

**PENGARUH APLIKASI TIGA JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR  
TERHADAP KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR SERTA  
PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) DI LTPD UNILA**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**FAIRUZ NABILAH SHOLIHAH**

**NPM 1814121023**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

## ABSTRAK

### **PENGARUH APLIKASI TIGA JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR TERHADAP KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR SERTA PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) DI LTPD UNILA**

Oleh

**FAIRUZ NABILAH SHOLIHAH**

Fungi Mikoriza Arbuskular (MA) merupakan salah satu fungi yang melakukan simbiosis mutualisme dengan akar tanaman dan memberikan beberapa manfaat seperti melindungi tanaman dari infeksi patogen akar, meningkatkan hormon pemacu tumbuh, memantapkan struktur tanah, meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan, dan meningkatkan kemampuan tanah dalam penyerapan unsur hara terutama P yang mudah terfiksasi. Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui pengaruh pemberian biochar terhadap keberadaan fungi MA, mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung, serta mengetahui interaksi antara jenis biochar dengan dosis pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung. Penelitian ini dilaksanakan pada Maret hingga Oktober 2022 di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD) dan Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza Fakultas Pertanian Universitas Lampung. Rancangan yang digunakan dalam penelitian ini adalah Rancangan Acak Kelompok (RAK) faktorial dengan dua faktor. Faktor pertama biochar (B) terdiri dari tanpa biochar (B<sub>0</sub>), biochar sekam padi (B<sub>1</sub>), biochar tongkol jagung (B<sub>2</sub>), dan biochar batang singkong (B<sub>3</sub>), faktor kedua pupuk fosfor (P) terdiri dari tanpa pupuk fosfor 0 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (P<sub>0</sub>) dan dengan pupuk fosfor 100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (P<sub>1</sub>). Hasil penelitian menunjukkan bahwa pemberian biochar tidak berpengaruh nyata terhadap populasi fungi MA maupun persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Pemberian pupuk fosfor tidak berpengaruh nyata terhadap populasi fungi MA maupun persen kolonisasi akar oleh fungi MA. Terdapat interaksi antara kedua perlakuan terhadap bobot brangkasan panen, bobot biji kering KA 14%, dan populasi fungi MA. Hasil analisis menunjukkan bahwa interaksi biochar sekam padi tanpa pupuk fosfor meningkatkan populasi fungi MA paling tinggi dibandingkan interaksi lainnya.

*Kata kunci: biochar, fungi MA, pupuk fosfor*

**PENGARUH APLIKASI TIGA JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR  
TERHADAP KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR SERTA  
PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) DI LTPD UNILA**

**Oleh**

**FAIRUZ NABILAH SHOLIHAH**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Agroteknologi  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH APLIKASI TIGA JENIS BIOCHAR DAN PUPUK FOSFOR TERHADAP KEBERADAAN FUNGI MIKORIZA ARBUSKULAR SERTA PERTUMBUHAN TANAMAN JAGUNG (*Zea mays*) DI LTPD UNILA**

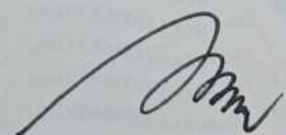
Nama Mahasiswa : **Fairuz Nabilah Sholihah**


No. Pokok Mahasiswa : 1814121023

Jurusan : Agroteknologi

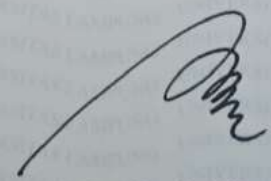
Fakultas : Pertanian



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

  
**Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc.**  
NIP. 196603041990122001

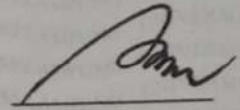
2. Ketua Jurusan Agroteknologi

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

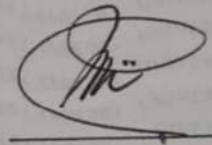
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

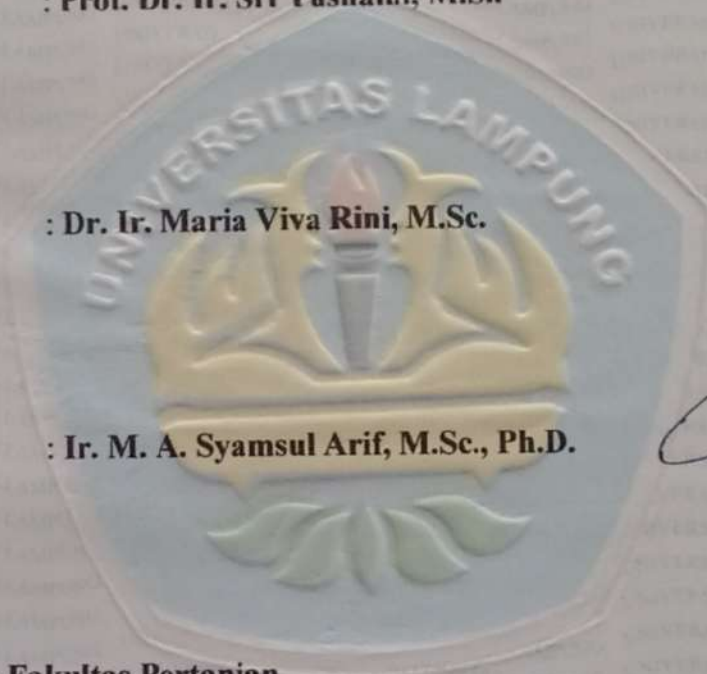
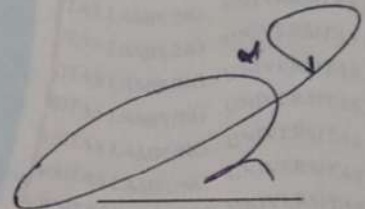
Ketua : Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si.



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



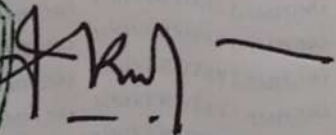
Anggota : Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc., Ph.D.



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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



Tanggal Lulus Ujian Skripsi: 21 November 2023

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi yang berjudul **“Pengaruh Aplikasi Tiga Jenis Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular serta Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) di LTPD UNILA”** merupakan hasil karya sendiri dan bukan hasil karya orang lain. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila di kemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 15 Januari 2024

Penulis,



Fairuz Nabilah Sholihah  
NPM. 1814121023

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis dilahirkan di Kota Probolinggo, Provinsi Jawa Timur pada 04 November 1999. Penulis merupakan anak ke-3 dari pasangan Bapak Anang Yunus Rusiyanto dan Ibu Dessy Wahyuni. Penulis telah menyelesaikan pendidikan di SDN 2 Pahoman tahun 2012, SMPN 18 Bandar Lampung tahun 2015, dan SMAS Perintis 2 Bandar Lampung tahun 2018. Pada tahun yang sama, penulis diterima sebagai Mahasiswa Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung melalui jalur penerimaan SBMPTN (Seleksi Bersama Masuk Perguruan Tinggi Negeri).

Penulis memilih Ilmu Tanah sebagai minat penelitian dari perkuliahan. Pada tahun 2021 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian (BPP) Hajimena, Lampung Selatan. Tahun 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Kedaung, Kecamatan Kemiling, Kabupaten Bandar Lampung. Selama menjadi mahasiswa, penulis pernah terpilih menjadi asisten praktikum mata kuliah Genetika Pertanian dan Dasar-dasar Ilmu Tanah. Selain itu, penulis juga aktif dalam organisasi Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) sebagai anggota bidang Pengabdian Masyarakat (Pengmas) periode 2019/2020 dan periode 2021.

## SANWACANA

Puji syukur penulis panjatkan kepada Allah *subhanahu wa ta'ala* atas rahmat dan hidayah-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan baik.

Shalawat serta salam senantiasa tercurahkan kepada Nabi Muhammad *sallallahu'alaihi wasallam* yang telah menjadi suri tauladan bagi penulis dan penulis harapkan pertemuan dan syafa'atnya di yaumul akhir kelak.

Skripsi berjudul “Pengaruh Aplikasi Tiga Jenis Biochar dan Pupuk fosfor terhadap Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular serta Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) di LTPD UNILA” adalah salah satu syarat untuk memperoleh gelar Sarjana Pertanian dari Universitas Lampung.

Selama pembuatan skripsi ini, penulis mendapatkan bantuan dan dukungan dari berbagai pihak, dimana dalam kesempatan ini penulis mengucapkan terima kasih yang tulus kepada:

1. Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung atas semua fasilitas yang diberikan selama masa studi di Fakultas Pertanian.
2. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si., selaku Ketua Jurusan Agroteknologi sekaligus dosen pembimbing pertama dan dosen pembimbing akademik atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis selama menjalani perkuliahan dan selama pembuatan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.
3. Dr. Ir. Maria Viva Rini, M.Sc., selaku dosen pembimbing kedua atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis selama pembuatan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.



4. Ir. M. A. Syamsul Arif, M.Sc, Ph.D., selaku dosen pembahas atas kesediaannya dalam memberikan bantuan, kritik, saran, dan nasihat kepada penulis selama pembuatan skripsi ini sehingga dapat selesai dengan baik.
5. Ir. Hery Novpriansyah, M.S., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, yang telah memfasilitasi dan menilai kelayakan skripsi ini.
6. Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., selaku dosen pendamping tim penelitian biochar atas kesediaannya dalam memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
7. Keluarga tercinta Abi penulis Anang Yunus Rusiyanto, Ummi penulis Dessy Wahyuni, Ibu penulis Sri Oetami, Kakak penulis Janan Imtitsal Shabirah dan Danu Amanda, Adik penulis Muhammad Rozin Asy Syaddad dan Muhammad Fathihul Khoir, serta Keponakan penulis Ahmad Azzam Amanda, Ahmad Akbar Amanda, dan Ahmad Altaff Amanda yang telah memberikan do'a, kasih sayang, bimbingan, bantuan, perhatian, dukungan, semangat, dan motivasi kepada penulis.
8. Sahabat-sahabat penulis Fadya Dinda Saghadu dan Azima Sri Aditianingsih yang telah menemani dalam suka maupun duka, memberikan semangat, kritik, saran, dan motivasi kepada penulis.
9. Tim penelitian biochar Gede, Juanda, Riski, Beni, Bang Teguh, Aci, Alfina, Tari, Mella, Wulan, Mutia, Ade, Teva, dan Cindy yang telah menjadi rekan yang baik dalam mengerjakan penelitian bersama-sama.
10. Staff Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza Mba Anggun dan Mba Puput yang telah memberikan bimbingan, bantuan, kritik, saran, nasihat, dan motivasi kepada penulis selama melaksanakan penelitian.
11. Teman-teman seperjuangan jurusan Agroteknologi 2018 Sion, Gede, Juanda, Umar, Ari, Prima, Tama, Indah, Ica, Wulan, Salma, Lady, Wilda, Titin, Sekar, Pita, Nurul, Anin, Uus, Risa, Ajeng, Sayu, Niluh, Meisy, Rosa, Vio, Indira, Erika, Desi, Afi, Annisya, Aca, dan Nur yang telah memberi dukungan, bantuan, semangat, dan saran kepada penulis.

12. Kepengurusan Persatuan Mahasiswa Agroteknologi (Perma AGT) Periode 2021 yang telah memberikan motivasi dan pembelajaran berharga kepada penulis.

Dengan ketulusan hati penulis menyampaikan terima kasih dan semoga Allah *subhanahu wa ta'ala* membalas semua kebaikan mereka dan semoga skripsi ini bisa bermanfaat bagi kita semua.

Bandar Lampung, 2024

**Fairuz Nabilah Sholihah**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR ISI</b> .....	<b>iv</b>
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>vi</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>x</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b>	
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan Penelitian.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis.....	12
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b>	
2.1 Klasifikasi Tanaman Jagung ( <i>Zea mays</i> ) .....	13
2.2 Biochar .....	15
2.2.1 Definisi Biochar.....	15
2.2.2 Karakter Biochar .....	16
2.2.3 Pembuatan Biochar.....	17
2.2.4 Peranan Biochar.....	18
2.3 Eksudat Akar .....	19
2.4 Fungi Mikoriza Arbuskular .....	19
2.4.1 Proses Pembentukan Spora .....	19
2.4.2 Jenis Spora.....	21
2.4.3 Peran Fungi MA .....	22
2.5 Unsur Hara Fosfor .....	22
<b>III. BAHAN DAN METODE</b>	
3.1 Waktu dan Tempat .....	24
3.2 Bahan dan Alat .....	24

3.3	Metode Penelitian.....	24
3.4	Pelaksanaan Penelitian .....	26
3.4.1	Pembuatan Biochar.....	26
3.4.2	Persiapan Lahan.....	28
3.4.3	Pembuatan Petak Percobaan.....	28
3.4.4	Aplikasi Biochar.....	29
3.4.5	Penanaman.....	29
3.4.6	Pemupukan .....	30
3.4.7	Perawatan .....	31
3.4.8	Panen .....	31
3.5	Variabel Pengamatan.....	32
3.5.1	Variabel Utama.....	32
3.5.2	Variabel Pendukung .....	35
<b>IV.</b>	<b>HASIL DAN PEMBAHASAN</b>	
4.1	Hasil .....	38
4.1.1	Kondisi Awal Tanah, Biochar, dan Populasi Fungi MA...	38
4.1.2	Populasi Fungi MA saat Vegetatif Maksimum .....	39
4.1.3	Indeks Keanekaragaman Populasi Fungi MA .....	41
4.1.4	Persen Kolonisasi Akar oleh Fungi MA.....	44
4.1.5	Tinggi Tanaman, Jumlah Daun, dan Diameter Batang .....	45
4.1.6	Bobot Brangkas Kering Panen KA 14% .....	46
4.1.7	Bobot Biji Kering KA 14% .....	48
4.1.8	%P Tanaman Jagung .....	49
4.1.9	Analisis Tanah .....	50
4.1.10	Korelasi Komponen Analisis Tanah, Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung dengan Kolonisasi akar serta Populasi Fungi MA .....	51
4.2	Pembahasan.....	51
<b>V.</b>	<b>SIMPULAN DAN SARAN</b>	
5.1	Simpulan.....	58
5.2	Saran.....	58

