

**ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN ENUMERASI SPORA MIKORIZA PADA  
RHIZOSFER TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.) AKIBAT APLIKASI  
BIOCHAR DAN KOTORAN AYAM PADA MUSIM TANAM KE-3**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**GALUH NOVRILLIA PUSPITA**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRACT

### ISOLATION, IDENTIFICATION, AND ENUMERATION OF MYCORRHIZAL SPORES IN THE RHIZOSPHERE OF CORN (*Zea mays* L.) AS A RESULT OF APPLICATION OF BIOCHAR AND CHICKEN MANURE IN THE 3<sup>rd</sup> GROWING SEASON

By

GALUH NOVRILLIA PUSPITA

Ultisols have low organic matter and microorganism activity, so it is necessary to improve soil quality by adding biochar and chicken manure. One of the soil microorganisms that exist can increase the efficiency of fertilizer use is Vesicular Arbuscular Mycorrhiza (VAM). This research aims to study the effect of application the biochar and chicken manure on VAM population, diversity, infection and to study the correlation between total-P, available-P, C-organic, pH, temperature, and moisture content with MVA population and infection. The design was used is a non-factorial Randomized Block Design (RBD) with 4 groups and 4 treatments, namely, B<sub>0</sub> = control, B<sub>1</sub> = biochar 5 tons ha<sup>-1</sup>, B<sub>2</sub> = chicken manure 5 tons ha<sup>-1</sup>, and B<sub>3</sub> = combination of biochar and manure chicken 5 tons ha<sup>-1</sup>. The data were analyzed by analysis of variance and continued with the 5% BNT test and a correlation test was performed between soil properties population and VAM infection. The results showed that the VAM population treated with the combination of biochar and chicken manure was higher than the other treatments at 0 days after planting (DAP) and 65 days after planting (DAP), but the diversity and percentage of VAM infections were not affected by the treatment application. There was a positive correlation between available-P, C-organic, pH, and moisture content with the VAM spore population, as well as a positive correlation between available-P to the percent of root infection by VAM. Identification of VAM morphologically in all treatments resulted in 3 genera, namely Glomus, Gigaspora, and Acaulospora.

Keywords: biochar, chicken manure, organic matter, vesicular arbuscular mycorrhiza

## ABSTRAK

### ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN ENUMERASI SPORA MIKORIZA PADA RHIZOSFER TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.) AKIBAT APLIKASI BIOCHAR DAN KOTORAN AYAM PADA MUSIM TANAM KE-3

Oleh

GALUH NOVRILLIA PUSPITA

Tanah Ultisol memiliki karakteristik bahan organik dan aktivitas mikroorganisme yang rendah sehingga perlu adanya peningkatan kualitas tanah dengan pemberian biochar dan kotoran ayam. Salah satu mikroorganisme tanah yang keberadaannya dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk adalah Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA). Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh aplikasi biochar dan kotoran ayam terhadap populasi, keragaman, dan infeksi MVA serta mempelajari korelasi antara P-total, P-tersedia, C-organik, pH, suhu, dan kadar air dengan populasi dan infeksi MVA. Rancangan yang digunakan yaitu Rancangan Acak Kelompok (RAK) non faktorial dengan 4 kelompok dan 4 perlakuan yaitu, B<sub>0</sub> = kontrol, B<sub>1</sub> = biochar 5 ton ha<sup>-1</sup>, B<sub>2</sub> = kotoran ayam 5 ton ha<sup>-1</sup>, dan B<sub>3</sub> = kombinasi biochar dan kotoran ayam 5 ton ha<sup>-1</sup>. Data dianalisis dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan uji BNT 5% dan dilakukan uji korelasi antara sifat tanah dengan populasi dan infeksi MVA. Hasil penelitian menunjukkan bahwa populasi MVA dengan perlakuan kombinasi biochar dan kotoran ayam lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan lainnya pada 0 hari setelah tanam (HST) dan 65 hari setelah tanam (HST), namun keragaman dan persen infeksi MVA tidak dipengaruhi oleh aplikasi perlakuan. Terdapat korelasi positif antara P-tersedia, C-organik, pH, dan kadar air dengan populasi spora MVA, serta korelasi positif antara P-tersedia terhadap persen infeksi akar oleh MVA. Identifikasi MVA secara morfologi pada semua perlakuan diperoleh 3 genus yaitu *Glomus*, *Gigaspora*, dan *Acaulospora*.

Kata kunci : bahan organik, biochar, kotoran ayam, mikoriza vesikular arbuskular

**ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN ENUMERASI SPORA MIKORIZA PADA  
RHIZOSFER TANAMAN JAGUNG (*Zea mays* L.) AKIBAT APLIKASI  
BIOCHAR DAN KOTORAN AYAM PADA MUSIM TANAM KE-3**

**Oleh**

**GALUH NOVRILLIA PUSPITA**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Program Studi Ilmu Tanah  
Fakultas Pertanian, Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**



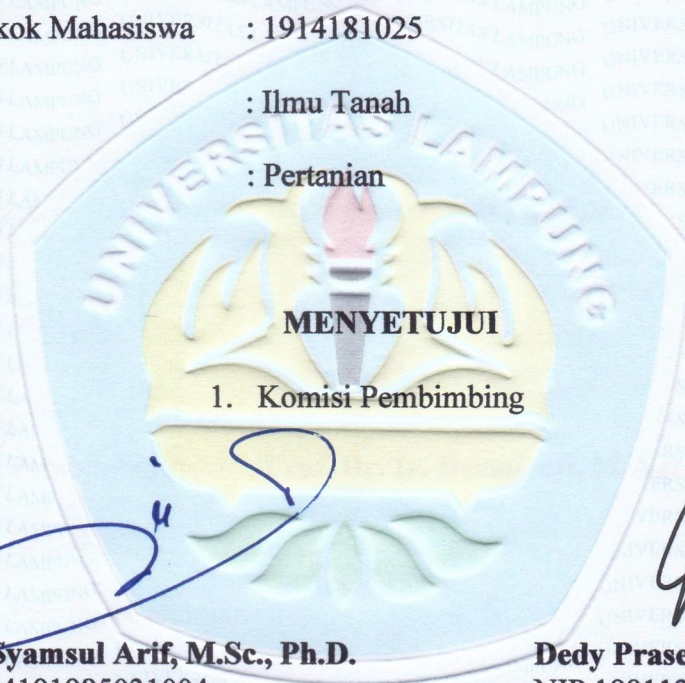
Judul : **ISOLASI, IDENTIFIKASI, DAN  
ENUMERASI SPORA MIKORIZA PADA  
RHIZOSFER TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*  
L.) AKIBAT APLIKASI BIOCHAR DAN  
KOTORAN AYAM PADA MUSIM TANAM  
KE-3**

Nama Mahasiswa : **Galuh Novrillia Puspita**

Nomor Pokok Mahasiswa : 1914181025

Jurusan : Ilmu Tanah

Fakultas : Pertanian



**Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.**  
NIP 196104191985031004

**Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.**  
NIP 199112212019031016

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

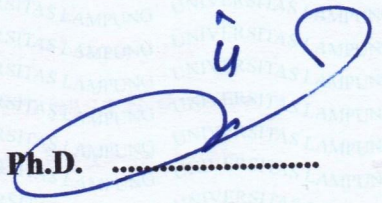
**Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**  
NIP 196611151990101001



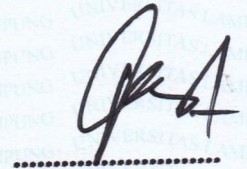
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

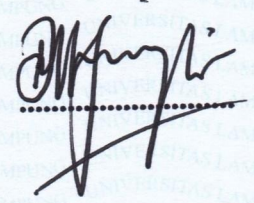
**Ketua : Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.** .....



**Sekretaris : Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.**



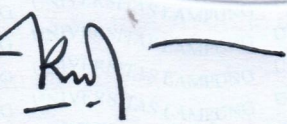
**Penguji Bukan Pembimbing : Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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



**Tanggal Ujian Lulus Skripsi : 7 Agustus 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Isolasi, Identifikasi, dan Enumerasi Spora Mikoriza pada Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Aplikasi Biochar dan Kotoran Ayam pada Musim Tanam Ke-3”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari DIPA BLU LPPM Universitas Lampung tahun 2022 yang dilakukan bersama dengan dosen Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung, yaitu :

1. Prof. Dr. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Ph.D.
2. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.
3. Dedy Prasetyo, S.P., M.Si.
4. Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.

Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 7 Agustus 2023

Penulis,



Galuh Novrillia Puspita  
NPM 1914181025



## RIWAYAT HIDUP



**Galuh Novrillia Puspita.** Penulis dilahirkan di Gadingrejo pada tanggal 1 November 2001 sebagai anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Sudi Haryono, S.Pd. dan Ibu Asih, S.Pd. Penulis memiliki kakak laki-laki bernama Galih Yudhistira Abi, A.Md.Pi. Penulis memulai pendidikan formal di SD Negeri 3 Gadingrejo pada tahun 2007-2013, lalu melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2013-2016 dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 1 Gadingrejo pada tahun 2016-2019.

Penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang perguruan tinggi pada tahun 2019 dan terdaftar sebagai mahasiswa di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur SBMPTN. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam mengikuti kegiatan akademik dan organisasi. Untuk kegiatan akademik penulis pernah mengikuti Program Pertukaran Mahasiswa Tanah Air Nusantara–Sistem Alih Kredit (PERMATA-SARI) di Institut Pertanian Bogor (IPB) dengan matakuliah Dasar Ilmu dan Teknologi Benih, kemudian di Universitas Riau dengan matakuliah Teknologi Produksi Tanaman Perkebunan dan Industri Ekosistem Sub-Optimal I. Selain itu, penulis pernah menjadi asisten dosen praktikum Biologi Dasar, Mikrobiologi Pertanian, dan Teknik Pengolahan Agen Biologis Hara. Sedangkan untuk kegiatan organisasi, penulis pernah tergabung dalam Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (GAMATALA) pada tahun 2020-2023.

Pada bulan Februari-Maret tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di desa Bumirejo, Kecamatan Pagelaran, Kabupaten Pringsewu. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2022 melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di Pupuk Organik Kalam Gadingrejo, Kecamatan Gadingrejo, Kabupaten Pringsewu.



## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian penelitian dan penulisan skripsi dengan judul “Isolasi, Identifikasi, dan Enumerasi Spora Mikoriza pada Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Aplikasi Biochar dan Kotoran Ayam Musim Tanam Ke-3”.

Pada kesempatan ini, penulis menyampaikan ucapan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam penyelesaian skripsi ini, yaitu kepada :

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Ir. Hery Novpriyansah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing utama atas bimbingan, nasihat, ilmu, dan motivasi selama penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Dedy Prasetyo, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua, Pembimbing Akademik, dan Pembimbing DP2S atas ide, bimbingan, motivasi, nasihat, serta kesabarannya selama penulis menjalankan proses penelitian dari awal hingga akhir, sampai penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Dermiyati, M.Agr.Sc., selaku dosen penguji yang telah memberikan arahan, saran, dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi.

6. Kedua orangtuaku tercinta Ibu Asih dan Bapak Sudi Haryono. Mamasku Galih Yudhistira Abi, Mbaku Kartika Budiarti, dan Ponakanku Abidzar Nayaka Yudhistira, serta keluarga besar tercinta yang telah mencurahkan segala dukungan, kasih sayang, cinta, serta do'a yang tulus dan semangat sepanjang hidup penulis.
7. Sahabat-sahabatku, Deva Maharani Wirakrama, Annida, Selfy Nursyfa, Teva Agnes Arianti, Annur Mutiatul Khomsah atas semangat, keceriaan, motivasi serta do'a yang tulus sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
8. Mahasiswa dengan NPM 1916071026 atas bantuan, motivasi, semangat, do'a serta sudah menjadi teman berdiskusi yang sangat baik sehingga penulisan skripsi ini berjalan dengan lancar.
9. Wulandari, Dini Setia Efendi, dan Ellen Aprillia Ananda selaku partner di laboratorium yang saling memberikan semangat dan senantiasa membantu kelancaran analisis dari awal hingga selesai.
10. Teman-teman satu tim penelitian Danang Arjuana, Abdi Fawwaz Pasya, M. Andri Saputra, Andika Ferdiansyah, Indra Riswanto, dan Marcellin Dinata atas kerjasamanya dalam melaksanakan penelitian.
11. Teman-teman tercinta Ilmu Tanah 2019 dan semua pihak yang tidak dapat penulis sebutkan satu per satu, yang telah membantu, memberikan semangat, do'a dan kebahagiaan kebersamaan selama perkuliahn hingga penyelesaian skripsi ini.

Akhir kata, penulis berharap semoga Allah SWT memberikan rahmat dan pahala yang berlimpah pada mereka dan menjadikannya sebagai ibadah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan penulis berharap semoga skripsi ini dapat berguna dan bermanfaat, Aamiin.

