

**PENGARUH RESIDU BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN  
N, P, K TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT TANAH PADA  
TANAMAN JAGUNG (*Zea Mays* L.) DI TANAH ULTISOL**

**Skripsi**

**Oleh:**

**SYIFA SALSABILA  
2114181004**



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

**PENGARUH RESIDU BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN  
N, P, K TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT TANAH PADA  
TANAMAN JAGUNG (*Zea Mays* L.) DI TANAH ULTISOL**

**Oleh**

**Syifa Salsabila**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2025**

## ABSTRAK

### PENGARUH RESIDU BAHAN PEMBENAH TANAH DAN PEMUPUKAN N, P, K TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT TANAH PADA TANAMAN JAGUNG (*Zea Mays* L.) DI TANAH ULTISOL

Oleh

SYIFA SALSABILA

Budidaya tanaman jagung (*Zea Mays* L.) pada lahan kering masam, seperti tanah Ultisol memiliki produktivitas yang belum optimal. Oleh karena itu, penggunaan bahan pembenah tanah dan pemupukan diharapkan mampu meningkatkan kualitas tanah. Penelitian ini bertujuan untuk melihat kemantapan agregat tanah pada tanaman jagung akibat aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, dan K. Penelitian ini dilakukan di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama yaitu residu *biochar* (B), terdiri dari 4 taraf yaitu B<sub>0</sub> : tanpa residu *biochar* (0 Mg ha<sup>-1</sup>) ; B<sub>1</sub> : residu *biochar* sekam padi + pukan sapi (5 Mg ha<sup>-1</sup>) ; B<sub>2</sub> : residu *biochar* tongkol jagung + pukan sapi (5 Mg ha<sup>-1</sup>) ; B<sub>3</sub> : residu *biochar* batang singkong + pukan sapi (5 Mg ha<sup>-1</sup>). Faktor kedua yaitu dosis pemupukan (P), terdiri dari 3 taraf yaitu P<sub>0</sub> : tanpa pemupukan ; P<sub>1</sub> : ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>) ; P<sub>2</sub> : 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kemantapan agregat tanah dengan perlakuan residu bahan pembenah tanah berpengaruh nyata dengan harkat sangat mantap, sedangkan perlakuan dosis pemupukan N, P, dan K tidak berpengaruh nyata. Interaksi kedua perlakuan tersebut berpengaruh sangat nyata terhadap kemantapan agregat tanah dengan kombinasi perlakuan terbaik pada B<sub>2</sub> (residu *biochar* tongkol jagung) dan P<sub>2</sub> (1 dosis pemupukan).

Kata kunci : Kemantapan agregat tanah, pemupukan N, P, dan K, residu pembenah tanah, tanah Ultisol

## **ABSTRACT**

### **THE EFFECT OF SOIL AMENDMENT RESIDUES AND N, P, K FERTILIZATION ON SOIL AGGREGATE STABILITY IN MAIZE (*Zea Mays* L.)CULTIVATED ON ULTISOL SOIL**

**By**

**SYIFA SALSABILA**

The cultivation of corn (*Zea mays* L.) on acidic dry land, such as Ultisol, has not yet reached its optimal productivity. Therefore, the application of soil amendments and fertilization is expected to improve soil quality. This study aimed to evaluate soil aggregate stability in corn cultivation as affected by the application of residual soil amendments and N, P, and K fertilization. The research was conducted at the Integrated Field Laboratory (LTPD), Faculty of Agriculture, University of Lampung. The experiment was arranged in a factorial Completely Randomized Block Design (CRBD) with two treatment factors. The first factor was biochar residue (B), consisting of four levels: B<sub>0</sub>: without biochar residue (0 Mg ha<sup>-1</sup>); B<sub>1</sub>: rice husk biochar residue + cattle manure (5 Mg ha<sup>-1</sup>); B<sub>2</sub>: corn cob biochar residue + cattle manure (5 Mg ha<sup>-1</sup>); and B<sub>3</sub>: cassava stem biochar residue + cattle manure (5 Mg ha<sup>-1</sup>). The second factor was fertilizer dosage (P), consisting of three levels: P<sub>0</sub>: without fertilization; P<sub>1</sub>: ½ fertilizer dose (225 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 112.5 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, and 0 kg ha<sup>-1</sup> KCl); and P<sub>2</sub>: 1 full fertilizer dose (450 kg ha<sup>-1</sup> Urea, 225 kg ha<sup>-1</sup> SP-36, and 0 kg ha<sup>-1</sup> KCl). The results showed that the application of soil amendment residues had a significant effect on soil aggregate stability, reaching a very stable category. In contrast, the application of N, P, and K fertilizers had no significant effect. The interaction between both treatments showed a highly significant effect on soil aggregate stability, with the best treatment combination found in B<sub>2</sub> (corn cob biochar residue) and P<sub>2</sub> (1 full fertilizer dose).