## **DAFTAR PUSTAKA**

## **LAMPIRAN.**

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Sifat kimia awal pada tanah dan berbagai jenis biochar .....	38
2. Data awal populasi fungi MA 50 g <sup>-1</sup> tanah .....	39
3. Nilai tengah interaksi biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum.....	40
4. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum.....	43
5. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap persen kolonisasi akar oleh fungi MA saat vegetatif maksimum.....	45
6. Nilai tengah interaksi biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot brankasan kering panen KA 14% (g tanaman <sup>-1</sup> ) .....	47
7. Nilai tengah interaksi biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% (g tanaman <sup>-1</sup> ).....	48
8. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah, kadar air tanah, dan pH tanah saat vegetatif maksimum .....	50
9. Nilai korelasi komponen analisis tanah dengan kolonisasi akar serta populasi fungi MA.....	51
10. Nilai korelasi komponen pertumbuhan dan produksi dengan kolonisasi akar serta populasi fungi MA.....	51
11. Rincian dan keterangan spora fungi MA ukuran besar (>250 µm)..	67

12. Rincian dan keterangan spora fungi MA sedang (150-250 $\mu\text{m}$ ).....	68
13. Rincian dan keterangan spora fungi MA kecil (45-150 $\mu\text{m}$ ) .....	69
14. Data populasi fungi MA saat vegetasi maksimum.....	71
15. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum.....	71
16. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum.....	72
17. Indeks keanekaragaman Shannon-Wiener hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA saat vegetatif maksimum.....	73
18. Data persen kolonisasi akar tanaman jagung oleh fungi MA .....	74
19. Uji homogenitas ragam hasil Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap persen kolonisasi akar oleh fungi MA saat vegetatif maksimum.....	74
20. Analisis ragam hasil Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap persen kolonisasi akar oleh fungi MA saat vegetatif maksimum.....	75
21. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot brangkas kering panen KA 14% ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ).....	75
22. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot brangkas kering panen KA 14% ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ).....	76
23. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot kering brangkas setelah panen ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ).....	76
24. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ).....	77

25. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ) .....	77
26. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% ( $\text{g tanaman}^{-1}$ ) .....	78
27. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap pH tanah saat vegetatif maksimum.....	78
28. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap pH tanah saat vegetatif maksimum.....	79
29. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap pH tanah saat vegetatif maksimum.....	79
30. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah vegetatif maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	80
31. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah vegetatif maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	80
32. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah vegetatif maksimum ( $^{\circ}\text{C}$ ).....	81
33. Pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap kadar air tanah vegetatif maksimum (%) .....	81
34. Uji homogenitas ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap kadar air tanah vegetatif maksimum (%).....	82
35. Analisis ragam hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap kadar air tanah (%).....	82
36. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah vegetatif maksimum dengan kolonisasi akar ..	83
37. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap kadar air tanah vegetatif maksimum dengan kolonisasi akar.....	84
38. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap pH tanah vegetatif maksimum dengan kolonisasi akar.....	85

39. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot brangkasan kering panen KA 14% dengan kolonisasi akar.....	86
40. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% panen dengan kolonisasi akar .	87
41. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap suhu tanah vegetatif maksimum dengan populasi fungi MA .....	88
42. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap kadar air tanah vegetatif maksimum dengan populasi fungi MA.....	89
43. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap pH tanah vegetatif maksimum dengan populasi fungi MA .....	90
44. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot brangkasan kering panen KA 14% dengan populasi fungi MA .....	91
45. Uji korelasi hasil pengaruh pemberian biochar dan pupuk fosfor terhadap bobot biji kering KA 14% panen dengan populasi fungi MA .....	92



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran pengaruh aplikasi tiga jenis biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA pada pertanaman jagung.....	11
2. Proses menghancurkan batang singkong .....	26
3. Proses pembuatan biochar secara sederhana menggunakan kawat kasa; biochar sekam padi (A); biochar tongkol jagung (B); dan biochar batang singkong (C). .....	27
4. Proses pengeringan biochar dengan cara dijemur di bawah sinar matahari.....	27
5. Proses menghaluskan biochar (A); biochar sekam padi (B); biochar tongkol jagung (C); dan biochar batang singkong (D). .....	28
6. Petak percobaan setelah diolah menggunakan cangkul. ....	29
7. Pengaplikasian biochar dalam larikan; (A) biochar sekam padi; (B) biochar tongkol jagung; (C) biochar batang singkong. ....	29
8. Penanaman 2 benih jagung varietas Betras 9 dalam lubang yang sudah ditugal. ....	30
9. Pengaplikasian pupuk fosfor, pupuk Urea, dan pupuk KCl 1 minggu setelah tanam.....	30
10. Perawatan tanaman jagung; (A) penjarangan; (B) pembumbunan; (C) penyemprotan pestisida nabati untuk mengatasi serangan hama ulat grayak. ....	31

11. Tanaman jagung yang sudah dipanen dari setiap petak percobaan.	31
12. Pengambilan sampel tanah awal setelah olah tanah secara komposit pada tiap perlakuan. ....	32
13. Pengambilan sampel tanah kedua saat vegetasi maksimum secara komposit di tiap perlakuan. ....	33
14. Spora fungi MA besar ( $>250 \mu\text{m}$ ); A = (C,Y,M) 0/90/0; B = (C,Y,M) 60/80/80; C = (C,Y,M) 60/40/80.....	41
15. Spora fungi MA sedang (150-250 $\mu\text{m}$ ); A = (C,Y,M) 0/30/0; B = (C,Y,M) 0/40/0 dan 0/50/0; C = (C,Y,M) 40/90/60 dan 60/100/80.	42
16. Spora fungi MA kecil (45-150 $\mu\text{m}$ ); A = (C,Y,M) 0/20/0; B = (C,Y,M) 0/100/10 dan 0/20/0; C = (C,Y,M) 20/90/40 dan 40/60/60; D = (C,Y,M) 0/100/20 dan 0/100/40. ....	42
17. Spora, vesikel, dan hifa fungi MA dalam akar tanaman jagung. ....	44
18. Tinggi tanaman jagung 1-7 MST. ....	45
19. Jumlah daun tanaman jagung 1-7 MST. ....	46
20. Diameter batang tanaman jagung 1-7 MST, .....	46
21. %P brangkasan tanaman jagung. ....	49
22. %P biji tanaman jagung. ....	50

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Produktivitas jagung di Provinsi Lampung mengalami peningkatan dari tahun 2017 sebesar 5,21 ton ha<sup>-1</sup> menjadi 5,85 ton ha<sup>-1</sup> tahun 2018 dan meningkat lagi menjadi 6,94 ton ha<sup>-1</sup> tahun 2019 (Kementerian Pertanian, 2020), selanjutnya menurut Susilowati dan Kusumo (2018), produktivitas jagung masih dapat ditingkatkan hingga 12 ton ha<sup>-1</sup> dengan pengolahan tanah serta pengelolaan tanaman yang tepat. Namun, lahan di Provinsi Lampung didominasi oleh tanah Ultisol atau Podsolik Merah Kuning (PMK) sekitar 1.522.336 ha (Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2011). Menurut Handayani dan Karnilawati (2018), tanah PMK merupakan tanah dengan kesuburan yang rendah karena terdapat beberapa kendala seperti kandungan bahan organik rendah, pH tanah masam, tingkat Al-dd tinggi, kandungan unsur hara (N, P, dan K) rendah, dan sangat peka terhadap erosi. Akibat kendala-kendala tersebut kesuburan tanah menjadi menurun sehingga produktivitas dan produksi jagung menjadi kurang maksimal.

Solusi alami mengatasi kendala di atas terutama kendala ketersediaan unsur hara P adalah dengan pemanfaatan fungi Mikoriza Arbuskular (MA) dalam tanah. Fungi MA sendiri merupakan fungi yang berinteraksi saling menguntungkan dengan tanaman, dimana fungi MA mendapatkan karbohidrat dan energi berupa eksudat akar (Pangaribuan, 2014) dan tanaman mendapatkan unsur hara terutama P yang sulit tersedia dalam tanah (Cahyaningrum dkk., 2020). Nurhayati (2012) menyatakan bahwa, fungi MA dalam tanah berperan terhadap peningkatan kesehatan tanah, dapat meningkatkan status hara tanah yang akan meningkatkan pula hasil pertanian, lalu berfungsi sebagai pupuk hayati yang ramah lingkungan.

Menurut Octavianti dkk. (2014), fungi MA juga berperan dalam peningkatan kemampuan tanah dalam penyerapan unsur hara yang dibutuhkan oleh tanaman terutama P dan beberapa unsur hara lain seperti N, K, Zn, Mg, Cu, dan Ca (Octavianti dkk., 2014). Bahkan, Musfal (2010) menyatakan bahwa akar tanaman yang terinfeksi fungi MA dapat enam kali lebih cepat menyerap unsur hara P dibandingkan akar yang tidak terinfeksi fungi MA.

Berdasarkan cara mengkolonisasi akar, mikoriza dibagi menjadi dua yaitu ektomikoriza (EKM) dan endomikoriza (EM). Jenis ektomikoriza mengkolonisasi akar tanaman inang menggunakan jaringan hifa yang membentuk mantel pada permukaan akar di antara sel korteks, jenis ini diketahui dapat diperbanyak tanpa adanya tanaman inang. Jenis endomikoriza mengkolonisasi akar tanaman inang dengan memasukkan jaringan hifa ke dalam sel korteks kemudian membentuk struktur khas berbentuk seperti oval yang disebut vesikula atau berbentuk cabang yang disebut arbuskular (Musfal, 2010).

Berdasarkan penjelasan kedua jenis mikoriza tersebut, endomikoriza merupakan mikoriza yang penyebarannya paling luas dan paling sering dijumpai karena merupakan asosiasi antara akar dan jamur. Jamur endomikoriza diperkirakan berasosiasi dengan akar tanaman lebih dari 93 % jenis tanaman di muka bumi dan memiliki relasi yang luas pada tanaman pertanian, perkebunan, dan kehutanan (Nurhayati, 2012). Jenis endomikoriza terbagi lagi menjadi tiga berdasarkan tipe infeksiya yaitu mikoriza ericoid, mikoriza orchid, dan yang paling banyak ditemukan di alam yaitu mikoriza arbuskular (Harley, 1969).

Perkembangan fungi MA dapat dipengaruhi oleh faktor biotik dan abiotik. Faktor abiotik diantaranya yaitu suhu, pH tanah, kelembaban tanah, kandungan hara P, dan konsentrasi logam berat. Selanjutnya, faktor biotik yang mempengaruhi perkembangan fungi MA yaitu jenis tanaman inang yang akan mempengaruhi kepekaan tanaman inang terhadap infeksi (Cahyaningrum dkk., 2020), hal tersebut dijelaskan pula oleh Smith dan Read (1997) bahwa pertumbuhan akar dan kepekaan tanaman mempengaruhi persentase kolonisasi. Fungi MA juga diketahui akan tumbuh baik pada lingkungan yang sesuai untuk pertumbuhan

tanaman. Musfal (2010) menyebutkan bahwa, fungi MA banyak ditemukan pada tanah dengan kadar mineral tinggi seperti pada hutan primer, hutan sekunder, kebun, padang alang-alang, lahan gambut, dan pantai dengan salinitas tinggi. Selain itu, tanaman yang tidak tumbuh dengan baik akibat kondisi tanah yang tidak subur akan menurunkan kemungkinan munculnya fungi MA. Hal tersebut dijelaskan oleh Rini dan Hidayat (2016) dalam penelitiannya bahwa, tingkat kesuburan tanah yang rendah akibat praktik budidaya dengan penggunaan bahan kimia tinggi akan menurunkan populasi dan jenis fungi MA di alam.

Solusi yang dapat digunakan untuk membantu memperbaiki keadaan tanah yang kurang subur adalah pemberian biochar dalam tanah agar dapat meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga meningkatkan eksudat akar dan akan meningkatkan populasi fungi MA dalam tanah. Biochar mampu membenahi tanah karena memiliki luas permukaan dan daya serap alami yang tinggi serta dapat menjadi media pertumbuhan untuk mikroorganisme. Selain itu, biochar juga mampu menurunkan kepadatan tanah, meningkatkan kekuatan tanah, meningkatkan Al dan Fe dapat dipertukarkan, meningkatkan porositas, membantu tersedianya kadar air tanah, meningkatkan C-organik, P tersedia, KTK, K dan Ca dapat dipertukarkan, serta mampu meningkatkan serapan unsur hara seperti nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K) (Chan *et al.*, 2017). Selain itu, biochar tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga dapat bertahan lebih lama dalam tanah (Widyantika dan Sugeng, 2019).

Melalui penjelasan di atas, dapat diketahui bahwa keberadaan fungi MA dalam tanah berperan penting dalam menunjang kesuburan tanah serta optimalisasi pertumbuhan tanaman yang diharapkan dapat meningkat populasinya setelah dilakukan pemberian biochar yang merupakan bahan pembenah tanah. Maka, dilakukan penelitian **“Pengaruh Aplikasi Tiga Jenis Biochar dan Pupuk Fosfor terhadap Keberadaan Fungi Mikoriza Arbuskular serta Pertumbuhan Tanaman Jagung (*Zea mays*) di LTPD UNILA”**. Penelitian ini menggunakan tanaman jagung dengan perlakuan tiga jenis biochar (sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong) serta pupuk fosfor. Melalui penelitian ini,

diharapkan dapat diketahui perlakuan mana yang dapat meningkatkan populasi fungi MA pada pertanaman jagung.

## **1.2 Rumusan Masalah**

Rumusan masalah dari penelitian ini yaitu:

1. Apakah pemberian biochar berpengaruh terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung?
2. Apakah pemberian pupuk fosfor berpengaruh terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung?
3. Apakah terdapat interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung?