Bandar Lampung, 7 Agustus 2023

Penulis

**Galuh Novrillia Puspita**

## MOTTO

“Dan (ingatlah) ketika Tuhanmu memaklumkan; “Sesungguhnya jika kamu bersyukur, niscaya Aku akan menambah (nikmat) kepadamu, tetapi jika kamu mengingkari (nikmat-Ku), sesungguhnya azab-Ku sangat berat”

(Q.S. Ibrahim 14 : 7)

“Jangan takut jatuh, karena yang tidak pernah memanjatlah yang tidak pernah jatuh. Jangan takut gagal, karena yang tidak pernah gagal hanyalah orang-orang yang tidak melangkah. Jangan takut salah, karena dengan kesalahan yang pertama kita dapat menambah pengetahuan untuk mencari jalan yang benar pada langkah yang kedua”

(Buya Hamka)

“Jangan berhenti hanya karena hasilnya belum sesuai ekspektasi, upayakan lagi, doakan lagi”

(Lee Taeyong)



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>i</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>xi</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Tujuan Penelitian .....	4
1.3 Kerangka Pemikiran.....	5
1.4 Hipotesis.....	10
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Karakteristik dan Kendala Tanah Ultisol.....	11
2.2 Biochar sebagai Bahan Pembena Tanah .....	12
2.3 Kotoran Ayam sebagai Sumber Bahan Organik .....	13
2.4 Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) .....	14
2.4.1 Jenis-Jenis Mikoriza.....	16
2.4.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Keberadaan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) .....	17
2.4.3 Siklus Hidup Mikoriza .....	19
2.4.4 Peran Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dalam Memperbaiki Kualitas Tanah.....	20
2.5 Tanaman Jagung .....	22
<b>III. METODE PENELITIAN</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	23
3.2 Sejarah Lahan.....	23
3.3 Alat dan Bahan.....	24
3.4 Metode Penelitian .....	24
3.5 Pelaksanaan Penelitian.....	25
3.5.1 Pembuatan Biochar .....	25
3.5.2 Persiapan Lahan .....	26

3.5.3 Aplikasi Biochar dan Kotoran Ayam.....	26
3.5.4 Penanaman .....	27
3.5.5 Pemupukan.....	
273.5.6 Pemeliharaan.....	27
3.5.7 Panen.....	28
3.6 Variabel Pengamatan .....	28
3.6.1 Variabel Utama .....	29
3.6.2 Variabel pendukung .....	31
3.6.2.1 P-tersedia dan P-total Tanah.....	31
3.6.2.2 C-organik.....	33
3.6.2.3 pH Tanah .....	34
3.6.2.4 Suhu Tanah.....	34
3.6.2.4 Kadar Air Tanah.....	34
3.7 Analisis Data .....	35

#### **IV. HASIL DAN PEMBAHASAN**

4.1 Hasil Penelitian .....	36
4.1.1 Karakteristik Biochar dan Kotoran Ayam .....	36
4.1.2 Populasi Spora Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) ...	36
4.1.3 Persen Infeksi Akar oleh Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) .....	38
4.1.4 Karakterisasi Keanekaragaman Spora Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA).....	39
4.1.5 Karakteristik Sifat Fisika dan Kimia Tanah.....	41
4.1.6 Korelasi antara Populasi dan Persen Infeksi Akar oleh Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA).....	44
4.1.7 Korelasi antara Populasi MVA dengan P-total, P-tersedia, C-organik, pH, Suhu, dan Kadar Air.....	45
4.1.8 Korelasi antara Infeksi Akar oleh MVA dengan P-total, P-tersedia, C-organik, pH, Suhu, dan Kadar Air.....	48
4.2 Pembahasan.....	49

#### **V. SIMPULAN DAN SARAN**

5.1 Simpulan .....	61
5.2 Saran .....	61

#### **DAFTAR PUSTAKA**

#### **LAMPIRAN**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Karakteristik biochar dan kotoran ayam pada penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung ( <i>Zea mays</i> L.) .....	36
2. Ringkasan analisis ragam populasi spora MVA pada rhizosfer tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	37
3. Populasi spora MVA pada rhizosfer tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya pada 0 HST dan 110 HST .....	37
4. Ringkasan analisis ragam infeksi MVA pada akar tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	38
5. Karakteristik dan identifikasi spora MVA setiap genus pada rhizosfer tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	39
6. Ringkasan analisis ragam keanekaragaman MVA pada tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	40
7. Keanekaragaman MVA pada rhizosfer tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	41
8. Ringkasan analisis ragam kadar air tanah dan suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	42
9. Korelasi antara Populasi dan Persen Infeksi Akar oleh MVA pada Tanaman Jagung Akibat Aplikasi Biochar, Kotoran Ayam, dan Kombinasinya .....	45
10. Korelasi antara populasi MVA dengan P-total, P-tersedia, C-organik, pH, suhu, dan kadar air pada tanaman jagung akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam, dan kombinasinya .....	45
11. Korelasi antara P-total, P-tersedia, C-organik, pH, suhu, dan kadar	



air dengan persen infeksi akar oleh MVA pada tanaman jagung akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam, dan kombinasinya .....	49
12. Populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	72
13. Uji homogenitas populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP .....	72
14. Analisis ragam populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP .....	72
15. Populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	73
16. Uji homogenitas populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	73
17. Analisis ragam populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	73
18. Populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	74
19. Uji homogenitas populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	74
20. Analisis ragam populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	74
21. Populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST .....	75
22. Uji homogenitas populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST .....	75
23. Analisis ragam populasi spora MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST .....	75
24. Persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	76
25. Uji homogenitas persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	76
26. Analisis ragam persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasibiochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	76

27. Persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	77
28. Uji homogenitas persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	77
29. Analisis ragam persen infeksi akar oleh MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	77
30. Keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	78
31. Uji homogenitas keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	78
32. Analisis ragam keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	78
33. Keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST.....	79
34. Uji homogenitas keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST.....	79
35. Analisis ragam keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST.....	79
36. Keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	80
37. Uji homogenitas keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	80
38. Analisis ragam MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	80
39. Keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	81
40. Uji homogenitas keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	81
41. Analisis ragam keanekaragaman MVA akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	81
42. Kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	82

42. Uji homogenitas kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP .....	82
44. Analisis ragam kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam dan kombinasinya saat SAP .....	82
45. Kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	83
46. Uji homogenitas kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST.....	83
47. Analisis ragam kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST.....	83
48. Kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	84
49. Uji homogenitas kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	84
50. Analisis ragam kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	84
51. Kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST .....	85
52. Uji homogenitas kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	85
53. Analisis ragam kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	85
54. Suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP .....	86
55. Uji homogenitas suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	86
56. Analisis ragam suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat SAP.....	86
57. Suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	87
58. Uji homogenitas suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	87



59. Analisis ragam suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 0 HST .....	87
60. Suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST.....	88
61. Uji homogenitas suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	88
62. Analisis ragam suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 65 HST .....	88
63. Suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	89
64. Uji homogenitas suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST.....	89
65. Analisis ragam suhu tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya saat 110 HST .....	89
66. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-total tanah saat SAP.....	90
67. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-tersedia tanah saat SAP .....	90
68. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan C-organik tanah saat SAP .....	90
69. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan suhu tanah saat SAP.....	90
70. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan kadar air tanah saat SAP .....	91
71. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan pH tanah saat SAP .....	91
72. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan C-organik tanah saat 0 HST.....	91
73. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan suhu tanah saat 0 HST.....	91
74. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan kadar air tanah saat 0 HST .....	92

75. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan pH tanah saat 0 HST .....	92
76. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-total tanah saat 65 HST .....	92
77. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-tersedia tanah saat 65 HST .....	92
78. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan C-organik tanah saat 65 HST .....	93
79. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan suhu tanah saat 65 HST.....	93
80. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan kadar air tanah saat 65 HST .....	93
81. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan pH tanah saat 65 HST .....	93
82. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-total tanah saat 110 HST .....	94
83. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan P-tersedia tanah saat 110 HST .....	94
84. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan C-organik tanah saat 110 HST .....	94
85. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan suhu tanah saat 110 HST.....	94
86. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan kadar air tanah saat 110 HST .....	95
87. Uji korelasi antara populasi spora MVA (spora per 100 g tanah) dengan pH tanah saat 110 HST .....	95
88. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan P-total tanah saat 65 HST .....	95
89. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan P-tersedia tanah saat 65 HST .....	95
90. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan C-organik tanah saat 65 HST .....	96

91. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan suhu tanah saat 65 HST .....	96
92. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan kadar air tanah saat 65 HST .....	96
93. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan pH tanah saat 65 HST .....	96
94. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan P-total tanah saat 110 HST .....	97
95. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan P-tersedia tanah saat 110 HST .....	97
96. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan C-organik tanah saat 110 HST .....	97
97. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan suhu tanah saat 110 HST .....	97
98. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan kadar air tanah saat 110 HST .....	98
99. Uji korelasi antara persen infeksi MVA dengan pH tanah saat 110 HST .....	98
100. Populasi genus MVA pada rhizosfer tanaman jagung akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya.....	98
101. Hasil anaisis P-total tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya.....	99
102. Hasil anlaisis P-tersedia tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	99
103. Hasil anaisis C-organik tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	99
104. Suhu tanah di Lapang akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya.....	100
105. Hasil anaisis kadar air tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	101
106. Hasil anaisis pH tanah akibat aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya .....	102



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung ( <i>Zea mays</i> L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3 .....	9
2. Ektomikoriza pada tanaman tengkawang ( <i>Shorea beccariana</i> ).....	16
3. Endomikoriza pada tanaman jati putih ( <i>Gmelina arborea</i> ) .....	17
4. Ektendomikoriza pada tanaman jati putih ( <i>Gmelina arborea</i> ) .....	17
5. Plot lahan penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung ( <i>Zea mays</i> L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.....	25
6. Ilustrasi pembuatan biochar yang digunakan pada penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung ( <i>Zea mays</i> L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3 .....	26
7. Tata letak pengambilan sampel mikoriza vesikular arbuskular (MVA) pada penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung ( <i>Zea mays</i> L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.....	28
8. Infeksi akar oleh MVA pada tanaman jagung yang terdapat struktur vesikel (A dan B) serta arbuskular (C).....	38
9. Genus spora mikoriza vesikular arbuskular (MVA) .....	39
10. Kemasaman tanah (pH) H <sub>2</sub> O terhadap setiap perlakuan pada SAP, 0 HST, 65 HST, dan 110 HST .....	42
11. P-total tanah (mg/100g) terhadap setiap perlakuan pada SAP, 65 HST, dan 110 HST .....	43

12. P-tersedia tanah (ppm) terhadap setiap perlakuan pada SAP, 65 HST, dan 110 HST .....	43
13. C-organik tanah (%) terhadap setiap perlakuan pada SAP, 0 HST, 65 HST, dan 110 HST .....	44
14. Korelasi antara P-tersedia tanah dengan populasi spora MVA saat 65 HST .....	45
15. Korelasi antara P-tersedia tanah dengan populasi spora MVA saat 110 HST .....	46
16. Korelasi antara C-organik tanah dengan populasi spora MVA saat 0 HST .....	46
17. Korelasi antara C-organik tanah dengan populasi spora MVA saat 65 HST .....	47
18. Korelasi antara C-organik tanah dengan populasi spora MVA saat 110 HST .....	47
19. Korelasi antara pH tanah dengan populasi spora MVA saat 0 HST .....	48
20. Korelasi antara kadar air tanah dengan populasi spora MVA saat 0 HST .....	48
21. Korelasi antara P-tersedia tanah terhadap infeksi akar oleh MVA saat 110 HST .....	49

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Indonesia merupakan negara dengan jumlah populasi manusia yang setiap tahunnya terus mengalami peningkatan, sehingga harus diimbangi dengan kebutuhan pangan yang akan terus meningkat. Lahan di Indonesia didominasi oleh lahan kering masam dengan penyebaran yang paling luas adalah jenis tanah Ultisol, yang memiliki luasan sekitar 48,3 juta ha, sehingga tanah Ultisol dijadikan sebagai sasaran program perluasan areal dalam sektor pertanian (Mulyani dkk., 2010). Tanah Ultisol memiliki karakteristik utama yakni nilai kejenuhan basa < 35%, bahan organik rendah, dan aktivitas mikroorganisme yang rendah (Ritung dkk., 2015).

Tanah di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) Fakultas Pertanian Unila termasuk ke dalam jenis tanah Ultisol menurut survei dan identifikasi jenis tanah yang telah dilakukan (Banuwa dkk., 2011) dengan beberapa perubahan sifat kimia pada tanah Ultisol akibat aplikasi perlakuan secara berkelanjutan yakni biochar dan kotoran ayam. Aplikasi biochar dan kotoran ayam selama 3 musim tanam mengakibatkan adanya perubahan pH pada tanah tersebut yakni, pada musim tanam ke-1 pH berkisar antara 6,0 – 6,2 dan pada musim tanam ke-2 pH berkisar antara 6,35 – 6,56 (Harja dkk., 2022). Perbaikan tanah Ultisol dengan aplikasi biochar dan kotoran ayam memberikan dampak nyata pada perubahan pH secara signifikan walaupun masih tergolong ke dalam kategori agak masam. pH tanah sudah dapat dikatakan baik, namun kandungan C-organik tanah masih dalam kategori rendah.

Biochar merupakan bahan pembenah tanah yang kaya akan kandungan karbon dan diketahui mempunyai banyak manfaat apabila diaplikasikan ke dalam tanah. Aplikasi biochar dapat meningkatkan pH tanah, karena biochar memiliki gugus aktif fenol (-OH), karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) yang dapat bereaksi serta mengikat  $H^+$  dan  $Al^{3+}$  pada tanah masam sehingga mengurangi konsentrasi  $H^+$  yang dilarutkan dan pH akan meningkat. Ketersediaan hara di dalam tanah secara tidak langsung juga akan ikut berpengaruh karena adanya perubahan pH akibat adanya aplikasi biochar. Ketersediaan hara makro dan mikro esensial tanaman akibat peningkatan pH nantinya akan digunakan tanaman untuk tumbuh dan berkembang, kemudian tanaman yang tumbuh secara optimal akan menghasilkan ekudat akar yang digunakan mikoriza sebagai sumber energinya (Antonius dkk., 2018). Biochar dapat meretensi hara dan air, meningkatkan pH, KTK, menjaga kelembaban tanah, serta menciptakan habitat yang baik untuk mikroorganisme simbiotik tanah seperti mikoriza (Neneng *et al.*, 2015). Gani (2009) menyatakan bahwa biochar dapat menyediakan tempat hidup bagi mikroorganisme tanah.

Selain pemanfaatan biochar, upaya lain yang dapat dilakukan yaitu dengan pemberian kotoran ayam. Kotoran ayam merupakan pupuk organik yang memiliki kandungan unsur hara makro yang lengkap khususnya N dan P yang lebih tinggi dibandingkan dengan kotoran hewan lainnya. Aplikasi kotoran ayam memiliki pengaruh yang positif terhadap sifat fisika dan aktivitas mikroorganisme di dalam tanah (Yuliana dkk., 2015). Izzudin (2012) menyatakan bahwa bahan organik seperti kotoran ayam dapat mempengaruhi jumlah dan aktivitas mikroorganisme tanah, karena bahan organik merupakan salah satu sumber energi mikroorganime. Penggunaan kotoran ayam secara terus-menerus akan berdampak positif terhadap kesuburan tanah yakni memperbaiki agregat dan struktur tanah, sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan baik karena terciptanya sifat tanah yang remah dan gembur (Marlina dkk., 2015).

Kotoran ayam dapat menyumbangkan unsur hara ke dalam tanah serta dapat memperbaiki sifat fisika, kimia, dan biologi tanah. Apabila sifat fisika tanah baik, maka perkembangan akar akan semakin dalam dan ekspansif, sehingga dapat menyerap unsur hara yang lebih banyak di dalam tanah. Hasil Penelitian Yusnaini (2009), menyatakan bahwa pemberian kotoran ayam 100% selain dapat meningkatkan pH dan kandungan bahan organik juga dapat meningkatkan aktivitas Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dalam menginfeksi akar tanaman jagung. Pemberian pupuk organik berupa kotoran ayam dapat meningkatkan kolonisasi MVA pada akar tanaman jagung.

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) adalah fungi yang dapat bersimbiosis dengan tanaman tingkat tinggi. Mikoriza mampu meningkatkan kapasitas serapan unsur hara terutama unsur hara P yang memiliki sifat *immobile* dan tidak tersedia bagi tanaman. Keberadaan mikoriza dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk karena mikoriza dapat menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melarutkan P yang terikat di dalam tanah terutama pada tanah masam seperti Ultisol. Fungi ini juga mampu memperluas bidang serapan hara menggunakan hifa eksternalnya sehingga akan meningkatkan volume tanah yang dapat dijangkau dan membuat tanaman lebih mudah mengambil air dan hara di dalam tanah. Hifa dari fungi mikoriza ini mampu berkembang di dalam tanah sehingga dapat memperbaiki struktur tanah dan membuat tanah menjadi gembur (Sieverding, 1991).