**Keywords** : N, P, and K fertilization, residual soil amendments, soil aggregates stability, Ultisol soil

Judul Skripsi : PENGARUH RESIDU BAHAN PEMBENAH  
TANAH DAN PEMUPUKAN N, P, K  
TERHADAP KEMANTAPAN AGREGAT  
TANAH PADA TANAMAN JAGUNG (*ZE  
MAYS L.*) DI TANAH ULTISOL

Nama Mahasiswa : **Syifa Salsabila**

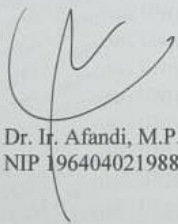
Nomor Pokok Mahasiswa : 2114181007

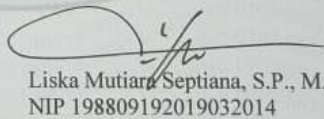
Program Studi : Ilmu Tanah

Fakultas : Pertanian

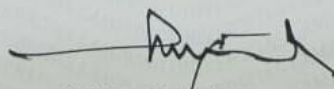
**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

  
Dr. Ir. Afandi, M.P.  
NIP 196404021988031019

  
Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.  
NIP 198809192019032014

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

  
Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.  
NIP 196611151990101001

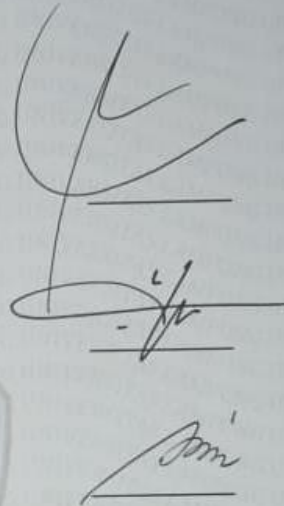
## MENGESAHKAN

### 1. Tim Penguji

Ketua : Dr. Ir. Afandi, M.P.

Sekretaris : Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si.

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



### 2. Dekan Fakultas Pertanian



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

Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 09 Juli 2025

## SURAT PERNYATAAN HASIL KARYA

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Pada Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) di Tanah Ultisol”** merupakan hasil karya saya sendiri dan bukan hasil karya orang lain.

Penelitian ini merupakan bagian dari penelitian dosen, yaitu Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. dan Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. Dengan sumber dana DIPA Fakultas Pertanian, Universitas Lampung tahun 2024.

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

Bandar Lampung, 09 Juli 2025

Penulis,



Syifa Salsabila  
2114181007

## RIWAYAT HIDUP



**Syifa Salsabila** adalah nama penulis skripsi ini. Penulis dilahirkan di Kotabumi. 29 Maret 2004, sebagai anak kedua dari dua bersaudara dari pasangan Bapak Ratno dan Ibu Tini. Penulis menempuh pendidikan formal di SD Negeri 01 Ketapang pada tahun 2015, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 06 Kotabumi pada tahun 2018 , dan selanjutnya menempuh pendidikan di SMA Negeri 02 Kotabumi pada tahun 2021 .

Penulis diterima sebagai mahasiswa baru dan terdaftar di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas, Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2021 melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada bulan Januari-Februari 2024 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Desa Margojaya, Kecamatan Mesuji Timur, Kabupaten Mesuji, Provinsi Lampung. Kemudian pada bulan Juli-Agustus 2024 penulis melaksanakan Praktik Umum (PU) di Balai Pelatihan Pertanian Lampung, Lampung Selatan.