## **1.3 Tujuan Penelitian**

Tujuan dilakukannya penelitian ini yaitu:

1. Mengetahui pengaruh pemberian biochar terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung
2. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung

## **1.4 Kerangka Pemikiran**

Provinsi Lampung didominasi oleh tanah Ultisol atau Podsolik Merah Kuning (PMK) sekitar 1.522.336 ha (Badan Koordinasi Penanaman Modal, 2011).

Menurut Handayani dan Karnilawati (2018), tanah PMK merupakan tanah dengan kesuburan yang rendah karena terdapat beberapa kendala seperti kandungan bahan organik rendah, pH tanah masam, tingkat Al-dd tinggi, kandungan unsur hara (N, P, dan K) rendah, dan sangat peka terhadap erosi. Akibat kendala-kendala

tersebut kesuburan tanah menjadi menurun sehingga produktivitas dan produksi jagung menjadi kurang maksimal.

Unsur hara terutama P yang tidak tersedia bagi tanaman perlu diatasi karena dapat menyebabkan tanaman tidak tumbuh dengan optimal sehingga hasil produksi ikut menurun. Hal tersebut dapat terjadi karena unsur P berperan dalam pembentukan akar, merangsang pertumbuhan awal, pembelahan sel, merangsang pembungaan, merangsang pengembangan benih, meningkatkan kemampuan tanaman menyerap air dan nutrisi, dan meningkatkan kemampuan tanaman dalam menoleransi keadaan lingkungan yang tidak menguntungkan (Putriani dkk., 2022). Apabila tanaman jagung kekurangan unsur P, maka akan timbul gejala berupa daun berwarna ungu kemerahan dari ujung sampai pangkal daun, serta pembentukan biji menjadi tidak sempurna karena kesuburan polen menurun (Mautuka dkk., 2022).

Upaya dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara P dapat terjadi secara alami oleh adanya fungi MA di rizhosfir. Fungi MA sendiri merupakan fungi yang berinteraksi dengan tanaman dengan hubungan yang saling menguntungkan, dimana fungi MA mendapatkan karbohidrat dan energi berupa eksudat akar (Pangaribuan, 2014) dan tanaman mendapatkan unsur hara terutama P yang sulit tersedia dalam tanah (Cahyaningrum dkk., 2020). Interaksi antara fungi MA dengan akar tumbuhan diawali oleh tanaman yang melepaskan eksudat akar berupa senyawa gula dan asam amino sehingga menstimulir fungi untuk melepaskan senyawa fenol terutama flavonoid yang menjadi senyawa utama dalam interaksi antara mikroba dan tanaman. Setelah itu, terjadi kolonisasi akar yang kompatibel oleh hifa dari propagul fungi, spora aseksual atau akar bermikoriza. Selanjutnya, akan terbentuk apesorium sehingga hifa dapat menembus korteks akar serta membentuk struktur yang disebut arbuskular. Flavonoid menjadi senyawa utama dalam interaksi antara fungi MA dan tanaman, karena berperan dalam mempengaruhi pertumbuhan, diferensiasi dan kolonisasi hifa fungi MA pada akar, serta dapat menunjukkan bahwa suatu jenis/genus fungi hanya akan bersimbiosis dengan spesies/genus tumbuhan tertentu dan sebaliknya (Cheng *and* Pheng, 2013).

Fungi MA mampu meningkatkan serapan hara P karena fungi MA menghasilkan enzim fosfatase yang berfungsi melepaskan unsur P yang terikat oleh unsur Al dan Fe terutama pada tanah masam (Musfal, 2010). Indriani dkk. (2011) juga menyebutkan peran dari fungi MA selain mampu meningkatkan serapan unsur P yaitu, hifa fungi MA akan mengangkut ammonium, kalsium, sulfur, potasium, zink, dan air ke tanaman inang. Penelitian lain yang dilakukan oleh Rini dan Usnaqul (2016) juga menyebutkan peran fungi MA yaitu, mampu melindungi tanaman dari infeksi patogen akar, meningkatkan hormon pemacu tumbuh, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dengan menggunakan hifa yang mampu memperluas bidang serapan air hingga ke pori-pori tanah. Hifa fungi MA juga mampu mengikat partikel-partikel tanah sehingga dapat memantapkan struktur tanah (Rini dan Usnaqul, 2016).

Namun, tanaman yang tidak tumbuh dengan baik akibat kondisi tanah yang tidak subur akan menurunkan kemungkinan munculnya fungi MA. Hal tersebut dijelaskan oleh Rini dan Hidayat (2016) dalam penelitiannya bahwa, tingkat kesuburan tanah yang rendah akibat praktik budidaya dengan penggunaan bahan kimia tinggi akan menurunkan populasi dan jenis fungi MA di alam. Salah satu solusi yang digunakan saat ini untuk mengatasi permasalahan kesuburan tanah yaitu, melakukan penambahan bahan organik baik dalam bentuk kompos, pupuk kandang, maupun biomassa tanaman. Tetapi, solusi tersebut ternyata tidak bertahan lama karena Indonesia beriklim tropis sehingga menyebabkan laju dekomposisi serta proses oksidasi atau mineralisasi bahan organik berlangsung dengan cepat. Hal ini menyebabkan pemanfaatan bahan organik hanya berlangsung singkat (*temporary*) sekitar satu sampai dua musim tanam saja (Rochayati dan Dariah, 2012). Selain itu, tingginya laju dekomposisi tersebut juga menyebabkan menurunnya ketersediaan senyawa karbon organik karena sebagian besar dilepaskan dalam bentuk CO<sub>2</sub> ke atmosfer dan menyebabkan kemampuan penyangga tanah (*buffering capacity*) menjadi rendah sehingga proses pencucian menjadi tinggi dan menyebabkan unsur hara yang ditambahkan berupa pupuk tidak bertahan lama dalam tanah, tentunya hal tersebut menurunkan efisiensi pemupukan (Sukartono dan Utomo, 2012).



Solusi lain yang saat ini sedang dikembangkan yaitu dengan melakukan pemanfaatan terhadap limbah pertanian menjadi bahan pembenah tanah. Solusi ini digunakan untuk mengatasi permasalahan limbah pertanian yang dibakar begitu saja karena dapat menimbulkan asap yang mengganggu dan membuang karbon organik secara cuma-cuma ke atmosfer. Hal tersebut sejalan dengan pernyataan Sudjana (2014), bahwa limbah hasil pertanian merupakan sumber organik, karbon, mengandung lignoselulosa, dan sumber serat yang sangat berperan dalam pertanian berkelanjutan. Beberapa contoh limbah pertanian yang saat ini banyak dimanfaatkan menjadi bahan pembenah tanah yaitu tempurung kelapa, sekam padi, kulit buah kakao, tempurung kelapa sawit, dan tongkol jagung (Nurida dkk., 2015).

Pemanfaatan limbah pertanian dilakukan menggunakan proses pirolisis atau karbonisasi, dimana membatasi jumlah oksigen atau udara selama pembakaran sehingga terjadi pembakaran secara anaerobik dan akan membentuk arang padat atau disebut dengan biochar. Biochar diketahui memiliki peran terhadap tanah dan lingkungan, karena dapat dimanfaatkan sebagai pembenah tanah (*ameliorant*) (Campos *et al.*, 2021). Chan *et al.* (2017) menjelaskan bahwa, biochar dapat memperbaiki sifat fisik tanah karena memiliki luas permukaan dan daya serap alami tinggi serta dapat menjadi media untuk mikroorganisme dalam tanah. Selain itu, biochar mampu menurunkan kepadatan tanah, meningkatkan kekuatan tanah, meningkatkan porositas, membantu tersedianya kadar air tanah, meningkatkan C-organik, P tersedia, KTK, serta K dan Ca dapat dipertukarkan, dan membantu tersedianya unsur hara nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K).

Biochar juga mampu mengatasi kendala kehilangan unsur hara P dengan meningkatkan kelarutan P dalam tanah melalui kemampuannya dalam menjerap molekul organik yang terikat dengan logam  $Al^{3+}$ ,  $Fe^{3+}$ , dan  $Ca^{2+}$  (Putri dkk., 2017). Selain itu, biochar memiliki dua sifat utama yaitu persisten dalam tanah karena mengandung lebih dari 50% karbon (C) dan tidak mengalami pelapukan lanjut serta sifat kedua yaitu afinitas tinggi terhadap hara karena mengandung banyak pori dan permukaannya luas sehingga memiliki densitas yang tinggi (Widiastuti, 2016).

Dalam pembuatan biochar, bahan baku dan suhu pirolisis perlu diperhatikan karena menjadi faktor penting dalam menentukan pengaruh yang akan muncul di dalam tanah melalui karakteristiknya. Sukmawati (2020) menyatakan bahwa biochar dari hasil pirolisis suhu rendah akan menghasilkan biochar dengan kadar volatile yang tinggi serta substrat yang mudah terurai sehingga mendukung pertumbuhan tanaman, sedangkan biochar dari hasil pirolisis suhu tinggi akan menghasilkan biochar dengan kandungan aromatic karbon dan luas permukaan tinggi sehingga bersifat rekalsitran dan meningkatkan kemampuan serapan yang sesuai dalam penyerapan karbon dan bioremediasi. Sukmawati (2020) juga menyatakan bahwa hasil produk pirolisis dipengaruhi oleh bahan utama biomassa berupa selulosa, hemiselulosa, dan lignin yang akan mempengaruhi pembentukan biochar.

Dalam penelitian ini, akan digunakan tiga jenis biochar yaitu biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Karam *et al.*, (2022), biochar sekam padi pada suhu pirolisis 300-700°C menghasilkan luas permukaan sebesar 377,717 m<sup>2</sup> g<sup>-1</sup>, diameter pori 3815 nm (38,15 Å), volume pori 0,032 cm<sup>3</sup> g<sup>-1</sup>, dan karbon terikat/*fixed carbon* 28,44%. Janu dan Mutiara (2021) menyebutkan manfaat biochar sekam padi dalam penelitiannya ialah mampu mengurangi kerapatan isi tanah dari 1,01 g cm<sup>-3</sup> hingga menjadi 0,8 g cm<sup>-3</sup>, meningkatkan porositas tanah dari 61,76% hingga menjadi 69,89%, meningkatkan kemampuan tanah menyerap air dari kadar air 36,78% hingga menjadi 41,14%, menjaga kelembaban tanah, dan meningkatkan hasil produksi tanaman jagung hingga 10,70 ton ha<sup>-1</sup>. Nisak dan Supriyadi (2019) juga menyebutkan dalam penelitiannya pada tanah salin bahwa biochar sekam padi mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah hingga 57,9%, KTK hingga 4,53%, K tersedia hingga 17,2%, meningkatkan daya toleran tanaman kedelai pada tanah salin dari salinitas 2 dS/m hingga menjadi 6 dS/m, dan meningkatkan hasil produksi tanaman kedelai pada tanah salin hingga 26,7%.

Bahan kedua yang akan dijadikan biochar dalam penelitian ini adalah tongkol jagung. Penelitian yang dilakukan oleh Wijitkosum dan Jiwnok (2019), menyatakan bahwa biochar tongkol jagung pada suhu pirolisis 500-600 °C

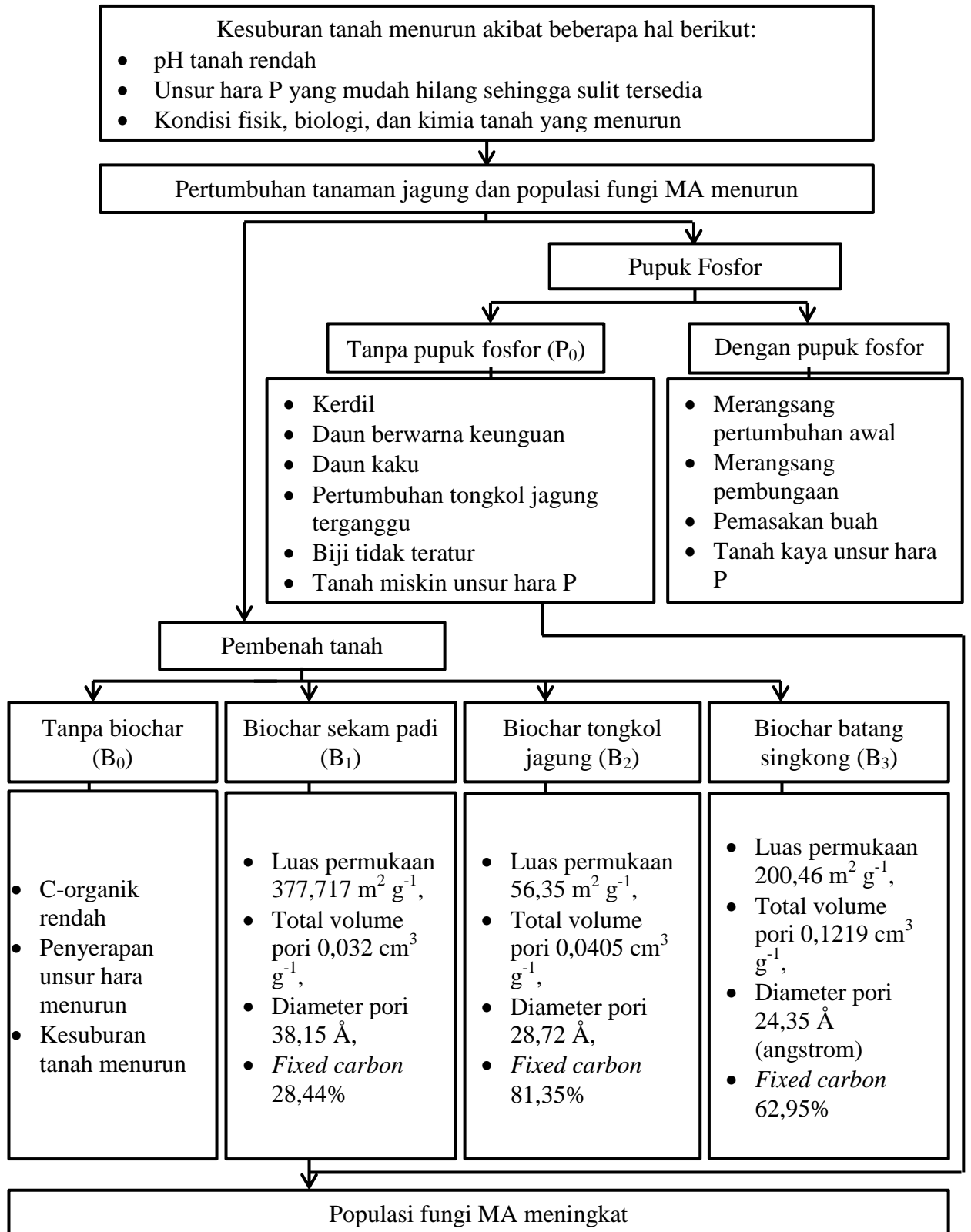
menghasilkan luas permukaan sebesar  $56,35 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , total volume pori  $0,0405 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ , rata-rata diameter pori  $28,72 \text{ \AA}$  (angstrom), dan *fixed carbon*  $81,35\%$ . Mautuka dkk. (2022) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa biochar tongkol jagung meningkatkan beberapa sifat kimia tanah yaitu pH tanah yang semula  $8,11$  menjadi  $8,15$ , C-organik tanah yang semula  $5,93\%$  menjadi  $6,81\%$ , nitrogen tanah yang semula  $0,32\%$  menjadi  $0,33\%$ , P tersedia yang semula  $0,08\%$  menjadi  $0,10\%$ , kalium yang semula  $0,53\%$  menjadi  $0,56\%$ , dan C/N yang semula  $18,53\%$  menjadi  $20,64\%$ . Yuananto dan Utomo (2018) juga menyatakan bahwa biochar tongkol jagung pada tanah masam meningkatkan C-organik yang semula  $1,98\%$  menjadi  $2,34\%$ , meningkatkan N-total yang semula  $0,201\%$  menjadi  $0,224\%$ , dan meningkatkan produksi tanaman jagung yang semula  $42,80 \text{ g polybag}^{-1}$  menjadi  $46,80 \text{ g polybag}^{-1}$ .