Mikoriza merupakan fungi yang dapat bersimbiosis mutualisme dengan perakaran tanaman. Simbiosis antara mikoriza dan akar tanaman ini sangat menguntungkan karena mikoriza mendapatkan fotosintat dari eksudat akar tanaman inang sebagai sumber energi, sedangkan tanaman inang akan mendapatkan unsur hara yang lebih banyak terutama unsur hara makro yang *immobile* seperti unsur P melalui bantuan dari hifa ekstraradikal dari mikoriza (Rini dan Hidayat, 2016). Biochar digunakan sebagai agen untuk meningkatkan daya jerap kation serta dapat memberikan tempat hidup bagi aktifitas dan perkembangan mikroorganisme seperti mikoriza (Neneng *et al.*, 2015). Kotoran ayam selain sebagai penyumbang

unsur hara juga sebagai sumber bahan organik tanah yang dapat digunakan untuk pertumbuhan tanaman yang nantinya akan mempengaruhi populasi dan keragaman mikoriza (Izzudin, 2012).

Oleh karena itu perlu dilakukan penelitian dampak aplikasi biochar dan kotoran ayam untuk meningkatkan kualitas tanah dan untuk melihat keragaman serta populasi dan infeksi mikoriza dengan tanaman indikator jagung.

Penelitian ini dilakukan untuk menjawab masalah yang dirumuskan dalam pernyataan sebagai berikut :

1. Apakah aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya dapat memengaruhi populasi dan keragaman MVA pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3?
2. Apakah aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya dapat memengaruhi infeksi MVA pada akar tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3?
3. Apakah terdapat korelasi antara populasi dan infeksi MVA dengan P-total, P-tersedia, C-organik, suhu, pH, kadar air pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke- 3?

## **1.2 Tujuan**

1. Mempelajari pengaruh aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya terhadap populasi dan keragaman MVA pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.
2. Mempelajari pengaruh aplikasi biochar, kotoran ayam, dan kombinasinya terhadap infeksi MVA pada akar tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.
3. Mempelajari korelasi antara populasi dan infeksi MVA dengan P-total, P-tersedia, C-organik, suhu, pH, kadar air tanah pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.

### 1.3 Kerangka Pemikiran

Tanah di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) di kategorikan jenis tanah Ultisol menurut survei dan identifikasi jenis tanah yang dilakukan (Banuwa dkk., 2011). Namun, tanah Ultisol pada lahan penelitian ini sudah mengalami beberapa perubahan sifat kimia seperti pH dan C-organik akibat adanya perlakuan berkelanjutan dengan aplikasi biochar, kotoran ayam dan kombinasinya sehingga perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait dampak aplikasi tersebut.

Biochar merupakan bahan pembenah tanah dengan kandungan karbon tinggi (40-60%) yang dapat memperbaiki dan meningkatkan kualitas tanah yang bersifat resisten terhadap pelapukan. Biochar dapat dibuat dari berbagai jenis bahan seperti sekam padi. Biochar sekam padi memiliki pori dan luas permukaan yang tinggi berdasarkan bahan dasarnya. Biochar secara tidak langsung dapat meningkatkan ketersediaan hara, pH dan KTK. Hal ini sejalan dengan pernyataan Antonius dkk. (2018) bahwa biochar memiliki struktur yang berpori dan permukaan biochar memiliki gugus fungsional fenolik (-OH), karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH) yang dapat bereaksi serta mengikat  $H^+$  dan  $Al^{3+}$  pada tanah masam sehingga mengurangi konsentrasi  $H^+$  yang dilarutkan dan pH akan meningkat.

Biochar sekam padi merupakan salah satu jenis biochar yang dapat mereduksi senyawa Al dan Fe sehingga P di dalam tanah dapat tersedia bagi tanaman khususnya pada tanah-tanah marginal. Al dan Fe akan diikat oleh senyawa organik agar tidak mudah larut. Hasil penelitian Neneng *et al.* (2015) menyatakan bahwa aplikasi biochar dengan dosis  $10 \text{ ton ha}^{-1}$  efektif dalam meningkatkan ketersediaan air dan produksi jagung pipilan sebesar  $4 \text{ ton ha}^{-1}$  yang meningkat dua kali lipat per tahun pada lahan kering masam karena biochar memiliki kemampuan dalam meretensi hara, air, dan udara. Selain meningkatkan hasil produksi tanaman, biochar dapat menciptakan ruang dan lingkungan yang bersifat netral pada tanah masam sehingga optimum bagi metabolisme mikroorganisme simbiotik tanah seperti mikoriza. Malo (2020) menambahkan bahwa biochar



mampu menyediakan habitat yang baik bagi mikroorganisme tanah sehingga meningkatkan jumlah dan aktivitas biologis tanah yang bermuara pada peningkatan produksi tanaman, selain itu biochar digunakan mikroorganisme sebagai tempat tinggal atau tempat hidup mikroorganisme. Hasil penelitian Antonius dkk. (2018) menyatakan bahwa penambahan biochar dengan dosis 10 ton ha<sup>-1</sup> dapat meningkatkan jumlah dan aktifitas mikroorganisme di dalam tanah karena biochar digunakan sebagai tempat tumbuh mikroorganisme yang dapat tertinggal di dalam tanah hingga ratusan tahun.

Kotoran ayam merupakan pupuk organik yang memiliki kandungan hara cukup tinggi. Hasil penelitian Sutedjo (2002) menyatakan bahwa kotoran ayam memiliki kandungan hara yang cukup tinggi yakni 2,6% (N), 2,9% (P), dan 3,4% (K) dengan perbandingan C/N ratio sebesar 8,3 sehingga kotoran ayam mengandung unsur hara tiga kali lebih besar dari pada pupuk kotoran ternak lainnya. Pangaribuan dan Pujiswanto (2008) menunjukkan bahwa pemberian kotoran ayam mampu meningkatkan konsentrasi hara makro di dalam tanah terutama N, P dan K, sehingga kotoran ayam dapat dijadikan sebagai sumber karbon bagi keberlangsungan metabolisme dan siklus hidup mikroorganisme. Hasil penelitian Yusnaini (2009) menjelaskan bahwa secara tidak langsung pertanaman jagung yang diaplikasikan kotoran ayam secara tunggal dengan dosis 20 ton ha<sup>-1</sup> dapat memperbaiki sifat biologis tanah, diantaranya melalui peningkatan secara signifikan populasi dan keragaman MVA karena adanya perubahan sifat tanah yang mengakibatkan pertumbuhan tanaman menjadi optimal yang kemudian akan berpengaruh kepada populasi dan keanekaragaman mikoriza. Peningkatan persen kolonisasi MVA pada akar sebesar 78,89% dari sebelum aplikasi persen infeksi MVA sebesar 25%. Nuryah (2023) menambahkan bahwa aplikasi amelioran organik (kotoran ayam + biochar) plus mikoriza dengan dosis 25 ton ha<sup>-1</sup> mampu meningkatkan jumlah spora MVA sebanyak 2824 spora per 100 g tanah dengan tingkat persen infeksi mencapai 75% dibandingkan tanpa amelioran organik (kotoran ayam + biochar) yakni jumlah spora MVA sebanyak 505 spora per 100 g tanah dengan tingkat persen infeksi sebesar 50%.

Kotoran ayam merupakan sumber bahan organik yang dapat digunakan untuk memperbaiki tata udara dan air tanah, dengan demikian perakaran tanaman akan berkembang secara optimal sehingga akar dapat menyerap unsur hara yang lebih banyak terutama unsur hara N dan P. Pemberian kotoran ayam pada tanah masam dapat menurunkan fiksasi P oleh kation asam di dalam tanah sehingga kandungan P akan meningkat dan tersedia bagi tanaman. Stevenson (1982) mengatakan bahwa mekanisme peningkatan dari berbagai P tersedia dari masukan bahan organik yang diberikan ke dalam tanah akan mengalami proses mineralisasi P sehingga akan melepaskan P anorganik ke dalam tanah. Pengaruh langsung yaitu melalui proses dekomposisi bahan organik yang hasil dekomposisinya berupa asam-asam organik yang mampu mengkhelat Fe pada tanah masam.

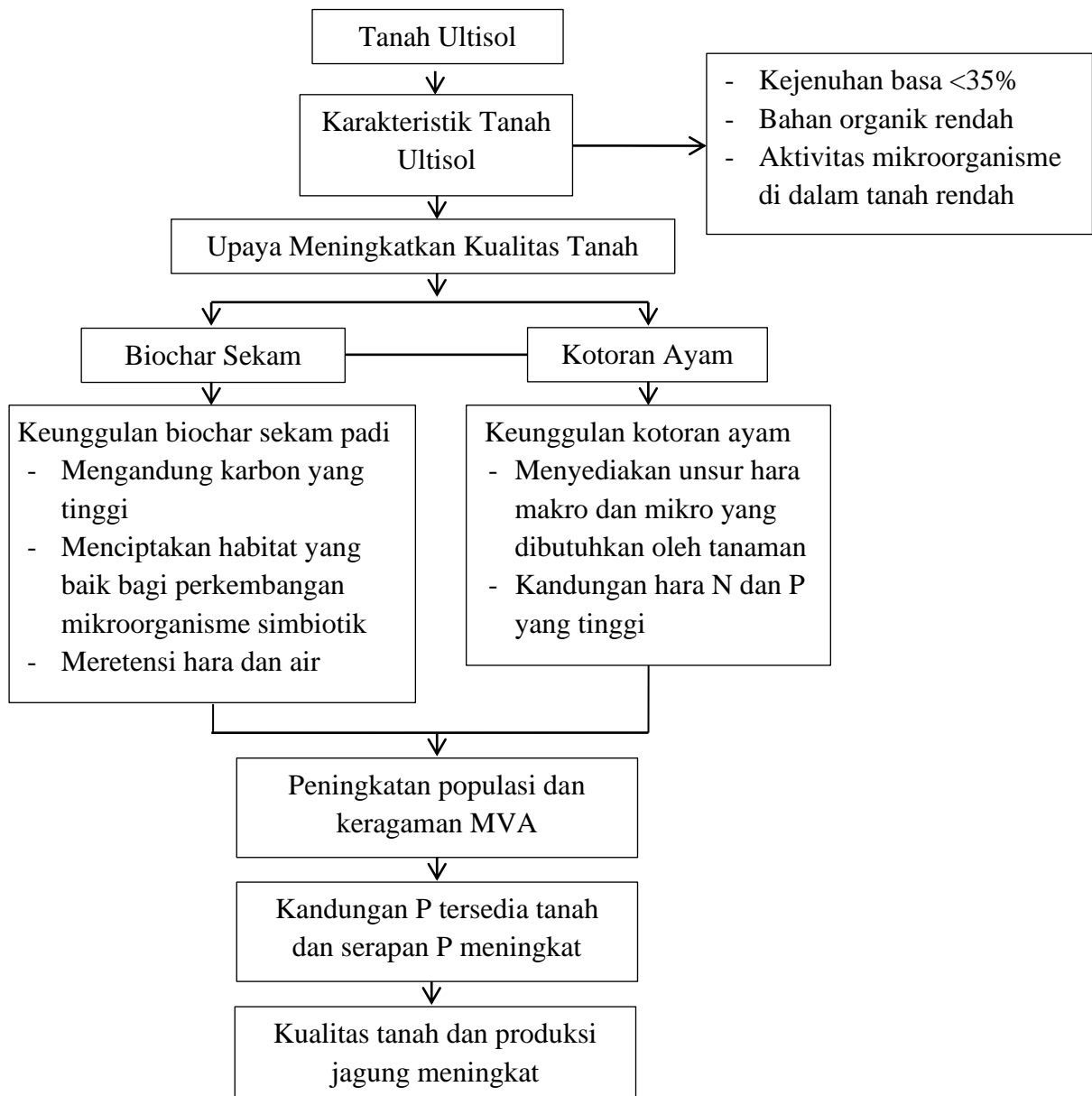
Bahan organik merupakan sumber energi yang digunakan untuk meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme, terutama mikroorganisme yang berkaitan dengan aktivitas dekomposisi dan mineralisasi bahan organik. Mikroorganisme yang berperan dalam dekomposisi dan mineralisasi salah satunya adalah fungi. Fungi memiliki hifa atau polisakarida yang terlibat dalam proses agregasi tanah. Pemberian bahan organik dapat meningkatkan porositas tanah sehingga mempermudah hifa untuk tumbuh mendekati akar tanaman dan menginfeksi (Afandi dkk., 2015). Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) merupakan salah satu jenis fungi yang memiliki efek biologis yang positif terhadap pertumbuhan tanaman bahkan pada tanah-tanah dengan kondisi yang kurang menguntungkan. Mikoriza menginfeksi sistem perakaran tanaman inang dalam memproduksi jaringan hifa eksternal yang tumbuh secara ekspansif dan menembus lapisan sub soil tanah, sehingga dapat meningkatkan kapasitas akar dalam penyerapan hara dan air. Semakin banyak tingkat infeksi akar yang terjadi, memungkinkan akar mampu menyerap hara lebih cepat dan lebih banyak (Sasli dan Ruliansyah, 2012).

Mikoriza merupakan asosiasi antara fungi dan tanaman yang berperan dalam meningkatkan penyerapan unsur hara, meningkatkan ketahanan terhadap kekeringan dan ketahanan terhadap serangan patogen. Mekanisme mikoriza dalam meningkatkan penyerapan unsur hara yakni dengan cara menginfeksi akar

tanaman hingga terbentuk asosiasi antara mikoriza dengan akar tanaman. Kemudian akan terjadi perpanjangan hifa disekitar perakaran tanaman inang yang menyebabkan semakin luas jangkauan tanah dan mempermudah tanaman dalam menyerap air dan hara. Selain itu, adanya asosiasi mikoriza juga dapat meningkatkan penyerapan terhadap P, Zn, Cu, S, dan unsur-unsur lainnya (Sukma, 2006). Peningkatan senyawa P terjadi karena fungi mikoriza melepaskan berbagai asam organik yang dapat meningkatkan kelarutan senyawa P tak larut yang ada di tanah (Jamal *et al.*, 2018). Siagian (2018) mengatakan bahwa mikoriza memiliki peranan yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman di lahan marginal maupun dalam menjaga keseimbangan lingkungan.

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) adalah fungi yang dapat bersimbiosis dengan tanaman tingkat tinggi. Simbiosis antara mikoriza dan akar tanaman ini sangat menguntungkan karena mikoriza mendapatkan fotosintat dari eksudat akar tanaman inang, sedangkan tanaman inang akan mendapatkan unsur hara yang lebih banyak terutama unsur hara makro yang *immobile* seperti unsur P melalui bantuan dari hifa ekstraradikal dari mikoriza. Mikoriza mampu meningkatkan kapasitas serapan unsur hara terutama unsur hara P yang memiliki sifat *immobile* atau tidak tersedia bagi tanaman, sehingga dapat meningkatkan efisiensi penggunaan pupuk karena mikoriza dapat menghasilkan enzim fosfatase yang dapat melarutkan P-terikat di dalam tanah terutama pada tanah masam seperti Ultisol. Cara kerja mikoriza adalah menginfeksi sistem perakaran tanaman inang dan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang terinfeksi mikoriza mampu memperluas bidang serapan hara di dalam tanah, khususnya unsur hara P. Ukuran hifa yang lebih halus dari bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah yang paling kecil (Auge, 2001).

