlm.

Sugih, C. S. 2011. *Mineral Tanaman.* 05 Januari 2015. http://www.sugihciptasantosa.com/html.

Sukmawati. 2013. *Respon Tanaman Kedelai Terhadap Pemberian Pupuk Organik, Inokulasi FMA, dan Varietas Kedelai di Tanah Pasiran*. Media Bina Ilmiah. 7(4): 26−31.

Sundram, S. 2010. *Growth effects by arbuscular mycorrhiza fungi on oil palm (Elaeis guieensis Jacq.) seedlings. J. of Oil Palm Research.* 22: 796−802.

Suprapto, H. S. 2007. *Bertanam Kacang Hijau. Cet.XX.* Penebar Swadaya. Jakarta. 44 hlm.

Suwahyono, U. 2011. *Petunjuk Praktis Penggunaan Pupuk Organik Secara Efektif dan Efisien*. Penebar Swadaya. Jakarta. 124 hlm.

Tan, K. H. 1992. *Dasar-dasar Kimia Tanah*. Diterjemahkan oleh Goenadi dan Bostang Rajagukguk. UGM Press. Yogyakarta. 295 hlm.

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. 62 hlm.

Widowati, L.R., S. Widati, dan D. Setyorini. 2004. *Karakterisasi Pupuk Organik dan Pupuk Hayati yang Efektif untuk Budidaya Sayuran Organik*. Laporan Proyek Penelitian Program Pengembangan Agribisnis. Balai Penelitian Tanah, TA 2004.

Wiryanta, W. dan Bernardinus. 2002. *Bertanam Cabai pada Musim Hujan*. Agromedia Pustaka. Jakarta. 91 hlm.

Wubet, T.I., Kottke, Teketay, dan Oberwinkler. 2003. *Mycorrhizal status of indigenous trees in dry afromontane forest of Ethiopia*. *Ethiopian Agricultural Research.* Forest Ecology And Management. 179: 387−399.

Zein, F. 2004. Pengaruh mikoriza vesicular arbuskular (MVA) dan rhizobium terhadap serapan N dan P serta produksi tanaman kedelai (*Glycine max* L.) pada tanah ultisol. (Skripsi). Fakultas Pertanian. Universitas Sumatera Utara. Medan.

Zuhri, E. dan F. Puspita. 2008. *Pemberian cendawan mikoriza arbuskula pada tanah podzolik merah kuning terhadap pertumbuhan dan produksi kedelai (Glycine max* L.). *J. Sagu.* 7: 25−29.