Bahan ketiga yang digunakan untuk dijadikan biochar yaitu batang singkong. Penelitian yang dilakukan oleh Wijitkosum dan Jiwnok (2019), menyatakan bahwa biochar batang singkong pada suhu pirolisis  $500\text{-}600 \text{ }^\circ\text{C}$  menghasilkan luas permukaan sebesar  $200,46 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , total volume pori  $0,1219 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ , rata-rata diameter pori  $24,35 \text{ \AA}$  (angstrom), dan *fixed carbon*  $62,95\%$ . Setiawan dkk. (2022) menyatakan bahwa biochar batang singkong meningkatkan kadar N-total dari  $0,17\%$  hingga menjadi  $0,27\%$ , K-dd dari  $0,28 \text{ cmol kg}^{-1}$  hingga menjadi  $0,54 \text{ cmol kg}^{-1}$ , KTK dari  $11,80 \text{ cmol kg}^{-1}$  hingga menjadi  $12,67 \text{ cmol kg}^{-1}$ , dan C-organik tanah ultisol dari  $2,29\%$  hingga menjadi  $2,53\%$ . Aswiguna dkk. (2022) juga menyatakan bahwa biochar batang singkong meningkatkan searapan hara N pada tanaman jagung dari  $20,35 \text{ kg ha}^{-1}$  hingga menjadi  $23,61 \text{ kg ha}^{-1}$ .

Karam *et al.* (2022) menyatakan bahwa, luas permukaan biochar yang tinggi cenderung memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi pula sehingga meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi. Karam *et al.* (2022) juga menyatakan bahwa, tingginya diameter pori biochar mempengaruhi kemampuan biochar dalam menyimpan air dan nutrisi sehingga akan meningkatkan kesuburan tanah. Hal tersebut sejalan dengan penjelasan oleh Rini dan Hidayat (2016) yang menyatakan bahwa, seiring meningkatnya kesuburan tanah akan meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga mampu menghasilkan eksudat akar dalam jumlah

banyak dan pada akhirnya populasi fungi MA juga ikut meningkat. Pori biochar yang luas juga mampu menjadi penampung tambahan untuk menahan ion-ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dalam tanah serta menahan fosfor terlarut agar tidak hilang akibat limpasan air (Wijitkosum dan Jiwnok, 2019), hal tersebut dapat membantu fungsi MA dalam menyediakan unsur hara P untuk tanaman.

Peran fungsi MA dalam meningkatkan ketersediaan unsur hara dalam tanah diketahui hanya berlaku apabila tanah kekurangan unsur hara, artinya populasi fungsi MA akan meningkat pada kondisi tanah yang miskin hara dibandingkan pada tanah kaya hara (Rini dkk., 2017). Sejalan dengan pernyataan Yusnaini dkk. (2017) bahwa, kondisi P-tersedia dalam tanah yang rendah serta pH tanah mendekati masam akan memberikan pengaruh nyata terhadap simbiosis antara spora fungsi MA dan akar tanaman. Chairiyah dkk. (2013) menjelaskan bahwa, aktivitas fungsi MA akan meningkat apabila tanah banyak mengandung logam berat karena tanaman bergantung pada fungsi MA akibat kondisi tanah yang mencekam. Hal tersebut menunjukkan bahwa tanah yang kaya unsur hara P tidak meningkatkan populasi fungsi MA dibandingkan tanah yang miskin unsur hara P.



Gambar 1. Kerangka pemikiran pengaruh aplikasi tiga jenis biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA pada pertanaman jagung.

### **1.5 Hipotesis**

Berdasarkan kerangka pemikiran, disimpulkan hipotesis sebagai berikut:

1. Pemberian biochar berpengaruh terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung,
2. Pemberian pupuk fosfor berpengaruh terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung,
3. Terdapat pengaruh interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap keberadaan fungi MA pada pertanaman jagung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Klasifikasi Tanaman Jagung (*Zea mays*)

Jagung merupakan salah satu tanaman pangan yang menempati posisi penting untuk mendukung perekonomian nasional karena tanaman jagung merupakan salah satu sumber karbohidrat dan dapat dimanfaatkan sebagai bahan baku industri pangan, pakan, ternak unggas, dan ternak ikan (Reavindo dan Bangun, 2016). Kementerian Pertanian (2020) menyatakan bahwa, produktivitas jagung di Lampung mengalami peningkatan dari tahun 2017 sebesar 5,21 ton ha<sup>-1</sup> menjadi 5,85 ton ha<sup>-1</sup> tahun 2018 dan meningkat lagi menjadi 6,94 ton ha<sup>-1</sup> tahun 2019.

Tanaman jagung memiliki klasifikasi sebagai berikut:

Kingdom	: Plantae
Divisi	: Spermatophyta (tumbuhan berbiji)
Subdivisi	: Angiospermae (berbiji tertutup)
Kelas	: Monocotyledone (berkeping satu)
Ordo	: Graminae (rumput-rumputan)
Famili	: Graminaceae
Genus	: <i>Zea</i>
Spesies	: <i>Zea mays</i>

Jagung dengan nama latin *Zea mays* merupakan satu-satunya tanaman biji-bijian yang bunga jantan dan betinanya terpisah. Lalu, jagung termasuk dalam kelompok rerumputan tropis yang sangat adaptif terhadap perubahan iklim dan memiliki masa hidup 70-210 hari. Suhu optimal untuk pertanaman jagung yaitu antara 21-34 °C dengan pH tanah sebesar 5,6-7,5. Lalu, ketinggian optimum pertanaman jagung antara 50-600 meter dpl. Curah hujan dan penyebarannya perlu diperhatikan saat akan melakukan penanaman jagung, karena tanaman

jagung membutuhkan air sekitar 100-140 mm bulan<sup>-1</sup> sehingga penanaman dilakukan saat curah hujan sudah mencapai 100 mm bulan<sup>-1</sup>. Pengamatan curah hujan dan penyebarannya sebaiknya dilakukan selama 10 tahun ke belakang sehingga dapat ditentukan waktu tanam jagung yang paling baik (Badan Ketahanan Pangan dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD, 2009).

Lahan pertanaman jagung di provinsi Lampung terbilang luas yang terbukti pada data BPS provinsi Lampung, dimana pada tahun 2015–2017 luas lahan panen jagung di provinsi Lampung yaitu 293.521,00 ha di tahun 2015, lalu mengalami peningkatan luas panen pada tahun 2016 yaitu 340.201,00 ha, kemudian meningkat lagi pada tahun 2017 menjadi 482.607,00 ha. Produksi tanaman jagung di provinsi Lampung pada rentang tahun 2015–2017 juga mengalami peningkatan yaitu 1.502.800,00 ton di tahun 2015, 1.720.196,00 ton di tahun 2016, dan 2.518.894,00 ton di tahun 2017. Namun, produktivitas tanaman jagung provinsi Lampung pada tahun 2015–2017 ternyata sempat mengalami penurunan di tahun 2016. Sebelumnya, di tahun 2015 produktivitas tanaman jagung provinsi Lampung yaitu 51,20 ku ha<sup>-1</sup>, lalu mengalami penurunan di tahun 2016 menjadi 50,56 ku ha<sup>-1</sup>, dan meningkat kembali di tahun 2017 menjadi 52,19 ku ha<sup>-1</sup>. Hal tersebut membuktikan bahwa tanaman jagung di provinsi Lampung bahkan seluruh provinsi di Indonesia sangat populer (BPS, 2017).

Tanaman membutuhkan unsur hara baik makro ataupun mikro untuk pertumbuhannya, terutama kebutuhan pada unsur hara makro nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Berdasarkan hasil penelitian yang dilakukan oleh Murni (2008), kebutuhan pupuk N, P, dan K untuk tanaman jagung pada tanah ultisol di Lampung dengan target hasil 7-10 ton ha<sup>-1</sup> yaitu 125-200 kg ha<sup>-1</sup> untuk N, 25-100 kg ha<sup>-1</sup> untuk P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, dan 30-120 kg ha<sup>-1</sup> untuk K<sub>2</sub>O.



## 2.2 Biochar

### 2.2.1 Definisi Biochar

Biochar adalah arang hitam hasil proses pembakaran biomasa pada keadaan oksigen terbatas (pirolisis) dan memiliki sifat stabil sehingga dapat dijadikan sebagai pembenah tanah (Tambunan dkk., 2014). Indonesia sudah lama mengenal biochar atau arang yang digunakan sebagai bahan bakar (sumber energi), bahkan biochar juga di ekspor ke beberapa Negara sebagai bahan baku industri. Pada tahun 2000, Indonesia pernah mengekspor biochar kayu bakau dan biochar tempurung kelapa ke Negara Jepang sekitar 150.000 ton. Lalu, pemanfaatan biochar di bidang pertanian berkembang beberapa tahun terakhir di Negara Jepang dan Australia. Setelah itu, pemanfaatan biochar pada bidang pertanian masuk ke Indonesia pada awal tahun 2000 yang di manfaatkan pada lahan kering dan lahan basah (Nurida dkk., 2015).

Banyak limbah pertanian yang dapat digunakan sebagai bahan baku pembuatan biochar, seperti yang akan digunakan dalam penelitian ini yaitu sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. Sejauh ini, penanganan limbah pertanian adalah dibakar. Tetapi, pembakaran biomassa limbah pertanian akan menimbulkan asap yang mengganggu dan membuang sumberdaya yang sangat berharga yaitu karbon organik ke atmosfer secara sia-sia. Oleh sebab itu, pembakaran biomassa limbah pertanian sebaiknya dilakukan dengan cara yang lebih ramah dan berdaya guna yaitu melalui proses pirolisis untuk dijadikan produk berupa biochar yaitu dengan cara membatasi jumlah oksigen atau udara selama pembakaran sehingga terjadi pembakaran secara anaerobik atau pembakaran dengan oksigen yang sangat terbatas. Dengan mengembalikan arang ke lahan akan tercipta suatu sistem budidaya jagung yang sirkuler sehingga lebih *sustainable* (Tomczyk *et.al.*, 2020).

### 2.2.2 Karakter Biochar

Karakter biochar dicirikan dari luas permukaan dan ruang porinya yang tinggi serta cenderung memiliki kapasitas adsorpsi yang tinggi pula sehingga meningkatkan kapasitas tanah untuk menyimpan air dan nutrisi (Karam *et al.* 2022). Pori biochar yang luas juga mampu menjadi penampung tambahan untuk menahan ion-ion fosfat ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) dalam tanah serta menahan fosfor terlarut agar tidak hilang akibat limpasan air (Wijitkosum dan Jiwnok, 2019), hal tersebut dapat membantu fungi MA dalam menyediakan unsur hara P untuk tanaman. Dalam pembuatan biochar, bahan baku dan suhu pirolisis perlu diperhatikan karena menjadi faktor penting dalam menentukan pengaruh yang akan muncul di dalam tanah melalui karakteristiknya (Sukmawati, 2020).

Penelitian ini menggunakan tiga jenis biochar yaitu biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong. Menurut penelitian yang dilakukan oleh Karam *et al.*, (2022), biochar sekam padi pada suhu pirolisis 300-700°C menghasilkan luas permukaan sebesar  $377,717 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , diameter pori 3815 nm (38,15 Å), volume pori  $0,032 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ , dan karbon terikat/*fixed carbon* 28,44%. Janu dan Mutiara (2021) menyebutkan manfaat biochar sekam padi dalam penelitiannya ialah mampu mengurangi kerapatan isi tanah dari  $1,01 \text{ g cm}^{-3}$  hingga menjadi  $0,8 \text{ g cm}^{-3}$ , meningkatkan porositas tanah dari 61,76% hingga menjadi 69,89%, meningkatkan kemampuan tanah menyerap air dari kadar air 36,78% hingga menjadi 41,14%, menjaga kelembaban tanah, dan meningkatkan hasil produksi tanaman jagung hingga  $10,70 \text{ ton ha}^{-1}$ . Nisak dan Supriyadi (2019) juga menyebutkan dalam penelitiannya pada tanah salin bahwa biochar sekam padi mampu meningkatkan kandungan C-organik tanah hingga 57,9%, KTK hingga 4,53%, K tersedia hingga 17,2%, meningkatkan daya toleran tanaman kedelai pada tanah salin dari salinitas 2 dS/m hingga menjadi 6 dS/m, dan meningkatkan hasil produksi tanaman kedelai pada tanah salin hingga 26,7%.