Selama menjadi mahasiswa, penulis aktif mengikuti kegiatan akademik dan organisasi. Kegiatan akademik yang pernah penulis lakukan yaitu sebagai asisten dosen praktikum Dasar-Dasar Ilmu Tanah dan Kimia Anorganik. Penulis aktif mengikuti organisasi kampus yaitu sebagai anggota Bidang Penelitian dan Pengembangan di Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah (Gamatala) periode 2023 dan organisasi luar kampus sebagai anggota Bidang Pemberdayaan Perempuan di Himpunan Mahasiswa Islam (HMI) periode 2023.



## MOTTO

“Maka sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan.  
Sesungguhnya bersama kesulitan itu ada kemudahan”  
(Q.S. Al-Insyirah : 5-6)

*“It’s fine to fake it until you make it, until you do, until it’s true”*  
(Taylor Swift)

“Lihatlah telapak tanganmu. Ayah selalu menempa tangan itu agar tak menyerah,  
ibu tak henti memapah tangan itu untuk berdoa”  
(J.S. Khairen)

“Allah tidak akan membebani seseorang, melainkan sesuai dengan  
kesanggupannya”  
(Q.S. Al-Baqarah : 286)

“Hidup bukan saling mendahului, bermimpilah sendiri-sendiri”  
(Daniel Baskara Putra Mahendra - Hindia)

## **PERSEMBAHAN**

### ***Bismillahirrahmanirrahim***

Dengan segala puji dan syukur kepada Allah SWT.

Aku persembahkan sebuah karya tulis sederhana kepada kedua orang tuaku tercinta sebagai suatu bentuk kesungguhan kecilku dalam memenuhi impian menjadi seorang anak perempuan yang besar bestari ditengah dunia yang penuh hitam, putih, dan abu-abu. Walaupun kehidupan penuh cinta, kasih, pengertian, kecukupan, dan segala pembelajaran mengenai nikmat syukur pada setiap hal kecil dalam kehidupan tidak akan pernah mampu terbalaskan. Tetapi semoga semua kebaikan yang telah disiram sepanjang waktu pada kehidupanku kelak menjadi amal *jariyah*, sehingga dimudahkan dalam menemukan pintu surga pun dimudahkan setiap langkah di dunia menuju kebahagiaan abadi dunia akhirat.

***Aamiin Ya Rabbal Alamin***

## SANWACANA

Segala puji bagi Allah SWT atas rahmat dan karunia-Nya sehingga penulis mampu menyelesaikan semua rangkaian penelitian dan penulisan skripsi yang berjudul “Pengaruh Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Pada Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) di Tanah Ultisol”. Pada kesempatan ini, penulis ingin menyampaikan terima kasih dengan penuh rasa hormat dan kerendahan hati atas dukungan dari berbagai pihak baik secara materil maupun moril sehingga penyusunan skripsi ini selesai tepat pada waktunya, yaitu kepada :

1. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
2. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si. selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung.
3. Dr. Ir. Afandi, M.P. selaku dosen pembimbing pertama atas ilmu, nasihat, motivasi, dan bimbingan selama penulis melaksanakan rangkaian proses penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
4. Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan ilmu, arahan, nasihat, kritik, saran, motivasi yang berarti, dan bimbingan selama penulis melaksanakan rangkaian proses penelitian hingga penulis dapat menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Prof. Dr. Ir. Sri Yusnaini, M.Si. selaku dosen penguji dan dosen pembimbing akademik atas bimbingan, motivasi, saran, dan kritik yang membangun dalam penulisan skripsi ini.
6. Bapak dan Ibu dosen Universitas Lampung, secara khusus Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberi begitu banyak ilmu yang bermanfaat bagi penulis.