Mikoriza memiliki peranan yang cukup besar dalam meningkatkan produktivitas tanaman di lahan marginal. Hal ini disebabkan karena adanya mikoriza membantu penyerapan hara, terutama unsur hara P. Peningkatan jumlah unsur hara P pada tanah menyebabkan serapan P tanaman ikut meningkat sehingga dapat meningkatkan hasil produksi dan kualitas tanah.



Gambar 1. Kerangka pemikiran penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.

#### 1.4 Hipotesis

1. Aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam meningkatkan populasi dan keragaman MVA pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.
2. Aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam meningkatkan infeksi MVA pada akar tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.
3. Terdapat korelasi positif antara P-total, P-tersedia, C-organik, suhu, pH, kadar air dengan populasi dan infeksi MVA pada tanaman jagung (*Zea mays* L.) musim tanam ke-3.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Karakteristik dan Kendala Tanah Ultisol

Ultisol merupakan jenis tanah yang dicirikan oleh adanya akumulasi liat pada horizon bawah permukaan yang menyebabkan daya resap air ke dalam tanah menjadi berkurang. Ultisol memiliki tingkat kesuburan tanah yang rendah dilihat dari kandungan bahan organik yang ada di lapisan atas permukaan yang mudah tererosi sehingga menjadikan tanah Ultisol miskin hara. Pada umumnya tanah Ultisol mempunyai potensi keracunan Al yang tinggi dan miskin kandungan bahan organik. Tanah Ultisol juga miskin kandungan hara terutama P dan kation-kation dapat ditukar (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006).

Dilihat dari luasan dan persebarannya, tanah Ultisol mempunyai potensi yang tinggi untuk pengembangan pertanian lahan kering. Ultisol memiliki luasan lahan sekitar 48,3 juta ha. Mulyani dkk. (2013) menyatakan bahwa penggunaan lahan kering untuk usaha pertanian jenis pangan saat ini mencapai angka 12,9 juta ha, sehingga jika dilihat dari ketersediaan lahan yang ada saat ini, peluang untuk pengembangan tanaman pangan masih cukup besar meskipun harus tetap memperhatikan kendala dan permasalahan yang ada pada tanah.

Namun, tanah Ultisol memiliki faktor pembatas yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan bila tidak dikelola dengan baik. Beberapa kendala yang sering ditemui pada tanah Ultisol adalah kemasaman tanah tinggi, pH rata-rata  $< 4,50$ , kejenuhan Al tinggi, kejenuhan basa  $< 35\%$ , miskin kandungan hara makro terutama P, K, Ca, dan Mg, dan kandungan bahan

organik rendah. Mulyani dkk. (2010) menyatakan bahwa kapasitas tukar kation, kejenuhan basa, dan kandungan C-organik rendah, kandungan Al, Fe, dan Mg pada tanah Ultisol tinggi hingga mendekati batas dapat meracuni tanaman. Tingginya fiksasi P pada tanah Ultisol menyebabkan P tidak tersedia bagi tanaman. Untuk mengatasi kendala tersebut, perlu adanya upaya perbaikan tanah Ultisol dengan cara penambahan bahan organik seperti biochar dan kotoran ayam.

## **2.2 Biochar sebagai Bahan Pembenah Tanah**

Biochar adalah arang hayati yang berasal dari konversi limbah organik melalui proses pembakaran tidak sempurna atau suplai oksigen yang terbatas (*pyrolysis*) dengan suhu 350-500°C. Biochar memiliki sifat resisten terhadap pelapukan dibandingkan dengan bahan organik hasil dekomposisi, sehingga mampu memulihkan kesuburan tanah pada lahan-lahan pertanian yang kurang subur dan meningkatkan produktivitas pertanian (Gani, 2009). Biochar mampu bertahan di dalam tanah (> 400 tahun) sehingga diharapkan memberikan pengaruh positif terhadap kesuburan tanah. Biochar bukan pupuk tetapi bahan pembenah tanah (Neneng *et al.*, 2015).

Aplikasi biochar secara nyata memperbaiki tingkat kesuburan tanah seperti meningkatkan pH, KTK, N-total, dan C-organik. Biochar dapat meremidiasi tanah yang tercemar logam berat seperti Pb, Cu, Cd, dan Ni. Selain itu, biochar dapat mereduksi senyawa Al dan Fe sehingga P di dalam tanah dapat tersedia bagi tanaman khususnya pada tanah-tanah marginal. Biochar mampu menyediakan habitat yang baik bagi mikroorganisme tanah sehingga meningkatkan jumlah dan aktivitas biologis tanah yang bermuara pada peningkatan produksi tanaman (Malo, 2020).



### **2.3 Kotoran Ayam sebagai Sumber Bahan Organik**

Kotoran ayam merupakan hasil limbah ternak yang dapat dimanfaatkan menjadi pupuk organik. Kotoran ayam berfungsi untuk memberikan tambahan unsur hara pada tanaman, menyuplai kandungan humus dan bahan organik pada tanah, memperbaiki struktur tanah serta meningkatkan populasi dan aktivitas mikroorganisme yang hidup di dalam tanah (Samadi dan Cahyono, 2005). Interaksi antara kotoran ayam dan mikroorganisme tanah dapat memperbaiki agregat dan struktur tanah. Hal tersebut mengakibatkan tanah menjadi gembur sehingga akar tanaman akan tumbuh lebih dalam dan ekspansif.

Bahan organik seperti kotoran ayam dapat meningkatkan kandungan C-Organik di tanah serta mengandung unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman. Purnomo dan Purnawati (2007) menyatakan bahwa bahan organik memiliki peran dalam kesuburan tanah antara lain : (1) memberikan unsur hara secara lengkap tetapi dalam jumlah yang relatif kecil, (2) kemampuan tanah dalam menyediakan air menjadi lebih banyak, dan (3) menyediakan habitat yang baik bagi mikroorganisme tanah.

Penambahan kotoran ayam dapat memperbaiki agregasi tanah sehingga mampu meningkatkan jumlah pori-pori tanah yang mengakibatkan tanah tersebut menjadi media yang cocok bagi pertumbuhan tanaman. Hal ini disebabkan oleh adanya perluasan jangkauan akar yang mempermudah penyerapan unsur hara. Meluasnya jangkauan akar dan bidang serapan hara diharapkan dapat meningkatkan efisiensi pemupukan sehingga tanaman dapat tumbuh dengan optimal. Hasil penelitian Mayadewi (2010) menyatakan bahwa kotoran ayam dapat menyediakan unsur hara makro seperti N, P, K, Ca, S dan unsur hara mikro seperti Fe, Zn, Bo, Co dan Mo. Fungsi biologis bahan organik adalah sebagai sumber energi bagi mikroorganisme tanah sehingga dapat meningkatkan jumlah dan aktivitas mikroorganisme yang bermanfaat bagi penyediaan hara tanaman, sehingga pemberian pupuk organik akan meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

## 2.4 Mikoriza Vesikular Arbuskula (MVA)

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) merupakan fungi yang bersifat simbiosis obligat, sehingga keberadaannya sangat dipengaruhi oleh tanaman inang untuk perkembangan spora. Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) ialah mikroorganisme tanah yang hampir dapat ditemui di berbagai jenis tanah dan mampu berasosiasi pada 80% jenis tanaman inang. MVA dapat ditemukan pada semua jenis tanah dan memberikan pengaruh secara nyata dalam membantu pertumbuhan tanaman pada tanah-tanah yang kurang subur. Simbiosis MVA dengan akar tanaman inang merupakan simbiosis mutualisme. Tanaman akan mendapatkan unsur hara yang lebih banyak dari tanah karena bantuan dari hifa mikoriza yang dapat menjangkau hara lebih jauh dibandingkan bulu akar, sedangkan mikoriza akan mendapatkan fotosintat sebagai sumber energi dari eksudat akar tanaman inang (Yusnaini dkk., 2017).

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) umumnya dapat ditemukan pada spesies tanaman tingkat tinggi yang tumbuh pada berbagai tipe habitat dan iklim. Adapun penyebarannya bervariasi menurut iklim, lingkungan dan tipe penggunaan lahan (Setiadi, 2001). Mikoriza pada tanaman mampu meningkatkan penyerapan nutrisi dan air yang ada di dalam tanah. Manfaat dari mikoriza adalah sebagai serapan air dan hara, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, proteksi dari unsur yang bersifat toksik, memproduksi senyawa yang dapat merangsang pertumbuhan, merangsang aktivitas organisme yang menguntungkan, memperbaiki struktur dan agregasi tanah, membantu siklus mineral, serta dapat meningkatkan produktivitas pada tanaman.

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dapat dijumpai secara alami di berbagai ekosistem. Mikoriza dapat berimbiosis dengan berbagai tanaman inang sehingga tidak menunjukkan tanaman inang yang spesifik. Akan tetapi, tanaman inang tertentu memperlihatkan respon yang lebih baik pada satu jenis mikoriza tertentu. Oleh karena itu, suatu tanaman yang ada di ekosistem akan mempengaruhi jenis dan populasi MVA. Populasi dan jenis MVA dipengaruhi oleh tingkat kesuburan

tanah dan sistem budidaya yang diterapkan. Populasi MVA akan menurun pada tanah-tanah yang rusak dan kritis akibat praktik budidaya dan sistem olah tanah yang tidak sesuai. Semakin intensif praktik budidaya yang diterapkan dengan pemberian bahan kimia secara terus-menerus akan berdampak pada kesuburan tanah yang menurun mengakibatkan populasi dan jenis MVA semakin rendah (Rini dan Hidayat, 2016).

Prinsip kerja dari mikoriza adalah dengan cara menginfeksi sistem perakaran tanaman inang dan memproduksi jalinan hifa secara intensif sehingga tanaman yang terinfeksi mikoriza akan mampu meningkatkan kapasitas penyerapan unsur hara di dalam tanah, khususnya unsur hara P karena hifa mikoriza mengeluarkan enzim fosfatae yang dapat melepaskan P dari ikatan-ikatan spesifik sehingga dapat tersedia bagi tanaman. Ukuran hifa yang lebih halus dari bulu akar memungkinkan hifa dapat menyusup ke pori-pori tanah terkecil (Auge, 2001).

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) termasuk ke dalam kelas Zygomycetes, dengan ordo Glomales yang mempunyai 2 sub-ordo, yaitu Gigasporineae dan Glomineae. Gigasporineae dengan famili Gigasporaceae mempunyai dua genus, yaitu Gigaspora dan Scutellospora. Glomaceae mempunyai empat famili, yaitu Glomaceae dengan genus Glomus dan Sclerocystis, Acaulosporaceae dengan genus Acaulospora dan Entrophospora, Paraglomaceae dengan genus Paraglomus, dan Archaeosporaceae dengan genus Archaeospora (Smih dkk., 2010).

Genus Glomus masuk ke dalam famili Glomaceae dengan ciri khas yakni memiliki *subtending hype* atau ujung hifa yang terhubung langsung dengan spora dan dapat terbentuk secara tunggal maupun berpasangan dengan ukuran 20-400 $\mu$ m (Hartoyo dkk., 2011). Genus Gigaspora masuk ke dalam famili Gigasporaceae dengan ciri khas memiliki *bulbous suspensor* (bulatan antara hifa dan spora) dengan ukuran spora yang besar berkisar 125-600 $\mu$ m (Hasyiati dkk., 2018). Genus Acaulospora termasuk ke dalam famili Acaulosporaceae dengan ciri-ciri bentuk mulai dari bulat hingga elips dan warna mulai dari hialin sampai kemerahan. Acaulospora biasanya memiliki dinding spora yang berlapis tipis dengan ukuran 100-400 $\mu$ m (Nurhalimah dkk., 2014).

### 2.4.1 Jenis-Jenis Mikoriza

Berdasarkan struktur dan cara infeksinya, mikoriza dapat dikelompokkan menjadi ektomikoriza, endomikoriza, dan ektendomikoriza. Ektomikoriza merupakan fungi yang menginfeksi tanpa masuk ke dalam sel akar tanaman inang.

Ektomikoriza hanya berkembang diantara dinding sel jaringan korteks. Akar yang terinfeksi ektomikoriza akan membesar dan membentuk cabang. Endomikoriza merupakan fungi yang menginfeksi masuk sampai ke dalam sel korteks tanaman inang dan infeksinya tidak membuat akar membesar. Sedangkan ektendomikoriza merupakan fungi yang menginfeksi secara intermediet antara ektomikoriza dan endomikoriza (Brundrett, 2009).

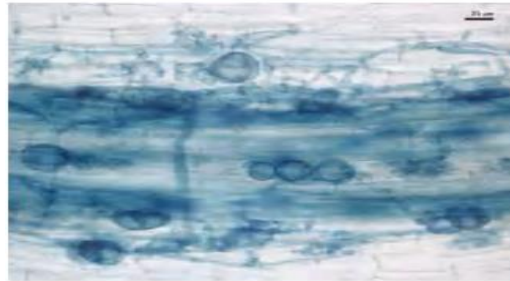
Ektomikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara fungi dan akar tanaman inang yang akan membentuk sarung atau mantel dipermukaan akar yang menyelubungi sebagian atau semua cabang-cabang akar. Selubung ini sering disebut dengan selubung Pseudoparenkim. Ektomikoriza dapat masuk ke dalam sel tetapi tidak menembus sel korteks dan hifa intraseluler tidak mengakibatkan kerusakan pada tanaman inang (Prabaningrum, 2017).



Gambar 2. Ektomikoriza pada tanaman tengkawang (*Shorea beccariana*) (Ponisri dkk., 2022)

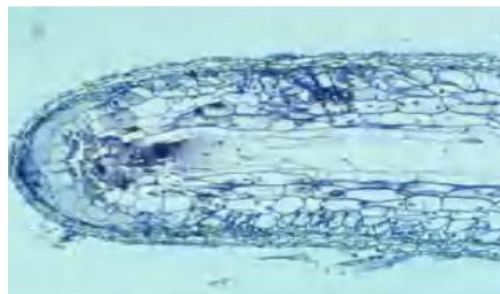
Endomikoriza merupakan simbiosis mutualisme antara fungi tertentu dengan akar tanaman, fungi tersebut akan tumbuh sebagian besar di dalam korteks akar dan menembus akar tanaman inang. Endomikoriza dibedakan atas tiga grup yaitu erikoid mikoriza, orchidaceous mikoriza dan mikoriza vesikular arbuskular. Di dalam sel korteks akar, endomikoriza akan membentuk struktur khas berbentuk

oval yang disebut dengan vesikel, vesikel berisi lipid sebagai sumber cadangan makanan bagi mikoriza, selanjutnya terbentuk juga sistem percabangan hifa yang disebut arbuskula, sehingga endomikoriza dikenal dengan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) (Istigfaiyah, 2018).