Bahan kedua yang akan dijadikan biochar dalam penelitian ini adalah tongkol jagung. Penelitian yang dilakukan oleh Wijitkosum dan Jiwnok (2019), menyatakan bahwa biochar tongkol jagung pada suhu pirolisis 500-600 °C

menghasilkan luas permukaan sebesar  $56,35 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , total volume pori  $0,0405 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ , rata-rata diameter pori  $28,72 \text{ \AA}$  (angstrom), dan *fixed carbon* 81,35%. Mautuka dkk. (2022) dalam penelitiannya menyebutkan bahwa biochar tongkol jagung meningkatkan beberapa sifat kimia tanah yaitu pH tanah yang semula 8,11 menjadi 8,15, C-organik tanah yang semula 5,93% menjadi 6,81%, nitrogen tanah yang semula 0,32% menjadi 0,33%, P tersedia yang semula 0,08% menjadi 0,10%, kalium yang semula 0,53% menjadi 0,56%, dan C/N yang semula 18,53% menjadi 20,64%. Yuananto dan Utomo (2018) juga menyatakan bahwa biochar tongkol jagung pada tanah masam meningkatkan C-organik yang semula 1,98% menjadi 2,34%, meningkatkan N-total yang semula 0,201% menjadi 0,224%, dan meningkatkan produksi tanaman jagung yang semula  $42,80 \text{ g polybag}^{-1}$  menjadi  $46,80 \text{ g polybag}^{-1}$ .

Bahan ketiga yang digunakan untuk dijadikan biochar yaitu batang singkong. Penelitian yang dilakukan oleh Wijitkosum dan Jiwnok (2019), menyatakan bahwa biochar batang singkong pada suhu pirolisis  $500\text{-}600 \text{ }^\circ\text{C}$  menghasilkan luas permukaan sebesar  $200,46 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ , total volume pori  $0,1219 \text{ cm}^3 \text{ g}^{-1}$ , rata-rata diameter pori  $24,35 \text{ \AA}$  (angstrom), dan *fixed carbon* 62,95%. Setiawan dkk. (2022) menyatakan bahwa biochar batang singkong meningkatkan kadar N-total dari 0,17% hingga menjadi 0,27%, K-dd dari  $0,28 \text{ cmol kg}^{-1}$  hingga menjadi  $0,54 \text{ cmol kg}^{-1}$ , KTK dari  $11,80 \text{ cmol kg}^{-1}$  hingga menjadi  $12,67 \text{ cmol kg}^{-1}$ , dan C-organik tanah ultisol dari 2,29% hingga menjadi 2,53%. Aswiguna dkk. (2022) juga menyatakan bahwa biochar batang singkong meningkatkan searapan hara N pada tanaman jagung dari  $20,35 \text{ kg ha}^{-1}$  hingga menjadi  $23,61 \text{ kg ha}^{-1}$ .

### 2.2.3 Pembuatan Biochar

Biochar dibuat dengan proses yang disebut dengan pirolisis. Pirolisis sendiri merupakan proses pembakaran tanpa udara atau oksigen untuk menghasilkan produk padat berupa arang atau biochar dengan kandungan karbon tinggi (40–60%). Proses ini biasanya tidak benar-benar tanpa udara atau oksigen, tetapi selagi oksigen yang masuk hanya sedikit maka masih bisa ditolerir asalkan proses pembakaran tidak menimbulkan proses gasifikasi yang malah membuat bahan

yang dibakar menjadi abu. Biochar dapat digunakan sebagai *ameliorant* organik yang efektif untuk memperbaiki kesuburan tanah karena resisten terhadap pelapukan, bahkan bisa bertahan hingga ratusan tahun di dalam tanah. Hal tersebut karena biochar memiliki luas permukaan yang besar sehingga memiliki kapasitas penyimpanan yang tinggi terhadap unsur hara sehingga nutrisi yang diberikan melalui pemupukan dapat bertahan lebih lama jika tersimpan di dalam biochar (Cornellisen dkk., 2018).

Pirolisis dipengaruhi oleh suhu, laju pemanasan, dan waktu. Berdasarkan faktor yang mempengaruhi tersebut pirolisis terbagi menjadi pirolisis cepat dan pirolisis lambat. Pirolisis cepat merupakan proses pembakaran menggunakan suhu 450-500 °C dengan laju pemanasan >100 °C menit<sup>-1</sup> dan membutuhkan waktu hanya ±2 detik untuk mencapai suhu puncak, hasil pirolisis cepat memiliki kandungan cairan (*bio-oil*) 75%, gas (*syngas*) 13%, dan padatan (biochar) 12%. Pirolisis lambat merupakan proses pembakaran menggunakan suhu 350-750 °C dengan laju pemanasan <80 °C menit<sup>-1</sup> dan membutuhkan waktu berjam-jam bahkan seharian penuh untuk mencapai suhu puncak, hasil pirolisis lambat memiliki kandungan cairan (*bio-oil*) 30%, gas (*syngas*) 35%, dan padatan (biochar) 35% (Puspita dkk., 2021).

#### **2.2.4 Peranan Biochar**

Biochar memiliki keunggulan utama dibandingkan bahan organik lainnya, yaitu lebih tahan lama dalam tanah karena biochar resisten terhadap serangan mikroorganisme sehingga sulit terdekomposisi. Nurida (2014), menjelaskan dalam penelitiannya bahwa penduduk asli Amazon beberapa tahun silam pernah mengaplikasikan arang (*charcoal*) ke dalam tanah dan diketahui bahwa hingga saat ini (100-1000 tahun kemudian) terbukti bahwa kualitas sifat fisik dan kimia tanah tersebut jauh lebih baik dibandingkan tanah sekitarnya. Selain itu, biochar juga diketahui mampu menurunkan kemasaman tanah pada lahan kering masam yang keberadaannya banyak sekali di Indonesia. Keunggulan lainnya adalah biochar juga mampu mengurangi pencucian unsur hara dan pestisida sehingga mampu meningkatkan kualitas lingkungan (Nurida, 2014).

Putri dkk. (2017) dalam penelitiannya menyebutkan beberapa peranan biochar diantaranya meningkatkan KTK tanah, meningkatkan pH tanah masam, meningkatkan ketersediaan unsur hara N, P, dan K dalam tanah, menjaga kelembaban tanah sehingga tanah memiliki kapasitas menahan air yang tinggi, meremidiasi tanah yang tercemar logam berat seperti Pb, Cu, Cd, dan Ni. Oleh sebab banyaknya peranan biochar pada tanah, maka nantinya akan mampu pula meningkatkan pertumbuhan tanaman sehingga produksi juga menjadi meningkat (Putri dkk., 2017).

### **2.3 Eksudat Akar**

Akar menjadi perantara utama dalam interaksi antara tumbuhan dengan mikroorganisme di lingkungan sekitarnya. Interaksi tersebut dapat terjadi melalui pertukaran senyawa kimia antara tumbuhan dengan organisme lain di rizhosfir. Kemampuan akar dalam mempengaruhi lingkungan sekitarnya disebabkan oleh akar yang menghasilkan eksudat secara terus-menerus yang digunakan untuk berkomunikasi secara efektif dengan organisme tanah di sekelilingnya. Eksudat akar mempengaruhi interaksi antara tumbuhan dengan mikroba di rizhosfir. Contoh interaksi yang terjadi ialah simbiosis antara tumbuhan dengan mikroba tanah yang menguntungkan, seperti mikoriza, rhizobium dan *plant growth promoting rhizobacteria* (PGPR) (An *et al.*, 2013).

### **2.4 Fungi Mikoriza Arbuskular**

#### **2.4.1 Proses Pembentukan Spora**

Simbiosis antara fungi MA dengan akar tumbuhan diawali dengan dialog intensif antara akar dengan fungi MA melalui pertukaran sinyal kimiawi. Mula-mula, tanaman akan melepaskan senyawa gula dan asam amino yang menstimulir fungi untuk melepaskan senyawa fenol terutama flavonoid yang menjadi senyawa utama dalam interaksi antara mikroba dan tanaman. Flavonoid juga dapat

mempengaruhi pertumbuhan, diferensiasi dan kolonisasi hifa fungi MA pada akar serta dapat menunjukkan spesifisitas genus dan spesies pada fungi MA. Artinya, suatu jenis/genus fungi hanya akan bersimbiosis dengan spesies/genus tumbuhan tertentu dan sebaliknya. Selanjutnya, terjadi kolonisasi akar yang kompatibel oleh hifa dari propagul fungi, spora aseksual atau akar bermikoriza. Lalu, terbentuklah apresorium sehingga hifa menembus korteks akar serta membentuk struktur yang disebut arbuskular. Keberhasilan kolonisasi dipengaruhi oleh senyawa strigolakton yang merupakan turunan dari eksudat akar lakton. Strigolakton tidak hanya berperan pada sistem percabangan hifa fungi saja, tetapi juga merupakan senyawa kemoatraktan bagi fungi MA di rhizosfir (Cheng *and* Pheng, 2013).

Berdasarkan cara mengkolonisasi akar, mikoriza dibagi menjadi dua yaitu ektomikoriza (EKM) dan endomikoriza. Jenis ektomikoriza mengkolonisasi akar tanaman inang menggunakan jaringan hifa yang membentuk mantel pada permukaan akar di antara sel korteks, jenis ini diketahui dapat diperbanyak tanpa adanya tanaman inang. Sedangkan jenis endomikoriza mengkolonisasi akar tanaman inang dengan memasukkan jaringan hifa ke dalam sel korteks kemudian membentuk struktur khas berbentuk seperti oval yang disebut vesikula atau berbentuk cabang yang disebut arbuskular (Musfal, 2010). Diantara kedua jenis mikoriza tersebut, endomikoriza merupakan mikoriza yang penyebarannya paling luas dan paling sering dijumpai karena merupakan asosiasi antara akar dan jamur. Jamur endomikoriza diperkirakan berteman dengan akar tanaman lebih dari 93 % jenis tanaman di muka bumi dan memiliki relasi yang luas pada tanaman pertanian, perkebunan, dan kehutanan (Nurhayati, 2012). Jenis endomikoriza terbagi lagi menjadi tiga berdasarkan tipe infeksiya yaitu mikoriza ericoid, mikoriza orchid, dan yang paling banyak ditemukan di alam yaitu mikoriza arbuskular (Harley, 1969).

## 2.4.2 Jenis Spora

### 1. *Glomus*

Spora *Glomus* terbentuk dari perkembangan ujung hifa yang membesar hingga ukuran maksimal yang disebut *ohlamydospora*. Terkadang hifanya bercabang dan tiap cabang membentuk *ohlamydospora* lalu membentuk *sporocarp*.

Karakteristik khasnya yaitu pada permukaan spora terdapat sisa dinding hifa (Sari dan Ermavitalini, 2014).

### 2. *Gigaspora*

Spora *Gigaspora* berasal dari bulatan yang membesar hingga ukuran maksimum di atas *bulbous suspensor* yang disebut spora *azygospora*. *Bulbous suspensor* terbentuk dari subtending hifa (ujung hifa) yang membulat. Karakteristik khas spora *Gigaspora* yaitu adanya *bulbous suspensor* tanpa *germination shield* (Sari dan Ermavitalini, 2014).

### 3. *Scutellospora*

Spora *Scutellospora* terbentuk sama persis dengan *Gigaspora*, perbedaannya yaitu pada *Scutellospora* terdapat *germination shield* yang merupakan tempat keluar hifa saat berkecambah. Karakteristik khas genus ini yaitu punya pada permukaan spora terdapat *germination shield* dan *bulbous suspensor* (Sari dan Ermavitalini, 2014).

### 4. *Acaulospora*

Spora *Acaulospora* dibentuk oleh *sporiferous saccule* yang berasal dari perluasan hifa terminal. Ketika spora telah terbentuk sempurna, isi dari *saccule* akan dipindahkan ke dalam spora, kemudian *saccule* menipis dan lama kelamaan terdegradasi (Sari dan Ermavitalini, 2014).

## 5. *Entrophospora*

Spora *Entrophospora* terbentuk hampir sama dengan *Acaulospora*, perbedaannya yaitu pada *Entrophospora azygosporanya* berada di dalam spora sehingga spora yang sudah matang memiliki dua lubang *cloatrio* (lubang kecil bekas rusaknya hifa terminal) (Sari dan Ermavitalini, 2014).

### 2.4.3 Peran Fungi MA

Fungi MA berperan dalam peningkatan penyerapan unsur-unsur hara tanah yang dibutuhkan oleh tanaman terutama unsur P dan beberapa unsur hara lainnya seperti N, K, Zn, Mg, Cu, dan Ca (Pangaribuan, 2014). Keberadaan fungi MA juga mampu memperbaiki agregat tanah. Fungi MA dikatakan mampu meningkatkan serapan hara P karena fungi MA menghasilkan enzim fosfatase yang berfungsi melepaskan unsur P yang terikat oleh unsur Al dan Fe terutama pada tanah masam (Musfal, 2010).

Indriani dkk. (2011) juga menyebutkan peran dari fungi MA selain mampu meningkatkan serapan unsur P yaitu, hifa fungi MA akan mengangkut ammonium, kalsium, sulfur, potasium, zink, dan air ke tanaman inang. Penelitian lain yang dilakukan oleh Rini dan Usnaqul (2016) juga menyebutkan peran fungi MA yaitu, mampu melindungi tanaman dari infeksi patogen akar, meningkatkan hormon pemacu tumbuh, dan meningkatkan ketahanan tanaman terhadap kekeringan dengan menggunakan hifa yang mampu memperluas bidang serapan air hingga ke pori-pori tanah. Hifa fungi MA juga mampu mengikat partikel-partikel tanah sehingga dapat memantapkan struktur tanah (Rini dan Usnaqul, 2016).