7. Karyawan dan Karyawati Fakultas Pertanian terutama di Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberikan bantuan selama penelitian hingga penulis menyelesaikan penulisan skripsi ini.
8. Cinta pertama penulis, bapak tercinta Suratno yang telah membesarkan penulis tidak tersentuh kekerasan, membangun dengan kokoh prinsip kehidupan penulis, mengarahkan penulis menjadi versi terbaik, percaya pada tiap langkah penulis yang jauh dari langkah besar, dan tidak pernah mengkerdikan mimpi penulis semustahil apapun itu. Terima kasih telah menjadi alasan penulis tetap semangat berjuang meraih gelar sarjana.
9. Pintu surga penulis, mama tercinta Sri Yatini yang telah membesarkan penulis dengan penuh kasih sayang. Terima kasih telah memudahkan setiap langkah penulis lewat doa yang selalu dilangitkan, untuk pengorbanan atas mimpi, waktu, tenaga, upaya, dan menuntun penulis untuk melihat hal-hal baik pada tiap kesulitan. Tiada rangkaian kata yang mampu mendeskripsikan betapa beruntung, bahagia, dan bersyukur penulis telah lahir dari seorang perempuan tangguh, penuh cinta, dan tetap kokoh berdiri pada tiap hebatnya badai kehidupan.
10. Kedua kakak penulis, Freddy Pratama dan Ayu Wijianti Putri yang telah mendukung penulis selama rangkaian proses penelitian hingga penyelesaian skripsi ini dan pada setiap tahapan kehidupan penulis. Semoga diberkahi kehidupan dan akhiratnya.
11. Keponakan penulis, Gibran Al-Fahriz Pratama dan M. El-Barra Davindra yang telah mewarnai hari penulis dengan tawa pada setiap keluguan dan binar penuh keceriaan sehingga penulis tetap semangat dan jauh dari rasa bosan.
12. Rega Bimantara sebagai teman diskusi dan sahabat yang telah menemani, mengarahkan, memberikan motivasi, dukungan, dan inspirasi pada penulis untuk menyelesaikan studi dengan baik.
13. Teman seperjuangan penulis, Dea Sapira yang telah kebersamai penulis dalam menjalankan studi dengan perhatian dan motivasi, semoga diperlancar setiap langkahnya.
14. Teman-teman “Budaya” Amalia, Chiara, Ivo, Marcella, Mutiara, dan Salsa yang selalu menyalurkan semangat pada penulis lewat candaan pun cara-cara

unik, mewarnai perkuliahan, menemani setiap langkah berat penulis, dan sebagai rekan seperjuangan. Semoga sukses dan selalu bahagia.

15. Sahabat kecil penulis "*Sisterhood*" Rahma, Dea, Nazila yang telah memberikan dukungan pada tiap langkah besar dan kecil penulis. Semoga selalu saling mendukung hingga puluhan tahun kedepan.
16. *Autus Javanicus* dan Ungu Unyus yang telah mendukung penulis dengan begitu hangat meskipun dari jarak ratusan km.
17. Rekan penelitian "residu bahan pembenah tanah", Ayunda, Monica, Tama, Rumanti, Salsa, Mutiara, dan Dea yang telah kebersamai penulis pada proses penelitian di lapangan.
18. Rekan KKN Margojaya, Aqilla, Fakhri, Fharay, Putri, Silvi, dan Tiara yang telah mendukung penulis. Semoga sukses selalu.
19. Teman-teman seperjuangan Jurusan Ilmu Tanah angkatan 2021 dan semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi, tetapi tidak dapat disebutkan satu persatu.
20. Syifa Salsabila, yang telah memulai studi dengan niat yang baik dan menyelesaikan dengan penuh tanggung jawab terhadap segenap proses perkuliahan hingga penelitian dapat dikatakan selesai.

Akhir kata, penulis berdoa semoga Allah SWT memberikan rahmat dan pahala yang berlimpah kepada semua pihak sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih jauh dari kata sempurna dan penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat di kemudian hari, Aamiin Ya Rabbal Alamin.

Bandar Lampung,      Juni 2025

Penulis,

**Syifa Salsabila**

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR.....</b>	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan.....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis.....	8
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA.....</b>	<b>9</b>
2.1 Tanah Ultisol .....	9
2.2 Struktur Tanah.....	10
2.5 Tanaman Jagung.....	13
2.6 Pupuk Anorganik.....	14
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>16</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	16
3.2 Alat dan Bahan .....	16
3.3 Metode Penelitian.....	17
3.4 Sejarah Lahan .....	18
3.5. Persiapan Penelitian .....	19
3.5.1 Persiapan Lahan .....	19