Gambar 3. Endomikoriza pada tanaman jati putih (*Gmelina arborea*) (Istigfaiyah, 2018)

Ektendomikoriza merupakan bentuk infeksi intermediet antara ektomikoriza dan endomikoriza. Ciri-ciri dari ektendomikoriza antara lain adanya selubung akar yang tipis berupa jaringan hartiq, hifa dapat menginfeksi dinding sel korteks dan juga sel-sel korteksnya. Penyebaran mikoriza jenis ini sangat terbatas dalam tanah-tanah hutan sehingga pengetahuan tentang mikoriza tipe ini juga sangat terbatas (Prabaningrum, 2017).



Gambar 4. Ektendomikoriza pada tanaman jati putih (*Gmelina arborea*) (Istigfaiyah, 2018)

#### **2.4.2 Faktor Lingkungan yang Mempengaruhi Keberadaan Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)**

##### **1. Suhu Tanah**

Suhu berpengaruh terhadap infeksi dan perkecambahan spora, penetrasi hifa, dan perkembangan pada korteks akar. Suhu berpengaruh pada ketahanan dan simbiosis antara tanaman inang dan mikoriza. Semakin tinggi suhu tanah, maka

semakin tinggi tingkat kolonisasi dan perkecambahan spora mikoriza. Suhu optimum dalam perkembangan arbuskula yakni pada suhu 30°C, tetapi untuk koloni miselia, suhu optimum berada pada suhu 28-34°C, dan suhu untuk perkembangan vesikel pada suhu 35°C (Nurhandayani dkk., 2013).

## 2. pH Tanah

Mikoriza umumnya lebih tahan terhadap perubahan pH tanah. pH tanah mempengaruhi perkecambahan spora, perkembangan dan fungsi mikoriza bagi pertumbuhan tanaman. pH optimum untuk perkembangan mikoriza berbeda-beda tergantung pada kemampuan adaptasi mikoriza terhadap lingkungan. Tingkat adaptasi mikoriza juga berbeda-beda tergantung pada spesies dan jenis mikoriza tertentu. Contohnya seperti *Glomus epigeum* pH optimum untuk perkecambahan yang lebih baik yakni pada pH 6-8 (Suhardi, 1989).

## 3. Kadar Air Tanah

Kadar air tanah mempengaruhi keberadaan mikoriza baik secara langsung ataupun tidak langsung. Infeksi dan perkembangan mikoriza berpengaruh secara langsung terhadap kadar air tanah, karena hifa eksternal dari mikoriza dapat memperbaiki dan meningkatkan kapasitas penyerapan air. Sedangkan pengaruh secara tidak langsung karena adanya miselia eksternal yang menyebabkan mikoriza menjadi efektif dalam mengagregasi butir-butir tanah sehingga kemampuan tanah dalam menyerap air akan meningkat. Infeksi mikoriza akan terhambat apabila kondisi air tanah jenuh dalam waktu yang lama, hal tersebut akibat kondisi tanah menjadi anaerob yang dapat mengurangi pertumbuhan mikoriza (Dewi, 2007).

## 4. Bahan Organik

Bahan organik merupakan komponen penting yang dapat memengaruhi populasi spora mikoriza di dalam tanah tanah. Tingkat populasi spora ditemukan pada tanah-tanah yang mengandung bahan organik berkisar antara 1-2%, sedangkan pada tanah-tanah yang bahan organiknya <0,5% pertumbuhan dan perkecambahan spora sangat rendah (Janouskova, 2006).

### 5. Intensitas Cahaya

Peningkatan intensitas cahaya akan meningkatkan kolonisasi mikoriza dan panjang hari akan meningkatkan kolonisasi infeksi akar. Intensitas penyinaran dengan periode waktu yang panjang berkisar antara 12 jam akan lebih baik dibandingkan dengan intensitas penyinaran yang tinggi dengan periode waktu pendek dalam meningkatkan infeksi akar dan perkecambahan spora. Intensitas penyinaran yang rendah akan mengurangi kolonisasi akar (Suhardi, 1989).

### 6. Logam Berat dan Unsur Lain

Logam berat yang terkandung di dalam tanah dapat mempengaruhi keberadaan mikoriza. Beberapa spesies mikoriza diketahui dapat beradaptasi dengan kondisi tanah yang tercemar. Pada penelitian-penelitian yang telah dilakukan sebelumnya diketahui bahwa adapula spesies mikoriza yang toleran terhadap kandungan Mn, Al, dan Na yang tinggi, bahkan mikoriza dapat meremidiasi tanah yang tercemar logam berat (Janouskova, 2006).

#### **2.4.3 Siklus Hidup Mikoriza**

Proses perkecambahan pembentukan MVA melalui tiga tahap yaitu perkecambahan spora di tanah, penetrasi hifa ke dalam sel akar dan perkembangan hifa didalam konteks akar. Pembentukan spora mikoriza merupakan suatu bentuk preventif terhadap kondisi lingkungan yang kurang menguntungkan disamping fungsinya sebagai alat reproduktif. Mikoriza akan bersporulasi apabila telah cukup dewasa untuk regenerasi atau dapat pula dipicu melalui kondisi yang kurang menguntungkan seperti ketersediaan air yang rendah. Dalam kondisi tertekan, mikoriza akan melakukan pertahanan diri melalui pembentukan spora. Jumlah spora MVA akan lebih banyak pada kondisi tanah dengan kadar air yang rendah dibandingkan pada tanah dengan kadar air yang tinggi. Untuk mengatasi lingkungan yang kering, MVA akan membentuk spora untuk bertahan hidup, sedangkan pada kondisi ketersediaan air yang banyak akan merangsang spora berkecambah sehingga jumlah spora menjadi lebih rendah (Guadarrama *et al.*, 2014).



Infeksi MVA dimulai dengan eksudat akar tanaman inang mengeluarkan *branches factor* (BF) sebagai sinyal bagi mikoriza, kemudian diikuti oleh penerimaan mikoriza sebagai simbiosis oleh akar tanaman inang. Selanjutnya, akan terjadi kontak fisik melalui appressorium pada dinding sel diantara sel-sel epidermis. Mikoriza mempenetrasi epidermis akar melalui tekanan mekanis dan aktivitas enzim, yang selanjutnya tumbuh menuju korteks. Mikoriza akan berkembang ekstensif diantara dan di dalam eksodermal akar dan sel korteks membentuk struktur intraradikal : hifa intraradikal, vesikula, dan arbuskula (Widiati dkk., 2014).

Pertumbuhan hifa secara eksternal terjadi jika hifa internal tumbuh dari korteks melalui epidermis. Perkembangan secara eksternal terus berlangsung sampai tidak memungkinkan untuk terjadi pertumbuhan lagi. Hifa eksternal mikoriza berfungsi untuk mendukung reproduksi, transportasi karbon, dan hara lainnya ke dalam spora, selain fungsinya untuk membantu menyerap unsur hara dari dalam tanah (Hidayat, 2012). Arbuskula tersusun atas hifa-hifa yang bercabang dan menyebar di dalam sel-sel korteks akar. Arbuskula dan struktur intraradikal lain tidak mempenetrasi membrane sel tanaman inang, tetapi hanya menempel. Koloniasasi akar diikuti oleh pembentukan miselia ekstraradikal yang diantaranya berbentuk struktur bercabang-cabang yang berfungsi menyerap hara.

#### **2.4.4 Peran Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dalam Memperbaiki Kualitas Tanah**

Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) tergolong ke dalam salah satu fungi yang berhubungan mutualistik dengan rhizosfer dan akar tanaman. Mikoriza melalui hifa ekstraradikal memiliki peran penting dalam memperbaiki dan memantapkan struktur tanah (Miller *et al.*, 2000). Lepasnya senyawa-senyawa polisakarida, asam organik dan lendir oleh jaringan hifa eksternal yang mampu mengikat butir-butir primer menjadi agregat mikro. Proses pengikatan bahan organik ini sangat penting dalam stabilitas agregat mikro. Kemudian agregat mikro melalui proses pengikatan mekanis oleh hifa eksternal membentuk agregat makro yang mantap (Basri, 2018). Pembentukan agregat tanah mantap dipengaruhi oleh keterlibatan

glomalin, yakni suatu glikoprotein yang dihasilkan oleh hifa eksternal mikoriza. Glomalin memiliki sifat hidrofobik seperti lem sehingga dapat merekatkan partikel-partikel tanah dan membentuk agregat yang mantap sehingga kualitas tanah meningkat (Barea *et al.*, 2002).

Pembentukan struktur yang mantap sangat penting terutama pada tanah dengan tekstur berliat dan berpasir. Mikoriza pada tanah dengan tekstur lempung liat berpasir secara nyata mengakibatkan agregat tanah menjadi lebih baik, lebih berpori, dan memiliki permeabilitas yang tinggi, namun kemampuan tanah menahan air tetap baik untuk menjaga kelembaban. Struktur tanah yang baik akan meningkatkan aerasi dan laju infiltrasi serta mengurangi erosi tanah, yang pada akhirnya akan meningkatkan pertumbuhan tanaman. Dengan demikian mikoriza bukan hanya simbiosis bagi tanaman, tapi juga bagi tanah. Mikoriza berpengaruh terhadap tingkat kesuburan tanah. Beberapa jenis mikoriza dapat menghasilkan enzim hidrolitik (protease dan fosfatase) yang memegang peran dalam proses mineralisasi dengan hasil akhir meningkatkan agregasi tanah (Basri, 2018).

Mikoriza dapat meremediasi tanah-tanah yang tercemar unsur beracun seperti logam berat Cu, Pb, Cd dan Ni. Mekanisme mikoriza dalam meremediasi unsur beracun dan logam berat yakni melalui hifa eksternal yang dapat mengfiltrasi dan menonaktifkan secara kimiawi atau penimbunan unsur beracun tersebut. Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) dapat terjadi secara alami pada tanaman pionier di lahan buangan limbah industri, *tailing* tambang batubara, atau lahan tercemar lainnya. Inokulasi dengan inokulan mikoriza yang cocok dapat mempercepat usaha penghijauan kembali tanah tercemar unsur toksik. Mikoriza dapat memperbaiki tanah yang tercemar unsur beracun dan meningkatkan kesuburan tanah (Basri, 2018). Selain itu mikoriza mampu berinteraksi dengan berbagai organisme di rhizosfer, sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme dan memperbaiki pertumbuhan dan kualitas tanah.

## 2.5 Tanaman Jagung

Menurut Tjitrosoepomo (1983) tanaman jagung diklasifikasikan sebagai berikut

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta
Sub Divisi	: Angiospermae
Kelas	: Monocotyledone
Ordo	: Graminae
Family	: Graminaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i> L.

Jagung merupakan salah satu komoditas tanaman serelia yang memiliki peran penting sebagai salah satu tanaman pengganti beras, bahan baku industri, dan bahan baku pakan ternak unggas. Kementerian Pertanian telah menyatakan bahwa kebutuhan pakan ternak berbahan dasar jagung di tahun 2017 sebanyak 12,84 juta ton dengan pembagian sebanyak 8,99 juta ton untuk konsumsi ternak industri dan 3,85 juta ton sisanya sebagai pakan ternak mandiri. Serta sebanyak 8,99 juta ton untuk memenuhi konsumsi langsung rumah tangga, dan 4,92 juta ton untuk kebutuhan industri makanan. Di tahun 2016, produktivitas jagung nasional mencapai angka 52,82 ku/ha. Jika dibandingkan dengan produktivitas jagung di tahun 2015, produktivitas jagung nasional di tahun 2016 mengalami peningkatan sebesar 1,07 ku/ha atau sebanyak 2,94% dari jumlah keseluruhan. Pada tahun 2018, produktivitas jagung nasional masih terus mengalami peningkatan sebesar 1,61 ku/ha atau naik sebesar 1,37% jika dibandingkan pada tahun 2017. Skala produksi jagung nasional pada tahun 2016 sebesar 23,19 juta ton atau naik sebesar 18,23% dan pada tahun 2018 sebesar 30,06 juta ton atau mengalami kenaikan 3,91% dibandingkan tahun sebelumnya. (Kementan, 2018).

### **III. METODE PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan dari bulan Februari-Desember 2022. Percobaan lapang dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan analisis sampel tanah dan akar dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lahan penelitian yang digunakan merupakan lahan penelitian berkelanjutan dengan komoditas tanaman jagung sebagai tanaman indikator pada penelitian musim tanam ke-3.

#### **3.2 Sejarah Lahan**

Lahan penelitian ini berlokasi di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lahan penelitian ini memasuki musim tanam ke-3 dengan sistem rotasi tanaman. Rotasi tanaman dilakukan guna memutus siklus hama dan penyakit tanaman serta untuk melihat respon perlakuan terhadap beberapa komoditas. Pada musim tanam ke-1 menggunakan komoditas jagung dengan 4 perlakuan yaitu B<sub>0</sub> : kontrol, B<sub>1</sub> : biochar sekam padi 10 ton ha<sup>-1</sup>, B<sub>2</sub> : kotoran ayam 10 ton ha<sup>-1</sup>, dan B<sub>3</sub> : kombinasi biochar sekam padi 10 ton ha<sup>-1</sup> dan kotoran ayam 5 ton ha<sup>-1</sup>. Pada musim tanam ke-2 menggunakan komoditas padi gogo dengan 4 perlakuan yaitu, B<sub>0</sub> : kontrol, B<sub>1</sub> : biochar sekam padi 5 ton ha<sup>-1</sup>, B<sub>2</sub> : kotoran ayam 5 ton ha<sup>-1</sup>, dan B<sub>3</sub> : kombinasi biochar sekam padi dan kotoran ayam masing-masing 5 ton ha<sup>-1</sup>.

### 3.3 Alat dan Bahan

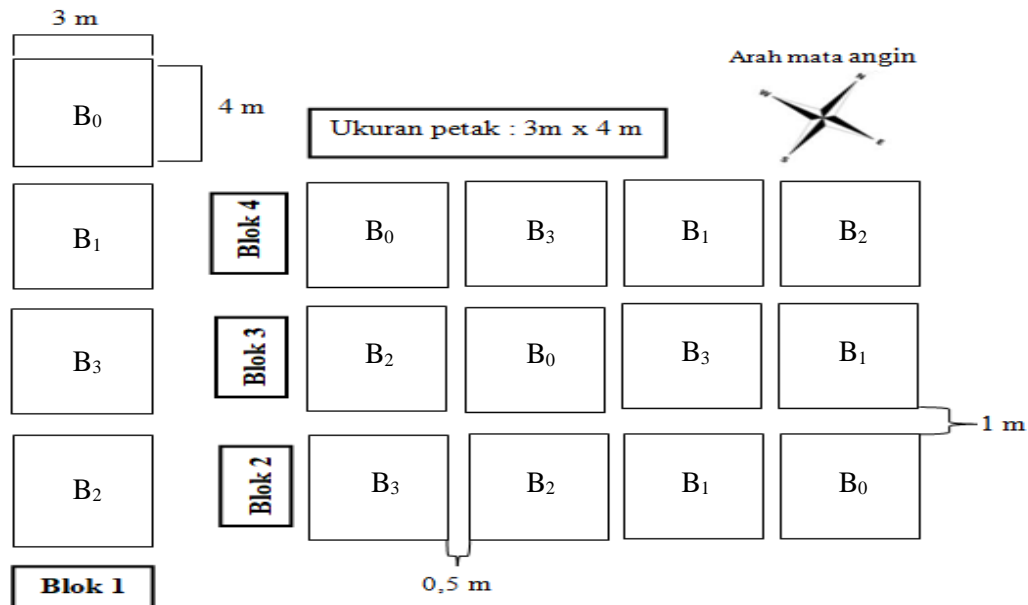
Alat yang digunakan dalam penelitian ini yaitu, cangkul, sekop, 1 set saringan bertingkat (45 $\mu$ m, 154  $\mu$ m, 212  $\mu$ m, 245  $\mu$ m), gelas beaker 1000ml, cawan petri, botol semprot, pipet tetes, sentrifugator, tabung sentrifugasi, *waterbath*, kaca preparat, cover glass, mikroskop stereo, mikroskop majemuk, timbangan analitik, spidol dan plastik bening.