## 2.5 Unsur Hara Fosfor

Fosfor (P), merupakan salah satu unsur hara makro esensial yang dibutuhkan tanaman karena berperan dalam penyusunan ATP, *nucleotide*, asam nukleat, dan *phospholipids*. Unsur P diserap tanaman dalam bentuk  $H_2PO_4$  dan  $HPO_4$  dari



tanah. Fungsi utama unsur P bagi tanaman yaitu sebagai cadangan energi, penyusun senyawa-senyawa untuk merubah energi, membantu dalam sistem informasi genetik, membantu dalam membran sel, dan fosfoprotein. Oleh sebab fungsi-fungsi utama tersebut, dapat ditarik kesimpulan bahwa pupuk fosfor berperan dalam perkembangan akar, pembungaan, dan pemasakan buah. Unsur P dalam tanah berasal dari mineral, bahan organik, dan pupuk. Namun, pupuk yang diberikan dalam tanah sebagian besar akan mengalami fiksasi oleh fase padatan tanah seperti Fe dan Al oksida sehingga P akan dikonversi menjadi bentuk Ca-P, Al-P, dan Fe-P dalam tanah dan menjadi tidak tersedia bagi tanaman (FahmF dkk., 2009).

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

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

Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Maret sampai dengan Juli 2022. Lalu, analisis populasi fungi MA dilakukan di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Juli sampai dengan Oktober 2022.

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

Alat yang digunakan dalam penelitian ini adalah bak plastik, timbangan digital, saringan mikro bertingkat (ukuran 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , dan 45  $\mu\text{m}$ ), alat pengaduk tanah, cawan petri, kaca preparat, *cover glass*, gelas arloji, mikroskop stereo, mikroskop majemuk, *counter*, cangkul, spidol, plastik sampel, gelas beker, pinset spora, dan *water bath*.

Bahan yang diperlukan dalam penelitian ini adalah sampel tanah dari 24 petak percobaan, sampel akar tanaman jagung, air, KOH 10 %, HCl 2 %, larutan pewarna *trypan blue*, gliserol, dan aquades.

#### **3.3 Metode Penelitian**

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu tiga jenis biochar (B) yang terdiri dari:

B<sub>0</sub> : tanpa biochar

- B<sub>1</sub> : biochar sekam padi (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO)  
 B<sub>2</sub> : biochar tongkol jagung (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO)  
 B<sub>3</sub> : biochar batang singkong (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO)

Faktor kedua yaitu pupuk fosfor (P), yang terdiri dari:

- P<sub>0</sub> : tanpa pupuk fosfor  
 P<sub>1</sub> : pemberian pupuk fosfor (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)

Berdasarkan kedua faktor perlakuan, maka diperoleh delapan kombinasi perlakuan yaitu sebagai berikut:

- B<sub>0</sub>P<sub>0</sub> : tanpa biochar + tanpa pupuk fosfor  
 B<sub>1</sub>P<sub>0</sub> : biochar sekam padi (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + tanpa pupuk fosfor  
 B<sub>2</sub>P<sub>0</sub> : biochar tongkol jagung (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + tanpa pupuk fosfor  
 B<sub>3</sub>P<sub>0</sub> : biochar batang singkong (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + tanpa pupuk fosfor  
 B<sub>0</sub>P<sub>1</sub> : tanpa biochar + pupuk fosfor (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)  
 B<sub>1</sub>P<sub>1</sub> : biochar sekam padi (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + pupuk fosfor (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)  
 B<sub>2</sub>P<sub>1</sub> : biochar tongkol jagung (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + pupuk fosfor  
 (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)  
 B<sub>3</sub>P<sub>1</sub> : biochar batang singkong (10 ton ha<sup>-1</sup> BKO) + pupuk fosfor  
 (100 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup>)

Setiap perlakuan di atas diulang sebanyak 3 kali sehingga total satuan percobaan adalah 24 satuan percobaan (4x2x3). Data yang diperoleh diuji homogenitas ragam dengan uji Bartlett dan aditivitasnya dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi yaitu ragam perlakuan homogen dan data bersifat menambah, maka data diolah dengan analisis ragam dan dilanjutkan dengan pemisahan nilai tengah yang diuji dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf  $\alpha$  5 %.

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1 Pembuatan Biochar

Pembuatan biochar dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bahan baku pembuatan biochar menggunakan limbah pertanian sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong yang sudah tidak digunakan oleh petani. Pembuatan biochar sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong dilakukan secara tradisional dengan menggunakan alat yang sederhana yaitu kawat kasa dengan ukuran lubang 1cm x 1cm, tinggi 1,5 m, dan lebar 1 m yang dibentuk menjadi seperti tabung sebagai alat pembakaran. Tahap-tahap pembuatan biochar sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong yaitu sebagai berikut:

1. Tongkol jagung dan batang singkong dihancurkan terlebih dahulu menggunakan alat penghancur agar mudah dibakar (Gambar 2),



Gambar 2. Proses menghancurkan batang singkong

2. Sekam padi/tongkol jagung/batang singkong dibuat gundukan mengelilingi kawat pembakaran yang berada pada posisi tengah gundukan (Gambar 3),
3. Kawat pembakaran diisi dengan bahan bakar seperti arang kayu, kertas, plastik, dan serasah kering tumbuhan kemudian dibakar menggunakan korek api,



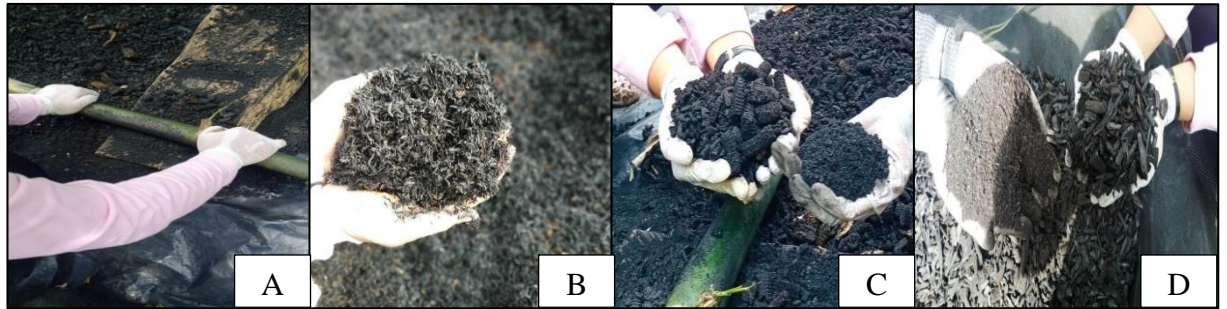
Gambar 3. Proses pembuatan biochar secara sederhana menggunakan kawat kasa; biochar sekam padi (A); biochar tongkol jagung (B); dan biochar batang singkong (C).

4. Sekam padi/tongkol jagung/batang singkong yang masih berwarna coklat di bagian bawah gundukan dinaikkan ke puncak gundukan yang sudah hitam. Puncak gundukan akan menghitam selama  $\pm$  20-30 menit, lakukan terus hingga semua bahan menghitam,
5. Gundukan yang sudah hitam merata disiram dengan air untuk menghentikan proses pembakaran sehingga bahan biochar tidak menjadi abu,
6. Gundukan biochar sekam padi/tongkol jagung/batang singkong yang sudah jadi disiram air kemudian dibongkar dan dikeringkan di bawah sinar matahari (Gambar 4) (Rahmiati dkk., 2019),



Gambar 4. Proses pengeringan biochar dengan cara dijemur di bawah sinar matahari.

7. Biochar tongkol jagung dan biochar batang singkong ditumbuk hingga halus agar mudah saat pengaplikasian (Gambar 5),



Gambar 5. Proses menghaluskan biochar (A); biochar sekam padi (B); biochar tongkol jagung (C); dan biochar batang singkong (D).

### 3.4.2 Persiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan mengukur terlebih dahulu luas lahan yang dibutuhkan menggunakan meteran, dalam penelitian ini digunakan lahan seluas 11 m x 30 m yang ditandai dengan memberi penanda dari bambu dan tali rafia. Lalu, membabat terlebih dahulu gulma yang menutupi lahan pertanaman menggunakan pemotong rumput agar lahan sesuai untuk ditanami kembali oleh tanaman jagung. Setelah itu, dilakukan pembakaran pada serasah gulma yang sudah dipotong sambil tetap dijaga agar api tidak merambat ke tempat yang tidak seharusnya. Pembakaran tersebut dilakukan agar gulma yang masih ada karena tidak terpotong oleh pemotong rumput bisa ikut terbakar dan mati.

### 3.4.3 Pembuatan Petak Percobaan

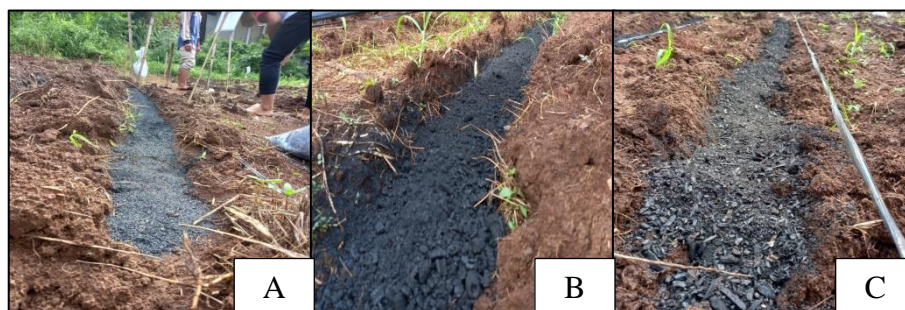
Petak percobaan dibuat dengan diukur terlebih dahulu sesuai yang dibutuhkan yaitu seluas 3 m x 3 m menggunakan meteran, lalu diberi tanda pada setiap petak percobaan menggunakan penanda bambu dan tali rafia. Saat petak percobaan sudah ditentukan, selanjutnya diolah tanah pada tiap – tiap petak percobaan menggunakan cangkul agar tanah untuk pertanaman menjadi gembur. Total petak percobaan yaitu 24 yang terdiri dari 8 kombinasi perlakuan di setiap blok (Gambar 6).



Gambar 6. Petak percobaan setelah diolah menggunakan cangkul.

#### 3.4.4 Aplikasi Biochar

Pengaplikasian biochar sebagai perlakuan dilakukan pada saat 1 minggu sebelum tanam dengan dosis biochar yang dibutuhkan dari setiap petak percobaan sebanyak 9 kg/petak BKO. Aplikasi biochar dilakukan dengan cara di taburkan ke 24 petak percobaan yang sebelumnya sudah dibuat larikan (Gambar 7) terlebih dahulu sebagai tempat menaburkan biochar dengan jarak antar larikan sebesar 75 cm, setelah biochar selesai ditaburkan kemudian ditutup dan diaduk menggunakan cangkul agar biochar bisa tercampur dan masuk ke dalam tanah.



Gambar 7. Pengaplikasian biochar dalam larikan; (A) biochar sekam padi; (B) biochar tongkol jagung; (C) biochar batang singkong.

#### 3.4.5 Penanaman

Penanaman dilakukan 1 minggu setelah aplikasi biochar dengan jarak tanam 75 cm x 25 cm. Berdasarkan luas petakan dan jarak tanam yang sudah diketahui, maka dapat dihitung jumlah lubang tanam di setiap petakan yaitu sebanyak 60 lubang tanam.

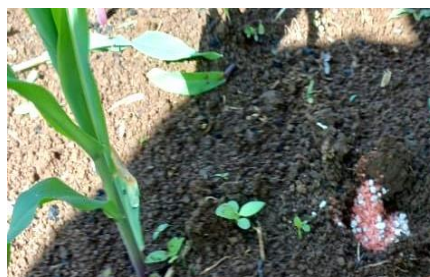


Gambar 8. Penanaman 2 benih jagung varietas Betras 9 dalam lubang yang sudah ditugal.

Tiap lubang tanam memiliki kedalaman sekitar 15 – 20 cm yang diisi 2 benih di setiap lubang. Lubang tanam dibuat dengan cara ditugal menggunakan kayu penugal (Gambar 8).

#### 3.4.6 Pemupukan

Terdapat 2 macam pemupukan yang dilakukan dalam penelitian ini, yang pertama yaitu pemupukan fosfor menggunakan pupuk fosfor sebagai perlakuan dan pupuk dasar yaitu pupuk Urea dan KCl. Pengaplikasian pupuk fosfor menggunakan pupuk TSP dilakukan 1 minggu setelah tanam dengan dosis  $218 \text{ kg TSP ha}^{-1}$ . Pemupukan dasar menggunakan pupuk Urea dengan dosis  $435 \text{ kg Urea ha}^{-1}$  dan KCl dengan dosis  $200 \text{ kg KCl ha}^{-1}$ . Pupuk dasar tersebut di aplikasikan sebanyak 2 kali, yaitu 1 minggu setelah tanam dan saat tanaman jagung mulai berbunga. Aplikasi pupuk dilakukan dengan cara di tugal di dekat perakaran tanaman jagung dengan jarak  $\pm 5 \text{ cm}$  dari akar (Gambar 9).



Gambar 9. Pengaplikasian pupuk fosfor, pupuk Urea, dan pupuk KCl 1 minggu setelah tanam.



### 3.4.7 Perawatan

Perawatan tanaman jagung meliputi beberapa kegiatan yaitu, penyiraman yang dilakukan pada pagi dan sore hari, penyiangan gulma yang dilakukan setiap ada gulma yang muncul, penyulaman yang dilakukan apabila ada bibit jagung yang tidak tumbuh atau mengalami kerusakan, pembumbunan yang dilakukan setiap minggu untuk memperkokoh tanaman, dan pengendalian hama penyakit jagung manis yang dilakukan hanya saat dibutuhkan (Gambar 10).