3.5.2 Penanaman .....	20
3.5.3 Pemupukan Tanaman.....	20
3.5.4 Pemeliharaan Tanaman.....	21
3.5.5 Panen.....	21
3.6 Variabel Pengamatan.....	21
3.6.1 Variabel Utama .....	22
3.6.2 Variabel Pendukung.....	23
3.7 Analisis Data dan Penyajian Hasil .....	25
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>27</b>
4.1 Hasil dan Pembahasan.....	27
4.1.1 Sifat Tanah Sebelum Perlakuan .....	27
4.1.2 Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Kemantapan Agregat Tanah pada Pertanaman Jagung .....	28
4.1.3 Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Struktur Tanah pada Pertanaman Jagung .....	34
4.1.4 Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan NPK terhadap C - organik dan Produksi pada Pertanaman Jagung .....	45
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>52</b>
5.1 Simpulan.....	52
5.2 Saran.....	52
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>53</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>59</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1 Karakteristik biochar dan pupuk kandang sapi .....	19
2. Dosis Pemupukan Setiap Petak (8 m <sup>2</sup> ).....	20
3. Interpretasi Perhitungan Ayakan Kering dan Ayakan Basah.....	23
4. Kriteria Penetapan C-Organik (Balai Penelitian Tanah, 2023).....	25
5. Analisis Sampel Tanah Awal Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung .....	27
6. Hasil Analisis Kemantapan Agregat Tanah .....	29
7. Ringkasan Analisis Ragam Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan .....	31
8. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan .....	32
9. Ringkasan Analisis Ragam aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap struktur tanah pada tanaman jagung .....	37
10. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap struktur tanah ukuran <0,05 mm.....	38
11. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap struktur tanah ukuran >1,00 mm.....	39
12. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap struktur tanah ukuran >2,00 mm.....	41
13. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan .....	42
14. Interaksi pemberian kombinasi residu bahan pembenah tanah dan .....	43



15. Ringkasan Analisis Ragam aplikasi residu bahan pembenah tanah dan.....	46
16. Pengaruh interaksi aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap C – organik tanah pada tanaman jagung.....	47
17. Ringkasan Analisis Ragam aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap produksi jagung.....	49
18. Pengaruh interaksi aplikasi residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, K terhadap produksi jagung .....	50
19. Data ayakan kering perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan 0 dosis pemupukan) .....	60
Tabel 20. Data ayakan kering perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan ½ dosis pemupukan) .....	60
21. Data ayakan kering perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>2</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan 1 dosis pemupukan) .....	60
22. Data ayakan kering perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah Padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan) .....	61
23. Data ayakan kering perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan).....	61
24. Data ayakan kering perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	61
25. Data ayakan kering perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung +pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan).....	62
26. Data ayakan kering perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung +pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan).....	62
27. Data ayakan kering perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	62
28. Data ayakan kering perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong+ pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan) .....	63
29. Data ayakan kering perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan) .....	63
30. Data ayakan kering perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	63
31. Data ayakan basah perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>0</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan 0 dosis pemupukan) .....	64

32. Data ayakan basah perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>1</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan ½ dosis pemupukan) .....	64
33. Data ayakan basah perlakuan B <sub>0</sub> P <sub>2</sub> (Tanpa bahan pembenah tanah dan 1 dosis pemupukan) .....	64
34. Data ayakan basah perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah Padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan) .....	65
35. Data ayakan basah perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan).....	65
36. Data ayakan basah perlakuan B <sub>1</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu bahan pembenah tanah padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	65
37. Data ayakan basah perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan).....	66
38. Data ayakan basah perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan).....	66
39. Data ayakan basah perlakuan B <sub>2</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu biochar tongkol jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	66
40. Data ayakan basah perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>0</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 0 dosis pemupukan).....	67
41. Data ayakan basah perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>1</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan ½ dosis pemupukan).....	67
42. Data ayakan basah perlakuan B <sub>3</sub> P <sub>2</sub> (Kombinasi residu biochar batang singkong + pupuk kandang sapi 5 Mg ha <sup>-1</sup> dan 1 dosis pemupukan).....	67
43. Hasil Analisis Kemantapan Agregat Tanah Seluruh Perlakuan.....	68
44. Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan NPK terhadap Kemantapan Agregat Tanah pada Tanaman Jagung .....	69
45. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Kemantapan Agregat Tanah pada Tanaman Jagung.....	69
46. Analisis Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Kemantapan Agregat Tanah pada Tanaman Jagung.....	70
47 .Data Persentase Hasil Ayakan Distribusi Tanah.....	75

48. Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-Organik Tanah pada Tanaman Jagung .....	76
49. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap C-Organik Tanah pada Tanaman Jagung.....	77
50. Analisis Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan.....	77
51. Pengaruh Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Produksi Jagung (ton ha <sup>-1</sup> ) .....	78
52. Uji Homogenitas Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Produksi Jagung (ton ha <sup>-1</sup> ) .....	79
53. Analisis Ragam Hasil Aplikasi Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K terhadap Produksi Jagung (ton ha <sup>-1</sup> ) .....	79

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1 Diagram Alir Kerangka Pemikiran Pengaruh Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Pada Tanaman Jagung ( <i>Zea Mays</i> L.) di Tanah Ultisol.....	7
2. Tata Letak Percobaan.....	18
3. Gambar SEM dari sampel (Drane et al., 2023).....	20
4. Kategori kondisi distribusi agregat tanah (Sheperd, 2008).....	24
5. <i>Visual Soil Assessment</i> Struktur Tanah seluruh perlakuan. ....	35
6. <i>Visual Soil Assesment</i> Perlakuan B <sub>0</sub> (Kontrol).....	71
7. <i>Visual Soil Assesment</i> Perlakuan B <sub>1</sub> (Residu bahan pembenah tanah padi) .....	72
8. <i>Visual Soil Assesment</i> Perlakuan B <sub>2</sub> (Residu bahan pembenah tanah jagung) .	73
9. <i>Visual Soil Assesment</i> Perlakuan B <sub>3</sub> (Residu bahan pembenah tanah singkong) .....	74

## **I. PENDAHULUAN**

### **1.1 Latar Belakang**

Jagung berperan sebagai sumber karbohidrat kedua setelah beras dan memiliki peranan yang krusial dalam menjaga ketahanan pangan serta sebagai penyedia bahan baku industri nasional. Menurut Badan Pusat Statistik (2023) produktivitas tanaman jagung di Provinsi Lampung mengalami penurunan dari tahun 2022 sebesar 1.443 ton menjadi 1.103 ton pada tahun 2023. Salah satu faktor yang memengaruhi rendahnya produktivitas tersebut yaitu kondisi lahan yang didominasi oleh lahan kering masam dengan ordo tanah Ultisol. Upaya yang dapat dilakukan yaitu dengan meningkatkan kualitas tanah, seperti dengan penambahan bahan pembenah tanah dan pemupukan.

Ultisol tergolong lahan kering yang banyak ditemukan di Indonesia dengan luas penyebaran mencapai sekitar 51 juta hektar dan potensi pemanfaatan hingga 25% atau sekitar 45.8 juta hektar (Subagyo dkk., 2004). Menurut Sirait dkk. (2020) bahwa pada tanah ultisol di Laboratorium Lapang Terpadu mengandung C-organik rendah dan pH yang tergolong agak masam. Tanah Ultisol memiliki kandungan hara yang rendah karena pencucian basa yang intensif sedangkan proses dekomposisi berjalan cepat, hal ini menyebabkan kesuburan tanah relatif rendah.

Salah satu indikator kesuburan tanah adalah dengan melihat sifat fisik tanah, seperti kemantapan agregat tanah karena agregat yang mantap berpengaruh terhadap peningkatan porositas tanah, mendukung pertumbuhan akar, kapasitas tanah dalam membentuk pori-pori sebagai tempat tersedianya air, udara, dan unsur hara yang berperan penting dalam mendukung produktivitas tanaman (Septiana dkk., 2021). Kekurangan bahan organik menyebabkan kemantapan

agregat tidak mantap terkait dengan peran bahan organik sebagai perekat antar partikel tanah. Selain itu, agregat memengaruhi stabilitas tanaman sehingga lebih tahan terhadap gaya perusak dari luar, seperti hujan deras dan erosi (BBLSP, 2006).

Tambunan dkk. (2014) menyatakan bahwa upaya meningkatkan kualitas tanah dapat dilakukan dengan pemanfaatan aplikasi bahan pembenah tanah. Bahan pembenah tanah merupakan material yang terbentuk dari bahan organik atau anorganik yang dapat meningkatkan kualitas tanah, seperti *biochar* dan pupuk kandang sapi (Pradana dkk., 2024). Aplikasi bahan pembenah tanah dapat memperbaiki struktur, agregat tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menahan air dan unsur hara. Penambahan *biochar* ke dalam tanah dapat meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki sifat tanah, meningkatkan kemampuan tanah dalam menyimpan unsur hara, dan menjadi habitat bagi mikroorganisme tanah (Puspita dkk., 2021).