Bahan yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu, benih jagung Bisi 18, sampel tanah, akar, boi-char sekam padi, kotoran ayam, aquadest, KOH 10%, HCl 2%, dan larutan pewarna (*Trypan blue* 0,05% + 20 ml fenol + 20 ml asam laktat + 20 ml gliserol + 40 ml aquadest).

### 3.4 Metode Penelitian

Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang terdiri dari 4 perlakuan dan 4 ulangan, sehingga didapatkan 16 petak percobaan.

1. B<sub>0</sub> : tanpa aplikasi biochar dan kotoran ayam.
2. B<sub>1</sub> : aplikasi biochar : 5 ton ha<sup>-1</sup>.
3. B<sub>2</sub> : aplikasi kotoran ayam : 5 ton ha<sup>-1</sup>.
4. B<sub>3</sub> : kombinasi biochar dan kotoran ayam: masing-masing 5 ton ha<sup>-1</sup>.

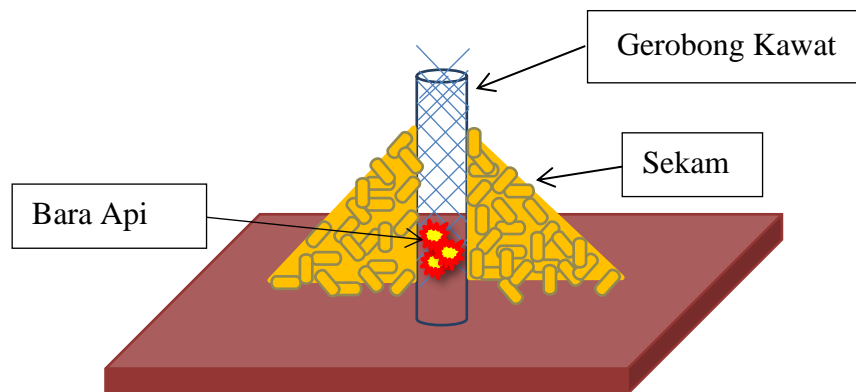


Gambar 5. Plot lahan penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.

### 3.5 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.5.1 Pembuatan Biochar

Pembuatan biochar dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pembuatan biochar menggunakan limbah pertanian yaitu sekam padi. Pembuatan biochar sekam padi dilakukan dengan cara tradisional menggunakan kawat kasa yang berukuran 1 cm x 1 cm yang digulung membentuk seperti cerobong. Timbun sedikit sekam disekeliling cerobong, kemudian masukkan daun kering ke dalam lubang dan dibakar. Selanjutnya, apabila api sudah menyala, ditambahkan sekam kesekeliling gundukan tadi hingga naik ke atas membentuk piramida. Proses pembakaran sekam padi untuk menjadi biochar dilakukan selama 3-4 jam hingga sekam padi berubah menjadi arang. Kemudian biochar yang sudah jadi didinginkan dengan cara disiram menggunakan air dan kemudian dilakukan penjemuran supaya kering. Biochar yang sudah kering kemudian ditimbang dengan dosis 5 ton ha<sup>-1</sup> atau 6 kg/petak berat kering biochar dan dimasukkan ke dalam kantong plastik.



Gambar 6. Ilustrasi pembuatan biochar yang digunakan dalam penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.

### 3.5.2 Persiapan Lahan

Proses yang dilakukan pada persiapan lahan yaitu, membersihkan lahan penelitian sebelumnya menggunakan pemotong rumput. Setelah lahan bersih, kegiatan dilanjutkan dengan memperjelas petak percobaan yang sudah ada dengan memberikan patok sebagai tanda batas antara petak satuan dan kelompok. Terdapat 16 petak satuan percobaan dengan luasan 4 m x 3 m, jarak antar petak 0,5 m, dan jarak antar kelompok 1 m. Pengolahan tanah dilakukan dengan cara dicangkul yang bertujuan untuk membuat tanah menjadi gembur.

### 3.5.3 Aplikasi Biochar dan Kotoran Ayam

Pengaplikasian biochar dan kotoran ayam dilakukan pada 7 hari sebelum tanam. Aplikasi biochar dan kotoran ayam dilakukan sesuai dosis perlakuan masing-masing yaitu ( $5 \text{ ton ha}^{-1}$ ) per petak percobaan, kemudian diberikan ke dalam tanah dengan cara ditaburkan di atas tanah dan dilakukan pengadukan sebagai olah tanah ke dua.



### 3.5.4 Penanaman

Sebelum dilakukan penanaman, benih jagung terlebih dahulu direndam menggunakan air yang bertujuan untuk mensortir benih yang kurang baik. Benih yang digunakan adalah benih jagung Bisi 18. Selanjutnya, penanaman benih jagung dilakukan dengan jarak tanam 25 cm x 60 cm, sehingga pada setiap petak percobaan terdapat kurang lebih 75 lubang tanam. Penanaman benih jagung dilakukan dengan cara ditugal dengan satu lubang terdapat 3 benih jagung yang nantinya akan dipilih tanaman jagung yang paling subur.

### 3.5.5 Pemupukan

Pupuk dasar yang digunakan pada penelitian ini adalah Urea 400 kg ha<sup>-1</sup> (180 kg ha<sup>-1</sup> N), TSP 150 kg ha<sup>-1</sup> (69 kg ha<sup>-1</sup> P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), dan KCl 100 kg ha<sup>-1</sup> (60 kg ha<sup>-1</sup> K<sub>2</sub>O) yang merupakan rekomendasi pemupukan dari Murni dan Arief (2008).

Pemupukan dilakukan pada 7 hari setelah tanam (HST). Untuk pupuk Urea diberikan ½ dosis pada 7 hari setelah tanam (HST) dan ½ dosis kedua pada 24 hari setelah tanam (HST). Pemupukan dilakukan dengan mencampurkan semua jenis pupuk dan diaplikasikan dengan cara ditugal.

### 3.5.6 Pemeliharaan

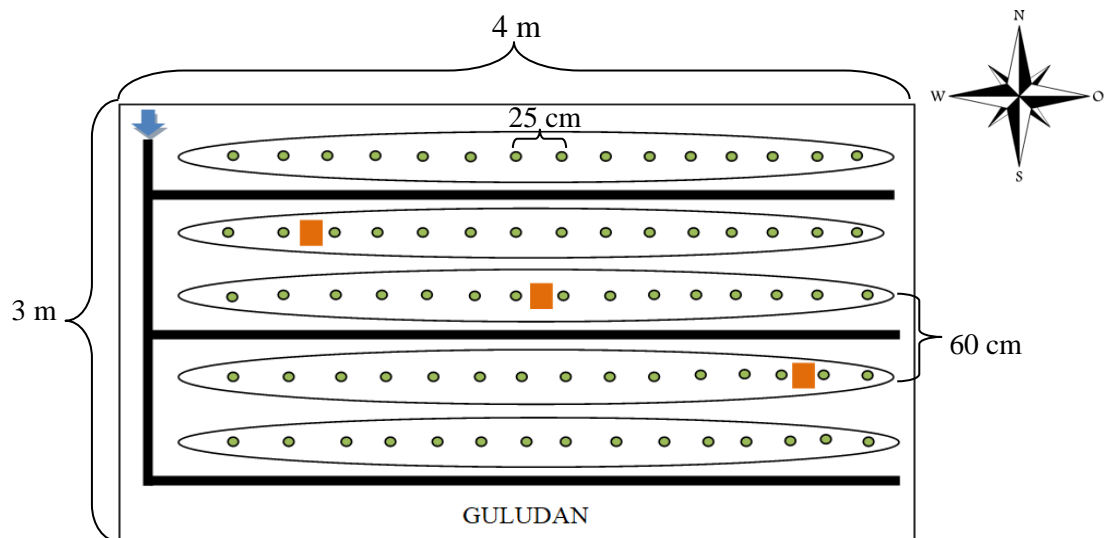
Pemeliharaan tanaman jagung meliputi penyiraman dengan memanfaatkan sistem irigasi tetes (*drip*), penjarangan tanaman, penyiangan gulma, dan pembumbunan guludan. Penyiraman tanaman dilakukan agar menjaga kelembaban di sekitar tanah daerah perakaran sehingga kebutuhan air untuk tanah maupun tanaman dapat tercukupi. Penjarangan tanaman jagung dilakukan dengan cara menyisahkan satu tanaman pada setiap lubang. Penyiangan gulma dilakukan pada saat gulma telah tumbuh mengganggu pertumbuhan tanaman jagung dan pemotongan tanaman jagung yang terpapar penyakit bulai untuk meminimalisir penyebaran penyakit tersebut. Penyiangan dilakukan dengan hati-hati agar tidak mengganggu perakaran tanaman jagung.

### 3.5.7 Panen

Jagung dipanen pada umur 110 hari setelah tanam. Jagung yang siap panen ditandai dengan tongkol atau kelobot jagung mulai mengering dengan adanya lapisan hitam pada biji bagian lembaga. Pemanenan dilakukan dengan cara dipangkas atau mematahkan tanaman jagung dari batang bagian bawah secara utuh.





### 3.6 Variabel Pengamatan

Pengambilan sampel tanah dilakukan pada 4 fase yaitu, sebelum aplikasi perlakuan, 0 HST, 65 HST, dan 110 HST. Sedangkan, pengambilan sampel akar dilakukan pada , 65 HST, dan 110 HST. Sampel tanah dan akar diambil dari 3 titik tempat di antara baris tanaman jagung yang kemudian dikompositkan.



Gambar 7. Tata letak pengambilan sampel mikoriza vesikular arbuskular (MVA) pada penelitian isolasi, identifikasi, dan enumerasi spora mikoriza pada rhizosfer tanaman jagung (*Zea mays* L.) akibat aplikasi biochar dan kotoran ayam pada musim tanam ke-3.

Keterangan :

-  : Tanaman jagung
-  : Tempat pengambilan sampel mikoriza vesikular arbuskular
-  : Selang *drips*
-  : Sumber air

### 3.6.1 Variabel Utama

Variabel utama pada penelitian ini adalah populasi dan keragaman spora mikoriza serta infeksi akar mikoriza pada tanaman jagung menggunakan sampel tanah dan akar.

#### 1. Populasi dan Keragaman Spora Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA)

Analisis jumlah dan identifikasi mikoriza dengan metode penyaringan basah dan metode sentrifugasi gradien glukosa pada sampel tanah yang dimodifikasi dari Jenkins (1964). Sampel tanah ditimbang sebanyak 100 g dan dilarutkan dalam 400 ml air (1:4) serta diaduk supaya spora-spora yang terperangkap di antara artikel tanah terbebaskan. Kemudian suspensi tanah dituang ke penyaring bertingkat dengan bagian teratas berukuran 245  $\mu\text{m}$  dan 212  $\mu\text{m}$ , 145  $\mu\text{m}$ , dan 45  $\mu\text{m}$  yang disusun secara bertingkat dengan ukuran yang lebih kecil berada pada bagian bawah. Hal ini dilakukan sebanyak 3 kali supaya spora yang berada pada tanah dapat terbebaskan. Selanjutnya tanah yang sudah disaring dipindahkan ke dalam erlenmeyer dengan bantuan air dari botol semprot, diaduk, dan selanjutnya dituang ke tabung sentrifugasi dengan ditambahkan larutan gula 60% dengan perbandingan antara gula dan larutan tanah adalah 1:3. Sentrifugasi dilakukan selama 5 menit dengan kecepatan 2500 rpm. Kemudian spora yang mengapung pada larutan gula atau digambarkan dengan warna suspensi yang jernih dituang ke permukaan penyaring berukuran 45  $\mu\text{m}$  dan larutan gula dibersihkan dengan air mengalir. Spora yang melekat pada saringan dipindahkan ke cawan petri dengan bantuan semprotan air dari botol semprot. Dilakukan pengamatan spora mikoriza di bawah Mikroskop Stereo Binokuler Olympus SZ. Spora yang ditemukan kemudian dipindahkan dari cawan petri menggunakan pipet tetes dan diletakkan di kaca preparat. Selanjutnya dilakukan pengamatan spora di bawah Mikroskop Majemuk Binokuler Olympus CX21 dengan perbesaran lensa obyektif 10x - 40x. Spora diidentifikasi berdasarkan warna, bentuk, dan ukuran. Jumlah spora yang ditemukan dihitung secara manual dan diidentifikasi spora mikoriza berdasarkan genusnya.

Rumus Populasi Mikoriza :

$$\text{Jumlah populasi (Spora/ g tanah)} = \frac{\sum \text{Spora yang ditemukan}}{\text{Berat sampel tanah (g)}}$$

Indeks Keanekaragaman Shannon-Wiener (1948)

Indeks yang menganalisis jumlah individu masing-masing jenis pada suatu titik sehingga dapat menggambarkan keadaan populasi organisme secara matematis.

Persamaan indeks keanekaragaman Shannon-Wiener :

$$H' = -\sum_{i=1}^s pi \ln pi \quad pi = \frac{ni}{N}$$

Keterangan :

$H'$  = indeks keanekaragaman Shannon-Wiener

$pi$  = indeks kemelimpahan

$ni$  = jumlah individu dari suatu jenis ke- $i$

$N$  = jumlah total individu seluruh jenis

Penentuan kriteria :

$H' < 1$  = Keanekaragaman rendah.

$1 < H' < 3$  = Keanekaragaman sedang.

$H' > 3$  = Keanekaragaman tinggi

## 2. Infeksi Akar Jagung oleh Fungi Mikoriza Arbuskula

Pengamatan persen infeksi atau kolonisasi struktur mikoriza arbuskula pada akar tanaman sampel dilakukan melalui teknik pewarnaan akar (*staining*) dengan pewarna *trypan blue* (Koch and Moawad, 1975). Sampel akar diambil secara acak dari 3 tanaman jagung per perlakuan dan kemudian akar dikompositkan. Segmen akar dipotong dengan panjang 1-3 cm, kemudian dicuci dengan air mengalir hingga bersih dan sampel akar dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Tabung reaksi yang sudah diisi akar kemudian ditambahkan larutan KOH 10% hingga akar terendam dan dipanaskan pada *waterbath* dengan suhu 70°C selama 50 menit untuk membersihkan sel dari sitoplasma. Larutan KOH kemudian dibuang dan sampel akar dicuci pada air mengalir. Selanjutnya sampel akar

direndam dalam larutan HCl 2% dan didiamkan selama 3-5 menit. Larutan HCl kemudian dibuang dan sampel akar siap untuk diwarnai dengan larutan (0,05% *trypan blue*) dicampur dengan 20 ml fenol + 20 ml asam laktat + 20 ml gliserol + 40 ml aquadest, kemudian sampel akar dipanaskan dengan suhu 70°C selama 30 menit. Pengamatan struktur fungi dilakukan dengan meletakkan potongan akar yang telah diwarnai pada preparat. Kemudian, potongan akar tersebut ditutup dengan *cover glass* dan dilakukan pengamatan pada Mikroskop Majemuk Binokuler Olympus CX21 dengan perbesaran lensa obyektif 10x - 40x. Jika akar telah terinfeksi, maka akan ditandai dengan adanya struktur pembentuk mikoriza (hifa, vesikel, dan arbuskula) pada jaringan akar.