Gambar 10. Perawatan tanaman jagung; (A) penjarangan; (B) pembumbunan; (C) penyemprotan pestisida nabati untuk mengatasi serangan hama ulat grayak.

### 3.4.8 Panen

Tanaman jagung dipanen pada umur 106 hst atau sekitar 4 bulan dengan cara dipotong batang tanaman jagung yang sudah dibiarkan kering menggunakan parang, setelah itu dikumpulkan dan diambil buahnya (Gambar 11).



Gambar 11. Tanaman jagung yang sudah dipanen dari setiap petak percobaan.

### 3.5 Variabel Pengamatan

#### 3.5.1 Variabel Utama

##### 1. Populasi Fungi MA

Populasi fungi MA di analisis di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengambilan sampel tanah sebagai bahan analisis populasi fungi MA dilakukan sebanyak 2 kali yaitu:

1. Setelah olah tanah tetapi sebelum aplikasi biochar,
2. Vegetatif maksimum saat tanaman jagung mulai berbunga.

Perhitungan populasi fungi MA dilakukan dengan menghitung jumlah spora fungi MA yang berada dalam tanah menggunakan mikroskop stereo dengan bantuan *counter*. Analisis ini dilakukan dengan menggunakan metode penyaringan basah (*wet sieving*) yang diawali dengan melakukan pengambilan sampel tanah. Sampel tanah awal diambil secara *zig-zag* pada 6 titik di setiap petakan dengan kedalaman  $\pm 10$  cm kemudian di komposit sehingga terdapat 24 sampel pengamatan (Gambar 12). Setelah itu, dilakukan penimbangan sampel sebanyak 50 gram lalu dimasukkan ke dalam kantong plastik dan diberi label.



Gambar 12. Pengambilan sampel tanah awal setelah olah tanah secara komposit pada tiap perlakuan.

Sampel tanah kedua diambil saat vegetatif maksimum di rhizosfer 3 sampel tanaman jagung yang sudah dipilih sedalam  $\pm 10$  cm kemudian dikomposit

sehingga terdapat 24 sampel pengamatan (Gambar 13). Setelah itu, dimasukkan kedalam kantong plastik dan diberi label.



Gambar 13. Pengambilan sampel tanah kedua saat vegetasi maksimum secara komposit di tiap perlakuan.

Tahap melakukan teknik saring basah (*wet sieving*) yaitu:

1. Sampel tanah sebanyak 50 gram dimasukkan ke dalam gelas takar lalu ditambah air hingga volume 1000 ml,
2. Sampel tanah yang sudah ditambah air dalam gelas beker tersebut diaduk hingga homogen dan didiamkan  $\pm 10$  detik hingga tanah mengendap,
3. Supernatan kemudian disaring menggunakan saringan mikro bertingkat dengan ukuran 500  $\mu\text{m}$ , 250  $\mu\text{m}$ , 150  $\mu\text{m}$ , dan 45  $\mu\text{m}$  di bawah air mengalir untuk memudahkan spora lolos dan bersih dari partikel tanah. Hal ini diulang 5 kali untuk memastikan seluruh spora terlepas dari partikel tanah,
4. Hasil dari setiap ukuran saringan dicuci dengan air mengalir lalu masing-masing ditempatkan pada petridis untuk dihitung jumlah sporanya menggunakan mikroskop stereo dengan bantuan *counter*,
5. Spora yang terlihat pada mikroskop diisolasi ke cawan arloji untuk dokumentasi menggunakan kamera *handphone*.

## 2. Indeks Keanekaragaman

Indeks keanekaragaman yang dihitung yaitu indeks keanekaragaman dari populasi fungi MA dan indeks keanekaragaman ukuran spora fungi MA, rumus yang digunakan yaitu indeks keanekaragaman Shannon-Wiener sebagai berikut:

$$H' = - \sum p_i \ln p_i$$

Keterangan:

$H'$  = indek keanekaragaman

$P_i$  =  $n_i/N$

$N_i$  = jumlah individu jenis ke- $i$

$N$  = jumlah total individu semua jenis

Kriteria pada indeks keanekaragaman Shannon-Wiener yaitu:

$H' < 1$  : tingkat keanekaragaman jenis rendah

$1 < H' < 3$  : tingkat keanekaragaman jenis sedang

$H' > 3$  : tingkat keanekaragaman jenis tinggi (Wahyuningsih dkk., 2019)

### 3. Kolonisasi Akar oleh Fungi MA

Kolonisasi akar oleh fungi MA di analisis di Laboratorium Produksi Perkebunan dan Mikoriza, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Pengambilan sampel akar sebagai bahan analisis persen infeksi fungi MA dilakukan saat vegetatif maksimum. Sampel akar diambil sebanyak 3 sampel yang sudah dipilih dari tiap petakan dengan cara dicabut lalu dimasukkan dalam plastik berlabel dan disimpan dalam kulkas untuk menjaga kesegaran akar. Setelah itu, dilakukan analisis dengan teknik pewarnaan akar (*root staining*) untuk melihat adanya hifa, vesikula, dan arbuskular atau salah satu dari ketiganya. Saat melakukan pengamatan, setiap bidang pandang mikroskop yang menunjukkan adanya kolonisasi diberi tanda (+) dan yang tidak menunjukkan adanya kolonisasi diberi tanda (-). Hal tersebut dilakukan untuk memudahkan perhitungan persen kolonisasi akar. Tahap melakukan teknik pewarnaan akar yaitu:

1. Sampel akar dicuci dengan air mengalir lalu dimasukkan dalam botol sampel berisi larutan KOH 10 % dan dipanaskan dalam *water bath* dengan suhu 70°C selama  $\pm 7-10$  menit untuk mengeluarkan semua isi sitoplasma agar memudahkan pengamatan struktur kolonisasi fungi MA yang ditandai dengan perubahan warna akar menjadi putih atau pucat,
2. Sampel akar yang sudah dipanaskan kemudian dicuci menggunakan air mengalir hingga larutan KOH hilang,

3. Sampel akar kemudian direndam dalam larutan HCl 2 % sebanyak 400 ml dan dipanaskan lagi dalam *water bath* dengan suhu 70°C selama 5 menit,
4. Larutan HCl 2 % dibuang kemudian sampel akar direndam dalam larutan *trypan blue* 0,05 % (*glycerol*, *trypan blue*, HCl, dan *aquades*) sebanyak 250 ml dan dipanaskan lagi dalam *water bath* dengan suhu 70°C selama 3 menit,
5. Akar hasil rendaman dipotong sepanjang  $\pm 2$  cm sebanyak 15 potong lalu disusun di atas kaca preparat dan ditutup *cover glass*, setiap tanaman sampel dibuat 2 preparat akar,
6. Sampel preparat akar selanjutnya diamati menggunakan mikroskop majemuk dan di dokumentasi menggunakan *handphone*.

Persen kolonisasi akar dihitung dengan rumus:

$$\text{Persen kolonisasi akar} = \frac{\text{bidang pandang bertanda (+)}}{\text{bidang pandang keseluruhan}} \times 100\%$$

Persen kolonisasi akar kemudian ditentukan kriterianya menurut *The Instate of Mycorrhizal Research and Development, USDA Forest Service, Atena, Georgia* (Pulungan, 2013) sebagai berikut:

- <5% = sangat rendah (Kelas 1)
- 6 – 25% = rendah (Kelas 2)
- 26 – 50% = sedang (Kelas 3)
- 51 – 75% = tinggi (Kelas 4)
- >75% = sangat tinggi (Kelas 5) (Pulungan, 2013).

### 3.5.2 Variabel Pendukung

#### 1. Tinggi Tanaman

Pengamatan tinggi tanaman dilakukan pada 6 sampel pengamatan dari setiap petakan yang dimulai dari satu minggu setelah tanam hingga vegetatif maksimum.

Pengamatan dilakukan menggunakan meteran dan diukur dari pangkal batang yang menyentuh tanah sampai batas batang sebelum daun teratas.

## **2. Jumlah Daun**

Pengamatan jumlah daun juga dilakukan pada 6 sampel pengamatan dari setiap petakan yang dimulai dari satu minggu setelah tanam hingga vegetatif maksimum. Pengamatan dilakukan dengan menghitung jumlah daun yang sudah tumbuh kecuali daun yang masih kuncup.

## **3. Diameter Batang**

Pengamatan diameter batang juga dilakukan pada 6 sampel pengamatan dari setiap petakan yang dimulai dari dua minggu setelah tanam hingga vegetatif maksimum. Pengamatan dilakukan dengan mengukur diameter batang menggunakan jangka sorong atau penggaris. Pengamatan dilakukan pada batang bagian tengah  $\pm 10$  cm dari permukaan tanah.

## **4. Bobot Brangkasan Kering Panen KA 14%**

Data bobot brangkasan kering panen didapat dengan menghitung bobot brangkasan kering alami dengan KA 14%.

## **5. Bobot Biji Kering KA 14%**

Data bobot biji kering didapat dengan menghitung bobot brangkasan kering alami dengan KA 14%.

## **6. Analisis Tanah**

Data analisis tanah meliputi pengukuran suhu tanah, kadar air tanah, dan pH tanah yang diamati saat fase vegetatif maksimum. Kadar air tanah dianalisis dengan metode gravimetrik, pH tanah dianalisis dengan metode elektrometri, dan suhu

tanah diukur secara langsung pada lahan penelitian menggunakan termometer tanah.

#### **7. %P Tanaman Jagung**

Data %P tanaman jagung di analisis menggunakan metode spektrofotometri.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Simpulan yang didapat dari penelitian ini adalah:

1. Pemberian biochar tidak memberikan pengaruh nyata terhadap populasi fungi MA dan persen kolonisasi akar oleh fungi MA,
2. Pemberian pupuk fosfor tidak memberikan pengaruh nyata terhadap populasi fungi MA dan persen kolonisasi akar oleh fungi MA,
3. Terdapat interaksi antara perlakuan biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA, bobot brangkas kering panen KA 14%, dan bobot biji kering KA 14%. Hasil menunjukkan bahwa kombinasi perlakuan tertinggi dalam meningkatkan populasi fungi MA yaitu pemberian biochar sekam padi tanpa pupuk fosfor sebesar  $112,78 \text{ spora } 50 \text{ g}^{-1}$ ,
4. Pemberian biochar dan pupuk fosfor memberikan pengaruh terhadap indeks keanekaragaman populasi fungi MA sehingga termasuk kategori sedang dibandingkan tanpa biochar dan pupuk fosfor yang masuk dalam kategori rendah.

### 5.2 Saran

Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lebih lanjut tentang pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan pupuk fosfor terhadap populasi fungi MA untuk mengetahui pengaruh jangka panjang terutama dari pemberian berbagai macam biochar terhadap populasi fungi MA.



## DAFTAR PUSTAKA

- Amien, E. R., Sandi, A., Resa, A., dan Ridwan. 2021. Pemanfaatan limbah batang singkong menjadi obat nyamuk bakar dengan campuran sereh wangi (*Cymbopogon nardus* L.). *Open Science and Technology*. 1 (2): 208-216.
- An, Y., Ma, Y. and Junfeng, S. 2013. Switchgrass root exudates have allelopathic potential on lettuce germination and seedling growth. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B - Soil & Plant Science*. 63 (6): 497-505.
- Ardianto, E. dan Lestari, D. 2019. Analisis korelasi nonlinear data pendapatan dan konsumsi rumah tangga di Indonesia dengan metode spline. *Jurnal Ekonometrika dan Statistika*. 3 (1): 1-12.
- Aswiguna, S., Sarno, Afrianti, N. A., dan Supriatin. 2022. Pengaruh pemberian biochar batang singkong dan pemupukan P terhadap serapan hara N, P, dan K pada tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (3):455-459.
- Badan Ketahanan Pangan dan Penyuluhan Pertanian, dan Balai Pengkajian Teknologi Pertanian NAD. 2009. *Budidaya Tanaman Jagung*. Aceh.
- Badan Koordinasi Penanaman Modal. 2011. *Peluang Investasi Provinsi Lampung*. Yayasan Rukun Sejahtera. Jakarta.
- Badan Pusat Statistik. 2017. *Produksi Jagung di Provinsi Lampung*. Diakses tanggal 27 Februari 2022. bps.go.id.
- Cahyaningrum, H., Himawan, B. A., dan Winda, Z. 2020. Keberadaan jamur mikoriza arbuskular (JMA) pada beberapa jenis akar tanaman. *Jurnal Ilmiah Media Agrosains*. 6 (1): 14-19.
- Campos, P., Knicker, H., López, R., and De la Rosa, J.M. 2021. Application of biochar produced from crop residues on trace elements contaminated soils: effects on soil properties, enzymatic activities and brassica rapa growth. *Agronomy*. 11 (7): 1394.