Rumus yang digunakan untuk menghitung persen infeksi akar oleh fungi mikoriza arbuskula sebagai berikut :

$$\text{Infeksi akar} = \frac{\Sigma \text{Jumlah Akar yang terinfeksi}}{\Sigma \text{Akar yang diamati}} \times 100\%$$

Tingkat infeksi menurut The Institute of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service, Athens, Georgia (Setiadi, 1992) sebagai berikut :

1. Kelas 1 bila terinfeksi MVA sebesar 0 - 5% tergolong sangat rendah
2. Kelas 2 bila terinfeksi MVA sebesar 6 - 25% tergolong rendah
3. Kelas 3 bila terinfeksi MVA sebesar 26 - 50% tergolong sedang
4. Kelas 4 bila terinfeksi MVA sebesar 51 - 75% tergolong tinggi
5. Kelas 5 bila terinfeksi MVA sebesar 76 - 100% tergolong sangat tinggi

### **3.6.2 Variabel Pendukung**

#### **3.6.2.1 P-tersedia dan P-total Tanah**

Penentuan P-tersedia menggunakan metode Bray I, yang cara kerjanya yaitu ditimbang 2 g contoh tanah ukuran < 2 mm kering udara. Ditambahkan pengestrak Bray sebanyak 20 ml dan kemudian dikocok selama 10 menit. Disaring larutan hingga jernih dengan proses penyaringan maksimum 5 menit.

Dibuat deret standar 0; 0,5; 1; 1,5; 2; dan 2,5. Selanjutnya dipipet 5 ml larutan standar dan contoh, dimasukkan ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 10 ml larutan kerja dan diaduk. Setelah 30 menit, dilakukan pengukuran transmisinya (T) pada spectrophotometer dengan panjang gelombang 800 nm dan gunakan blanko sebagai standar 100% transmittan.

Perhitungan :

Dibuat kurva larutan standar dan persamaan regresinya dengan menggunakan excel, sehingga diperoleh nilai a dan b, yang digunakan untuk menghitung kadar ppm P dalam larutan.

$$\text{Kadar P tersedia (ppm)} = \frac{20}{2} \times \frac{(10 + 5)}{5} \times \text{P dalam larutan tanah}$$

Keterangan:

- 20 = ml larutan pengestrak tanah (Bray 1)
- 2 = jumlah (g) contoh tanah yang digunakan
- 10 = ml larutan kerja yang digunakan
- 5 = ml ekstrak sampel

P-total diukur menggunakan pengestrak HCl 25%. Ditimbang teliti 2 g contoh tanah ukuran < 2 mm dan dimasukkan ke dalam botol kocok. Ditambahkan 10 ml HCl 25% lalu kocok dengan mesin kocok selama 5 jam. Dimasukkan ke dalam tabung reaksi dibiarkan semalam atau disentrifugasi. Dipipet 1 ml ekstrak jernih contoh ke dalam tabung reaksi. Ditambahkan 99 ml air bebas ion (pengenceran 100 x) dan dikocok. Dipipet 2 ml ekstrak contoh encer dan deret standar masing-masing dimasukkan ke dalam tabung reaksi, kemudian ditambahkan 10 ml larutan pereaksi pewarna P dan dikocok. Dibiarkan selama 30 menit, lalu ukur absorbansinya dengan spektrofotometer pada panjang gelombang 889 nm.

Rumus Kadar P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>-total (%)

$$= \text{ppm kurva} \times (\text{ml ekstrak}/1.000 \text{ ml}) \times 100 \text{ g (g contoh)}^{-1} \times \text{fp} \times (142/90) \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 10/1.000 \times 100/2 \times 100 \times 142/90 \times \text{fk}$$

$$= \text{ppm kurva} \times 10 \times 142/190 \times \text{fk}$$

Keterangan:

ppm kurva = kadar contoh yang didapat dari kurva hubungan antara kadar deret standar dengan pembacaannya setelah dikoreksi blanko.

fk = faktor koreksi kadar air =  $100/(100 - \% \text{ kadar air})$

fp = faktor pengenceran (100)

142/190 = faktor konversi bentuk  $\text{PO}_4$  menjadi  $\text{P}_2\text{O}_5$

### 3.6.2.2 C-organik

Analisis C-organik dilakukan dengan menggunakan metode *Walkley and Black*. Ditimbang 0,5 g tanah kering udara kemudian ditempatkan dalam erlenmeyer 500 ml. Ditambahkan 5 ml  $\text{K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$  sambil menggoyangkan erlenmeyer hingga homogen. Kemudian, ditambahkan 10 ml  $\text{H}_2\text{SO}_4$  pekat dengan gelas ukur di ruang asam dan goyangkan dengan cepat hingga tercampur rata. Didiamkan campuran tersebut di ruang asam selama 30 menit hingga dingin. Selanjutnya, diencerkan dengan 100 ml aquadest. Kemudian, ditambahkan 5 ml asam fosfat pekat, 2,5 ml larutan NaF 4% dan 5 tetes indikator difenil amin. Larutan segera dititrasikan dengan  $((\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2)$  0,5 N hingga warna larutan berubah menjadi biru keruh. Lalu titrasi hingga mencapai titik akhir, yaitu saat warna berubah menjadi biru terang. Penetapan blanko dilakukan sama dengan cara kerja di atas, tetapi tanpa menggunakan tanah.

Rumus C-organik :

$$\% \text{ C-organik} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times (V_B/V_S) \times 0,3886\%}{\text{Berat sampel tanah}}$$

$$\% \text{ Bahan Organik} = \% \text{ C-organik} \times 1,724$$

Keterangan :

$V_B$  : ml titrasi blanko

$V_S$  : ml titrasi sampel

### 3.6.2.3 pH Tanah

Reaksi tanah yang diukur adalah pH aktual (H<sub>2</sub>O) dan pH potensial (KCl) dengan perbandingan tanah dan larutan 1:5 dengan menggunakan elektroda kaca. Cara kerjanya yaitu contoh tanah ditimbang sebanyak 10 g dan ditambahkan 50 ml aquades, larutan tersebut kemudian dikocok sampai lalu pH-nya diukur dengan pH meter setelah terlebih dahulu elektroda dikalibrasi pada pH 4 dan pH 7. Perlakuan yang sama dilakukan untuk mengukur pH KCl dengan menggunakan pelarut KCl 1 M.

### 3.6.2.4 Suhu Tanah

Pengukuran suhu tanah dilakukan dengan pengamatan secara langsung di lapang. Alat yang digunakan yaitu thermometer tanah. Penggunaannya yakni dengan cara menancapkan thermometer ke tanah (pastikan tidak ada batu). Kemudian tunggu beberapa menit, lalu nilai suhu tanah akan keluar dan dicatat.

### 3.4.2.5 Kadar Air Tanah

Kadar air tanah diukur dengan metode Gravimetrik, langkah-langkah dalam pengamatan kadar air tanah yakni ditimbang tanah sebanyak 5 g dan dibungkus dengan aluminium foil. Kemudian tanah dioven dengan suhu 105°C selama 24 jam. Setelah 24 jam, oven dimatikan dan tanah dibiarkan sekitar 1-2 jam hingga dingin. Setelah dingin, tanah dilakukan penimbangan berat keringnya.

Rumus perhitungan kadar air tanah metode gravimetrik :

$$\%KA = \frac{BB - BK}{BK} \times 100\%$$

Keterangan :

BB : Berat basah tanah (g)

BK : Berat kering tanah (g)



### **3.7 Analisis Data**

Dari faktor tersebut diperoleh 4 kombinasi perlakuan yang diulang sebanyak 4 kali. Homogenitas ragam data yang diperoleh diuji dengan Uji Bartlett dan aditivitas data diuji dengan Uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi (dengan antar perlakuan homogen dan data bersifat menambah) maka data dianalisis dengan sidik ragam. Perbedaan nilai tengah perlakuan, diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf 5%. Untuk mengetahui hubungan sifat-sifat tanah terhadap jumlah spora MVA dan persen infeksi akar dengan dilakukan uji korelasi.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

Berdasarkan hasil penelitian dapat disimpulkan sebagai berikut :

1. Aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam meningkatkan populasi MVA dibandingkan perlakuan kontrol dan biochar, tetapi aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam tidak berbeda nyata dengan perlakuan kotoran ayam pada 0 HST dan perlakuan biochar pada 65 HST.
2. Aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap keragaman jenis MVA pada setiap waktu pengamatan.
3. Aplikasi kombinasi biochar dan kotoran ayam tidak memberikan pengaruh nyata terhadap tingkat infeksi akar oleh MVA pada 65 HST dan 110 HST.
4. Terdapat korelasi positif antara populasi spora MVA dengan P-tersedia (65 dan 110 HST), C-organik (0 HST, 65 HST, dan 110 HST), pH (0 HST), dan kadar air (0 HST), serta korelasi positif antara persen infeksi akar oleh MVA dengan P-tersedia saat 110 HST.

### **5.2 Saran**

Perlu adanya penelitian lebih lanjut terkait bagaimana hubungan antara serapan P tanaman dan ketersediaan P tanah dengan populasi serta persen infeksi MVA saat vegetatif maksimum hingga panen.

## DAFTAR PUSTAKA

- Afandi, F. N., Siswanto, B., dan Nuraini, Y. 2015. Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik Terhadap Sifat Kimia Tanah Pada Pertumbuhan Dan Produksi Tanaman Ubi Jalar Di Entisol Ngrangkah Pawon, Kediri. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2 (2) : 237-244.
- Amiroh, A., Khumairoh, S. Z., Istiqomah, dan Suharso. Kajian Macam Pupuk Organik dan Jarak Tanam Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agroradix*, 3 (2) : 1-14.
- Antonius, S., Sahputra, R. D. Y., Nuraini, dan Dewi, T. K. 2018. Manfaat Pupuk Organik Hayati, Kompos dan Biochar pada Pertumbuhan Bawang Merah dan Pengaruhnya terhadap Biokimia Tanah Pada Percobaan Pot Menggunakan Tanah Ultisol. *Jurnal Biologi Indonesia*, 14 (2) : 243-250.
- Auge, R. M. 2001. Water Relations, Drought and Vesicular-Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Mycorrhiza*, 11 (1) : 3-42.
- Banuwa, S. I., Syam, T., dan Wiharso, D. 2011. *Karakteristik Lahan Laboratorium Terpadu FP Unila*. Universitas Lampung. Bandar Lampung. 3 hlm.
- Barea, J. M., Azcon, R., and Aguilar, C. A. 2002. Mycorrhizosphere interactions to improve plant fitness and soil quality. *Antonie van Leeuwenhoek*, 81(1) : 343–351.
- Basri, H. H. A. 2018. Kajian Peranan Mikoriza Dalam Bidang Pertanian. *Agrica Ekstensia*, 12 (2) : 74-78.

- Basrudin. 2005. Pengaruh Inang, Media Tumbuh dan Trigger Terhadap Peningkatan Kualitas Inokulum Cendawan Mikoriza Arbuskular. *Thesis*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 62 hlm.
- Brundrett, M. C. 2009. Mycorrhizal Associations and Other Means of Nutrition of Vascular Plants: Understanding the Global Diversity of Host Plants by Resolving Conflicting Information and Developing Reliable Means of Diagnosis. *Plant Soil*, 320 (1) : 37–77.
- Dewi, I. R. 2007. *Peran, Prospek dan Kendala dalam Pemanfaatan Endomikoriza*. Makalah Fakultas Pertanian. Universitas Padjajaran. Jatinangor. 53 hlm.
- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati, Biochar Sebagai Komponen Teknologi Perbaikan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Iptek Tanaman Pangan*, 4 (1): 33–48.
- Guadarrama, P., Castillo, S. J. A., Zapata, R., and Cueves, L. V. H. 2014. Arbuscular Mycorrhizal Fungal Communities in Changing Environments: The Effect of Seasonality and Anthropogenic Disturbance in a Seasonal Dry Forest. *Pedobiologia. Journal of Soil Biology*, 5 (7) : 87-95.
- Gucket, A., Chavanon, M., Mench, M., Morel, J. L., and Vilemin, G. 1991. Root Exudation in *Beta vulgaris* : a Comparizon with *Zea mays*. *In Plant Roots and their Environment, Proceeding of an ISRR Symposium*, 7 (50) : 449-455.
- Harja, Y., Yusnaini, S., Prasetyo, D., dan Lumbanraja, J. 2022. Pengaruh Pemberian Biochar dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Populasi dan Biomassa Cacing Tanah pada Pertanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Journal of Tropical Upland Resources*, 5 (1) : 15-30.
- Hartoyo, B., Ghulamahdi, M., Darusman, K. L., Aziz, A. S., dan Mansur. 2011. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (Fma) Pada Rizosfer Tanaman Pegagan (*Centella Asiatica* (L.) Urban). *Jurnal Littri*, 17 (1) : 32-40.

- Hasyiati, R., N. Wulandari, dan Haidilianda. 2018. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula (Fma) Pada Beberapa Jenis Pohon di Pegunungan Deudap Pulo Aceh Kabupaten Aceh Besar. *Prosiding Seminar Nasional Biotik*, 5 (1) : 496-509.
- Hidayat, C. 2012. Metabolisme Karbon Dalam Simbiosis Fungi Mikoriza Arbuskula. *Jurnal Agribisnis dan Pengembangan Wilayah*, 4 (1) : 24-35.
- Huda, N., Muin, A., dan Fahrizal. 2015. Asosiasi Fungi Mikoriza Arbuskula (FMA) Pada Tanaman Gaharu *Aquilaria Spp* di Desa Laman Satong Kabupaten Ketapang. *Jurnal Hutan Lestari*, 4 (1) : 72-81.
- International Culture Collection Of Vesicular Arbuscular Mycorrhizal (INVAM). 2015. *International Culture Collection of (Vesicular) Arbuscular Mycorrhizal Fungi*. West Virginia University, Morgantown, West Virginia.
- Iriany, R. M., Yasin, M., dan Takdir, A. 2007. *Asal sejarah, evolusi, dan taksonomi tanaman jagung*. Balai Penelitian Tanaman Serealia. Bogor. 15 hlm.
- Istigfaiyah, L. 2018. Identifikasi Dan Karakterisasi Mikoriza Pada Tegakan Gmelina Arborea. *Skripsi*. Universitas Hasanuddin. Makassar. 52 hlm.
- Izzudin. 2012. Perubahan Sifat Kimia Dan Biologi Tanah Pasca Kegiatan Perambahan Di Areal Hutan Pinus Reboisasi Kabupaten Humbang Hasundutan Provinsi Sumatera Utara. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 25 hlm.
- Jamal, A., Khan, A., Sharif, M., and Jamal, H. 2018. Application of Different Organic Acids on Phosphorus Solubility from Rock Phosphate. *Journal of Horticulture and Plant Research*, 2 (1) : 43-48.
- Janouskova, M., Pavlikova, D., and Vosatka, M. 2006. Potential contribution of arbuscular mycorrhiza to cadmium immobilisation in soil. *Chemosphere*, 65 (11) : 1959-1965.
- Jenkins, W. R. 1964. a Rapid Centrifugal-Flotation Technique for Separating Nematodes from Soil. *Plant Disease Research*, 48 (1) : 692.

- Kaya, E. 2014. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk NPK terhadap pH dan Ketersediaan Tanah Serta Serapan-K, Pertumbuhan, dan Hasil Padi Sawah (*Oryza sativa* L). *Jurnal Buana Sains*. 14 (2) : 113-122.
- Kasongat, H., Muzna, A. A., dan Ponisri. 2019. Identifikasi Dan Keanekaragaman Jenis Jamur Ektomikoriza pada Hutan Jati di Seram Bagian Timur. *Median : Jurnal Ilmu Eksakta*, 11 (1) : 39-46.
- Kementrian Pertanian (Kementan). 2018. *Komoditas Subsektor Tanaman Pangan. Outlook Jagung 2018*. Pusat dan Data Informasi Pertanian Kementrian Pertanian 2019. 111 hlm.
- Koch, V. H., and Moawad, A. 1977. *Analysis of minerals in plant material and Mycorrhiza infection test in roots*. Institute for Tropical and Subtropical Plant Cultivation. Goettingen. 270 hlm.
- Listyowati, S. M., Yusnaini, S., Rini, M. V., dan Arif, M. A. S. Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemberian Mulsa Bagas terhadap Populasi Fungi Mikoriza Arbuskula pada Perkebunan Tebu. 2013. *Jurnal Agrotropika*, 18 (1) : 16-20.
- Lukitanigdyah, R. D. 2013. Tingkat Persen Infeksi Propagul Mikoriza Vesikular Arbuskular Indigenous Asal Desa Pangpong Kec. Labang Kab. Bangkalan Madura pada Perakaran Tanaman Padi (*Oryza Sativa*), Kedelai (*Glycine Max*), Dan Tanaman Gulma Rumput Teki (*Cyperus Rotundus*). *Skripsi*. Institut Teknologi Sepuluh November. Surabaya. 12 hlm.
- Malo, E. 2020. Perbedaan Status Kerusakan Tanah Akibat Penggunaan Biochar pada Lahan Jagung (*Zea mays* L.) di Kabupaten Kediri. *Skripsi*. Universitas Tribhuwana Tungadewi. Malang. 70 hlm.
- Marlina, N., Aminah, S. I. R., Rosmiah, dan Setel, R. L. 2015. Aplikasi Pupuk Kandang Kotoran Ayam pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis Hypogaeae* L.), *Biosaintifika* 7 (2) : 448-457.
- Miller, R. M., and Jastrow, D. J. 2000. *Mycorrhizal Fungi Influence Soil Structure*. In: *Kapulnik Y & Doude DD Jr (Eds) Arbuscular Mycorrhizas: Physiology and Function* (pp 3–18). Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, The Netherlands. 17 hlm.

- Mohammadi, K., Khalesro, S., Sohrabi, Y., dan Heidari, G. 2011. a Review: Beneficial Effects of the Mycorrhizal Fungi for Plant Growth. *Journal of Applied Environmental and Biological Sciences*, 1 (9) :310-319.
- Mulyani, A., Rachman, A., dan Dairah, A. 2010. Penyebaran Lahan Masam, Potensi dan Ketersediaannya Untuk Pengembangan Pertanian. *Prosiding Simposium Nasional Pendayagunaan Tanah Masam*. Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat. Bogor. 45 hlm.
- Mulyani, A., dan Sarwani, M. 2013. Karakteristik dan Potensi Lahan Sub Optimal untuk Pengembangan Pertanian di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 7 (1) : 47-55.
- Murni, M. A., dan Arief, W. R. 2008. *Teknologi Budidaya Jagung*. Balai Besar Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Bogor. 17 hlm.
- Neneng, L. N., Achamd, R., dan Sutono. 2015. *Biochar Pembenh Tanah Yang Potensial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta. 49 hlm.
- Niswati, A., Yusnaini, S., dan Aris, M. A. S. 2008. Populasi Mikroba Pelarut Fosfat dan P-tersedia pada Rizosfir beberapa Umur dan Jarak dari Pusat Perakaran Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Tanah Tropika*, 13 (2) : 123-130.
- Nugroho, A. W., dan Prasetya. 2023. Eksplorasi Mikoriza Arbuskular Pada Beberapa Sistem Penggunaan Lahan Pertanian Di Desa Ngawonggo, Kecamatan Tajinan, Kabupaten Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 10 (1) : 25-35.
- Nurhandayani, R., Linda, R., dan Khotimah, S. Inventarisasi Jamur Mikoriza Vesikular Arbuskular Dari Rhizosfer Tanah Gambut Tanaman Nanas (*Ananas comosus* (L.) Merr). *Jurnal Protobiont*, 2 (3): 146 -151.
- Nurhalimah, S., Nurhatika, S., dan Muhibuddin, A. 2014. Eksplorasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Indigenous pada Tanah Regosol di Pamekasan, Madura. *Jurnal Sains Dan Seni Pomits*, 3 (1) : 30-34.

- Nuryah, S., Astiko, W., dan Muthahanas, I. 2023. Pengaruh Beberapa Dosis Bioamelioran Plus Mikoriza Indigenus Terhadap Pertumbuhan Dan Hasil Jagung Ketan (*Zea mays var. ceratina*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 2 (1) : 1-9.
- Pangaribuan, D. dan Pujisiswanto, H. 2008. Pengaruh Dosis Kompos Pupuk Kandang Sapi terhadap Pertumbuhan dan Produksi Buah Tomat. *Prosiding Seminar Nasional Sains dan Teknologi-II*. Universitas Lampung. 1 (1) : 11-19.
- Pangaribuan, N. 2014. Penjaringan Cendawan Mikoriza Arbuskula Indigenus dari Lahan Penanaman Jagung dan Kacang Kedelai pada Gambut Kalimantan Barat. *Jurnal Agro*, 1 (1) : 50-60.
- Ponisri, Irnawati, dan Bleskadit, H. 2022. Keanekaragaman Jenis Jamur Ektomikoriza di Taman Wisata Alam Bariat Kabupaten Sorong Selatan. *Jurnal Agrifor*, 21 (1) : 75-90.
- Prabaningrum, D. 2017. Populasi dan Keragaman Fungi Mikoriza Arbuskular pada Tiga Klon Ubi Kayu (*Manihot esculenta* Crantz.) di Kabupaten Tulang Bawang Barat. *Skripsi*. Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Lampung. 117 hlm.
- Prasetyo, B. H., dan Suriadikarta, A. D. 2006. Karakteristik, Potensi, Dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering Di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*, 25 (2) : 39-46.
- Purba, Z. T. S., Damanik, M. M. B., dan K. S. Lubis. 2017. Dampak Pemberian Pupuk TSP dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfor Serta Pertumbuhan Tanaman Jagung Pada Tanah Inceptisol Kwala Bekala. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5 (3) : 638-643.
- Purwono dan Purnamawati, H. 2007. *Budidaya 8 Jenis Tanaman Pangan Unggul*. Penebar Swadaya. Jakarta. 139 hlm.
- Rini, V. M. 2011. Populasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Beberapa Kebun Kelapa Sawit di Lampung Timur. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan, Bidang Ilmu-Ilmu Pertanian Badan Kerjasama Perguruan Tinggi Negri (BKS-PTN) Wilayah Barat*, 3 (1) : 377-383.



- Rini, V. M., dan Hidayat, K. F. 2016. Populasi Fungi Mikoriza Arbuskular pada Perakaran Tiga Klon Ubi Kayu di Sentra Produksi Ubi Kayu Lampung Timur dan Tulang Bawang Barat Provinsi Lampung. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Ilmu Pertanian*, 1 (1) : 222-227.
- Ritung, S., Suryani, E., Subardja, D., Sukarman, Nugroho, K., Suparto, Hikmatullah, Mulyani, A., Tafakresnanto, C., Sulaeman, Y., Subandiono, E. R., Ponidi, Prasodjo, N., Suryana, U., Hidayat, H., Priyono, A., dan Aupriatna, W. 2015. *Sumber Daya Lahan Pertanian Indonesia luas, Penyebaran, dan Potensi Ketersediaan*. IAARD Press. Jakarta. 98 hlm.
- Samadi, B., dan Cahyono, B. 2005. *Intensifikasi Budidaya Bawang Merah* Kanisius. Yogyakarta. 83 hlm.
- Sari, S. I., Ekamawanti, H. A., dan Wahdina. 2017. Keanekaragaman Fungi Mikoriza Arbuskula pada Rizosfer Vegetasi Tembawang Sualam Kecamatan Mandor Kalimantan Barat. *Jurnal Hutan Lestari*, 5 (2) : 365-374.
- Sasli, I., dan Ruliansyah, A. 2012. Pemanfaatan Mikoriza Arbuskula Spesifik Lokasi untuk Efisiensi Pemupukan pada Tanaman Jagung di Lahan Gambut Tropis. *Agrovigor*, 5 (2) : 65-74.
- Setiadi, Mansur, I., dan Budi, W. S. 1992. *Petunjuk Laboratorium Mikrobiologi Tanah Hutan*. Pusat Antar Universitas Bioteknologi Kehutanan. Direktorat Perguruan Tinggi Swasta. Jakarta. 54 hlm.
- Setiadi, Y. 2000. Status Penelitian dan Pemanfaatan Cendawan Mikoriza Arbuskula dan Rhizobium untuk Merehabilitasi Lahan Terdegradasi. *Prosiding Seminar Nasional Mikoriza I*. Bogor.
- Setiadi, Y. 2001. *Pemanfaatan Mikroorganisme Dalam Kehutanan Pusat Antar Universitas Bioteknologi*. IPB. Bogor. 85 hlm.
- Sieverding, E. 1991. *Vesicular Arbuscular Mycorrhizae Management in Tropical Agroecosystem*. Deutsche Gesellschaft fur Technische Zusammenarbeit (GTZ) GmbH, Eschborn. 371 hlm.

- Simanjuntak, D., Damanik, M. M. B., dan Sitorus, B. 2016. Pengaruh Tepung Cangkang Telur Dan Pupuk Kandang Ayam Terhadap pH, Ketersediaan Hara P Dan Ca Tanah Inseptisol Dan Serapan P Dan Ca Pada Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agroekoteknologi*, 4 (3) : 6139-6145.
- Shannon, C. E. 1948. A mathematical theory of communication. *The Bell system technical journal*, 27 (3) : 379-423.
- Siagian, N. B., Armaini, dan Idwar. 2018. Aplikasi Mikoriza dan Pupuk Hijau Lamtoro untuk Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) di Tanah Inceptisol. *Journal Online Mahasiswa Universitas Riau*, 5 (2) : 1-15.
- Smith S. E., and Read, J. D. 2008. *Mycorrhizal Symbiosis Third Edition*. Academic Press. New York. 815 hlm.
- Smith S. E., Facelli, E. S., and Pope. 2010. Plant Performance In Stressful Environments: Interpreting New And Established Knowledge Of The Roles Of Arbuscular Mycorrhizas. *Plant and Soil*, 326 (1) : 3-20.
- Suhardi. 1989. *Mikoriza Vesikular Arbuskular*. Pedoman Kuliah. Universitas Gadjah Mada. Yogyakarta. 55 hlm.
- Sukma, N. H. 2006. Pengujian Efektivitas Inokulum Cendawan Mikoriza Arbuskular (CMA) dengan Media Tanam dan Tanaman Inang berbeda pada Rumput Brachiaria. *Skripsi*. Institut Pertanian Bogor. Bogor. 36 hlm.
- Stevenson, F. J. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons. New York. 512 hlm.
- Sutejo. 2002. *Pupuk dan Pemupukan*. Rineka Cipta. Jakarta. 177 hlm.
- Tjitrosoepomo, G. 1983. *Botani Umum*. Penerbit Angkasa. Bandung. 268 hlm.
- Wang, W., Shi, J., Xie, Q., Jiang, Y., Yu, N., and Wang, E. 2017. Nutrient Exchange and Regulation in Arbuscular Mycorrhizal Symbiosis. *Molecular Plant*, 10 (9):1147-1158.

- Wibowo, S. Y., Buchari, H., Arif, M. A. S., dan Utomo, M. 2014. Pengaruh Sistem Olah Tanah pada Lahan Alang-Alang (*Imperata Cylindrica*) Terhadap Biomassa Karbon Mikroorganisme Tanah (C-Mik) yang Ditanami Kedelai (*Glycine Max L.*) Musim Ke Dua. *Jurnal Agrotek Tropika*, 2 (1) : 149-154.
- Widiati, R., Idrus, M. I., dan Imran, A. N. 2014. Isolasi Dan Identifikasi Mikoriza Vesikular Arbuskular (MVA) Pada Rhizosfer Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) Di Desa Samanki Kecamatan Simbang Kabupaten Maros. *Agrokompleks*, 14 (1) : 55-60.
- Yelianti, U., Kasim, M., dan Husin, F. E. 2009. Biodiversity of Arbuscular Mychorrizal Fungi (AMF) on Potatos Rhizosphere and it Potential as Biofertilizer. *Jurnal Saintek*, 12 (1) : 59-64.
- Yuliana, Rahmadani, E., dan Permanasari, I. 2015. Aplikasi Pupuk Kandang Sapi dan Ayam Terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jahe (*Zingiber officinale Rosc.*) di Media Gambut. *Jurnal Agroteknologi*, 5 (2) : 37-42.
- Yuniarti, Chozin, M. A., Guntoro, D., dan Murti Laksono, K. 2018. Perbandingan *Arachis pintoi* dengan Jenis Tanaman Penutup Tanah Lain sebagai Biomulsa di Pertanaman Kelapa Sawit Belum Menghasilkan. *Jurnal Agron. Indonesia*, 46 (2) 215-221.
- Yusnaini, S. 2009. Keberadaan Mikoriza Vesikular Arbuskular pada Prtanaman Jagung yang diberi Pupuk Organik dan inorganik Jangka Panjang. *J. Tanah Trop*, 14 (3) : 253-260.
- Yusnaini, S., Arif, M. A. S., Niswati, A., dan Pakpahan, Y. A. 2017. Keberadaan Fungi Arbuskular Mikoriza (FMA) pada Berbagai Vegetasi dan Kemiringan Lereng Di Laboratorium Lapang Terpadu FP UNILA. *Prosiding Seminar Nasional BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian*, 1 (1) : 71-77.