- Chairiyah, R. R., Guchi, H., dan Rauf, A. 2013. Bioremediasi tanah tercemar logam berat Cd, Cu, dan Pb dengan menggunakan endomikoriza. *Jurnal Online Agroekoteknologi*. 2 (1): 348-361.
- Chan, K. Y., Van, Z. L., Meszaros, I., Downie, A., and Joseph, S. 2017. Agronomic values of greenwaste biochar as a soil amendment. *Australian Journal of Soil Research*. 45(8): 629-634.
- Cheng, Z. H. and Peng, X. 2013. Lily (*Lilium* spp.) root exudates exhibit different allelopathies on four vegetable crops. *Acta Agriculturae Scandinavica Section B - Soil and Plant Science*. 63 (2): 169-175.
- Cornelissen, G., Jubaedah, Neneng, L. N., Sarah, E. H., Vegard, M., Ludovica, S., and Jan, M. 2018. Fading positive effect of biochar on crop yield and soil acidity during five growth seasons in an Indonesian Ultisol. *The Science of the Total Environment*. 634: 561–568.
- Fahmf, A., Syamsudin, Sri, N. H. H. U., dan Bostang, R. 2009. Peran pemupukan posfor dalam pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di tanah regosol dan latosol. *Berita Biologi*. 9(6): 745-750.
- Ferreira, P, A. A., Carlos, A. C., Hilda, H. S., Tadeu, L. T., Claudio, R. F. S. S., Liana, V. R., Fernando, T. N., Gustavo, B., Jucara, T. P., and Pablo, C. 2015. *Rhizophagus clarus* and phosphate alter the physiological responses of *Crotalaria juncea* cultivated in soil with a high Cu level. *Applied Soil Ecology*. 91: 37–47.
- Gianinazzi, S., Gollote, A., Binet, M. N., van Tuinen, D., Redecker, D., and Wipf, D. 2010. Agroecology: the key role of arbuscular mycorrhizas in ecosystem services. *Mycorrhiza*. 20 (8): 519-530.
- Handayani, S. dan Karnilawati. 2018. Karakteristik dan klasifikasi tanah ultisol di Kecamatan Indrajaya Kabupaten Pidie. *Jurnal Ilmiah Pertanian*. 14 (2): 52-59.
- Hardianto, A. dan Mahardhika, S. A. 2017. Korelasi antara pengetahuan tentang HIV/AIDS dan perilaku seksual remaja di Yogyakarta. *Jurnal Kesehatan Masyarakat*. 12 (2): 137-145.
- Harley, J. L. 1969. *The Biology of Mycorrhizae*. Second edition. Leonard Hill. London.
- Indriani, N. P., Mansyur, Iin, S., dan Romi, Z. I. 2011. Peningkatan produktivitas tanaman pakan melalui pemberian fungi mikoriza arbuskular (FMA). *Pastura*. 1 (1): 27-30.

- Janu, Y. F. dan Mutiara, C. 2021. Pengaruh biochar sekam padi terhadap sifat fisik tanah dan hasil tanaman jagung (*Zea mays*) di Kelurahan Lape Kecamatan Aesesa. *AGRICA: Journal of Sustainable Dryland Agriculture*. 14 (1):67-82.
- Jeffries, P., Gianinazzi, S., Perotto, S., Turnau, K., and Barea, J. M. 2011. The contribution of arbuscular mycorrhizal fungi in sustainable maintenance of plant health and soil fertility. *Biology and Fertility of Soils*. 47 (1): 1-3.
- Karam, D. S., Nagabovanalli, P., Rajoo, K. S., Ishak, C. F., Abdu, A., Rosli, Z., Muharam, F. M., and Zulperi, D. 2022. An overview on the preparation of rice husk biochar, factors affecting its properties, and its agriculture application. *Jurnal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*. 21: 149-159.
- Kementerian Pertanian. 2020. *Outlook Jagung Komoditas Pertanian Subsektor Tanaman Pangan*. Pusat Data dan Sistem Informasi Pertanian. Jakarta. 78 hlm.
- Lehmann, J., Rillig, M. C., Thies, J., Masiello, C. A., Hockaday, W. C., and Crowley, D. 2011. Biochar effects on soil biota-A review. *Soil Biology and Biochemistry*. 43 (9): 1812-1836.
- Li, J., Liu, X., Li, F., Zhang, J., Zhang, F., and Jiang, R. 2017. Phosphorus runoff losses in responses to phosphorus application rates on sloping farmland in the purple soil area of China. *Journal of Environmental Management*. 198 (Part 1): 68-76.
- Mautuka, Z. A., Astriana, M., dan Martasiana, K. 2022. Pemanfaatan biochar tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*. 8 (1): 201-208.
- Miska, M. E. E., Junaedi, A., Wachjar, A., dan Mansur, I. 2016. Karakterisasi fungi mikoriza arbuskula pada rhizosfer aren (*Arenga pinnata* (Wrmbs) Merr.) dari Jawa Barat dan Banten. *Jurnal Silvikultur Tropika*. 7 (1):18-23.
- Muis, R., Munif, G., Maya, M., Purwono, dan Irdika, M. 2016. Kompatibilitas fungi mikoriza arbuskular dengan tanaman kedelai pada budidaya jenuh air. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*. 35 (3): 229-238.
- Mulyadi, Hayat, E. S., dan Andayani, S. 2022. Effect of compost and Trichoderma on onion growth and yield. *Jurnal Inovasi Penelitian*. 3 (3): 5551-5560.
- Murni, A. M. 2008. Menentukan kebutuhan nitrogen, fosfor, dan kalium untuk tanaman jagung berdasarkan target hasil dan efisiensi agronomik pada lahan kering ultisol Lampung. *Jurnal Tanah dan Lingkungan*. 10 (2): 46-49.

- Musfal. 2010. Potensi cendawan mikoriza arbuskula untuk meningkatkan hasil tanaman jagung. *Jurnal Litbang Pertanian*. 29 (4): 154-158.
- Nisak, S. K. dan Supriyadi, S. 2019. Biochar sekam padi meningkatkan pertumbuhan dan hasil tanaman kedelai di tanah salin. *Jurnal Pertanian Presisi*. 3(2):165-176.
- Nurhayati. 2012. Infektivitas mikoriza pada berbagai jenis tanaman inang dan beberapa jenis sumber inokulum. *Jurnal Floratek*. 7: 25-31.
- Nurida, N. L. 2014. Potensi pemanfaatan biochar untuk rehabilitasi lahan kering di Indonesia. *Jurnal Sumber Daya Lahan Edisi Khusus*. 57-68.
- Nurida, N. L., Achmad, R., dan S. Sutono. 2015. *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial*. IAARD Press. Jakarta.
- Octavianti, E.N. dan Ermavitalini, D. 2014. Identifikasi mikoriza dari lahan Desa Poteran, Pulau Poteran, Sumenep Madura. *Jurnal Sains Pomits*. 3(2): 53-57.
- Pangaribuan, N. 2014. Penjaringan cendawan mikoriza arbuskula indigenous dari lahan penanaman jagung dan kacang kedelai pada gambut Kalimantan Barat. *Jurnal Agro*. 1 (1): 50 – 60.
- Patti, P. S., Kaya, E., dan Silahooy, Ch. 2013. Analisis status nitrogen tanah dalam kaitannya dengan serapan N oleh tanaman padi sawah di Desa Waimital, Kecamatan Kairatu, Kabupaten Seram bagian barat. *Agrologia*. 2 (1): 51-58.
- Prasetyo, D., Fajarindo, F., Sarno, Supriatin, dan Syam, T. 2022. Aplikasi biochar batang singkong dan pemupukan fosfat pada tanah ultisol terhadap p tersedia, pertumbuhan, dan produksi jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (2): 329-337.
- Prasetyo, M., Herru, D., dan Nijen, S. 2014. Pengaruh kombinasi bahan baku dan dosis biochar terhadap perubahan sifat fisika tanah pasiran pada tanaman jagung (*Zea mays L.*). *Skripsi Universitas Negeri Jember*. Jember.
- Pulungan, A. S. S. 2013. Infeksi fungi mikoriza arbuskula pada akar tanaman tebu (*Saccharum officinarum L.*). *Jurnal Biosains Unimed*. 1 (1): 43-46.
- Puspita, V., Syakur, dan Darusman. 2021. Karakteristik biochar sekam padi pada dua temperature pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*. 6 (4):732-739.
- Putri, V. I., Mukhlis, dan Benny, H. 2017. Pemberian beberapa jenis biochar untuk memperbaiki sifat kimia tanah ultisol dan pertumbuhan tanaman jagung. *Jurnal Agroteknologi*. 5(4): 824-828.

- Putriani, S. S., Yusnaini, S., Septiana, L. M., dan Dermiyati. 2022. Aplikasi biochar dan pupuk fosfor terhadap ketersediaan dan serapan p pada tanaman jagung manis (*Zea mays Saccharata Sturt.*) di tanah ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (4): 615-626.
- Rahmiati, F., Grace, A., dan Emilius, G. 2019. Pelatihan pemanfaatan limbah padi menjadi arang sekam untuk menambah pendapatan petani. *Jurnal Ilmiah Pengabdian kepada Masyarakat*. 5(2): 159-164.
- Reavindo, Q. dan Br Bangun, R. 2016. Pengaruh luas panen dan harga produksi terhadap produksi tanaman jagung Kabupaten Karo. *Jurnal Agrica*. 9(1): 74 - 79.
- Rini, M. V. dan Hidayat, K. F. 2016. Poopulasi 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*. 222-227.
- Rini, M. V. dan Usnaqul, E. 2016. Respons bibit kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) terhadap pemberian fungi mikoriza arbuskular dan cekaman air. *Menara Perkebunan*. 84 (2): 106-114.
- Rini, M. V., Kusuma, O. P., dan Hidayat, S. 2017. Seleksi lima isolat fungi mikoriza arbuskular untuk kelapa sawit (*Elaeis guineensis* Jacq.) di pembibitan. *Jurnal Agrotek Tropika*. 5 (3): 138-143.
- Rini, M. V., Irvanto, D., dan Ardiyanto, A. 2023. Study of arbuscular mycorrhizal fungi population in the rhizosphere of oil palm planted on 4 different soil types in Central Kalimantan Indonesia. *E3S Web of Conferences 373, 06005 Iseprolocal 2022*. 1-6.
- Rochayati, S. dan A. Dariah. 2012. Perkembangan lahan kering masam: peluang, tantangan, dan strategi serta teknologi pengelolaan dalam prospek pertanian lahan kering dalam mendukung ketahanan pangan. *Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian*. 187-206.
- Rohaniatun, Oklima, A. M., dan Ayu, I. W. 2021. Pengaruh biochar sekam padi dan pupuk silikat cair terhadap tanaman jagung manis (*Zea Mays Saccharatasturt*. L) di lahan kering. *Jurnal Agroteknologi*. 1 (1): 1-11.
- Setiawan, F., Sarno, Nur, A. A., dan Supriatin. 2022. Pengaruh pemberian biochar batang singkong dan pemupukan P terhadap sifat kimia tanah ultisol yang ditanami jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10 (1): 85-94.
- Shenbagavalli, S. and Mahimairaja, S. 2012. Production and characterization of biochar from different biological wastes. *International Journal of Plant, Animal and Environmental Scienses*. 2 (1): 197-201.

- Smith, F. A. and Smith, S. E. 2012. How useful is the mutualism parasitism continuum of arbuscular mycorrhizal functioning. *Plant and Soil*. 356 (1-2): 407-418.
- Smith, S. E. and Read, D. J. 1997. *Mycorrhizal Symbiosis*. Second edition. Academic Press. Harcourt Brace & Company Publisher. London.
- Sudjana, B. 2014. Pengaruh biochar dan NPK majemuk terhadap biomasa dan serapan nitrogen di daun tanaman jagung (*Zea mays*) pada tanah typic dystrudepts. *Jurnal Ilmu Pertanian dan Perikanan*. 3 (1): 63-66.
- Sukartono dan W.H. Utomo. 2012. Peranan biochar sebagai pembenah tanah pada pertanaman jagung di tanah lempung berpasir (*Sandy Loam*) semiarid tropis Lombok Utara. *Buana Sains*. 12(1): 91-98.
- Sukmawati. 2020. Bahan organik menjanjikan dari biochar tongkol jagung, cangkang, dan tandan kosong kelapa sawit berdasarkan sifat kimia. *Jurnal Agrolantae*. 9 (2): 82-94.
- Susilowati, L. E. dan Kusumo, B. H. 2018. Peningkatan kompetensi petani dalam pengelolaan hara pada petanaman jagung berbasis pemupukan berimbang di Kabupaten Dompu. *Prosiding Konferensi Nasional Pengabdian kepada Masyarakat dan Corporate Social Responsibility (PKM-CSR)*. 1:1905-1915.
- Tambunan, S., Bambang, S., dan Eko, H. 2014. Pengaruh aplikasi bahan organik segar dan biochar terhadap ketersediaan p dalam tanah di lahan kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 1 (1): 85-92.
- Tomczyk, A., Sokołowska, Z., and Boguta, P. 2020. Biochar physicochemical properties: pyrolysis temperature and feedstock kind effects. *Reviews in Environmental Science and Bio/Technology*. 19(1): 191–215.
- Utami, D. N. 2019. Kajian dampak perubahan iklim terhadap degradasi tanah. *Jurnal Alami*. 3 (2):122-131.
- Wahyuningsih, E., Faridah, E., Budiadi, dan Syahbudin, A. 2019. Komposisi dan keanekaragaman tumbuhan pada habitat ketak (*Lygodium circinatum* (BURM.(SW.)) di Pulau Lombok, Nusa Tenggara Barat. *Jurnal Hutan Tropis*. 7 (1):92-105.
- Widiastuti, M. M. D. 2016. Analisis manfaat biaya biochar di lahan pertanian untuk meningkatkan pendapatan petani di kabupaten Merauke. *Jurnal Penelitian Sosial dan Ekonomi Kehutanan*. 13 (2): 135-143.
- Widyantika, S. D. dan Sugeng, P. 2019. Pengaruh biochar sekam padi dosis tinggi terhadap sifat fisik tanah dan pertumbuhan tanaman jagung pada typic kanhapludult. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6 (1): 1157-1163.

- Wijtkosum, S. and Jiwnok, P. 2019. Elemental composition of biochar obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. *Applied Sciences*. 9, 3980.
- Yuananto, H. dan Utomo, W. H. 2018. Pengaruh aplikasi biochar tongkol jagung diperkaya asam nitrat terhadap kadar C-organik, nitrogen, dan pertumbuhan tanaman jagung pada berbagai tingkat kemasaman tanah. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 5 (1): 655-662.
- Yusnaini, S., Arif, M.Ach. S., Niswati, A., dan Pakpahan, A. Y. 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*. 71-77.
- Zhang, H., Yang, J., Zhang, F., Li, X., Huo, H., Wu, X., and Li, H. 2020. Effect of phosphorus application on soil phosphorus balance and phosphorus runoff losses in an apple orchard on the Loess Plateau, China. *Agriculture, Ecosystems and Environment*. 296.