*Biochar* memiliki sifat resisten terhadap proses dekomposisi sehingga terdapat residu yang tertinggal didalam tanah (Lehman *et al.*, 2006). Oleh karena itu, *biochar* tidak perlu ditambahkan setiap musim (Herman dan Resigia, 2021). Penggunaan *biochar* merupakan upaya pemanfaatan limbah pertanian menjadi bahan pembenah tanah yang ramah lingkungan. Penggunaan *biochar* di Indonesia cukup potensial, mengingat bahan baku seperti sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong yang cukup tersedia (Nurida, 2014).

Kemudian penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan bahan organik tanah yang berperan sebagai perekat alami untuk membantu proses agregasi tanah dan meningkatkan kemantapan struktur menjadi lebih stabil, gembur, dan tidak mudah tererosi (Oesman dkk., 2021). *Biochar* merupakan bahan pembenah tanah kaya karbon dan lebih resisten terhadap pelapukan dibandingkan dengan pupuk kandang sehingga kombinasi keduanya dapat meningkatkan kesuburan tanah secara berkelanjutan. Meskipun mengandung unsur hara, pembenah tanah tidak diklasifikasikan menjadi pupuk karena kandungan haranya rendah dan ketersediannya bagi tanaman umumnya lambat sehingga tidak mampu mencukupi

kebutuhan nutrisi tanaman secara langsung sehingga tetap memerlukan pemupukan (Dariah dkk., 2015).

Tanah Ultisol umumnya memiliki kandungan unsur hara N, P, dan K sangat rendah (Nursyamsi dkk., 2002). Kekurangan unsur hara dapat menurunkan produktivitas tanaman karena unsur hara berperan penting pada proses fisiologis tanaman sehingga diperlukan pemupukan. Pemupukan dapat dilakukan untuk memenuhi kebutuhan unsur hara sesuai dengan kebutuhan tanaman (Sitorus dan Tyasmoro, 2019). Penggunaan pupuk anorganik diperlukan untuk menyediakan unsur hara makro secara cepat untuk tanaman sehingga kombinasi aplikasi residu pembenah tanah berupa *biochar* dan pupuk kandang sapi dengan pemupukan N, P, dan K berpotensi memberikan efek sinergis dalam memperbaiki kondisi tanah Ultisol.

Pada penelitian ini menggunakan residu pemberian pupuk kandang sapi dan *biochar* sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong. Residu *biochar* adalah sisa material karbon dari proses pirolisis biomassa yang tertinggal didalam tanah kemudian berperan sebagai amelioran tanah. Residu ini diharapkan mampu memperbaiki kemantapan agregat tanah setelah aplikasi bahan pembenah tanah pada musim tanam sebelumnya, serta penggunaan kombinasi pupuk diharapkan mampu meningkatkan produktivitas tanaman jagung.

## 1.2 Rumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang yang telah diuraikan, maka rumusan masalah dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Apakah terdapat pengaruh residu bahan pembenah tanah (*biochar* tongkol jagung, *biochar* sekam padi, dan *biochar* batang singkong) dan pupuk kandang sapi terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung
2. Apakah terdapat pengaruh pemberian pupuk N, P, dan K dengan taraf 1 dosis dan  $\frac{1}{2}$  dosis terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara residu bahan pembenah tanah (*biochar* tongkol jagung, *biochar* sekam padi, dan *biochar* batang singkong)

dan pupuk kandang sapi dengan pemberian pupuk N, P, dan K pada pertanaman jagung terhadap kemantapan agregat tanah

### 1.3 Tujuan

Tujuan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Mengetahui pengaruh residu bahan pembenah tanah terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung
2. Mengetahui pengaruh pemberian pupuk N,P, dan K dengan taraf 1 dosis dan  $\frac{1}{2}$  dosis terhadap kemantapan agregat tanah
3. Mengetahui pengaruh interaksi antara residu bahan pembenah tanah (*biochar* tongkol jagung, *biochar* sekam padi, dan *biochar* batang singkong) dengan pemberian pupuk N,P, dan K pada pertanaman jagung terhadap kemantapan agregat tanah

### 1.4 Kerangka Pemikiran

Tanah dengan ordo Ultisol tergolong lahan kering masam yang berpotensi untuk dikembangkan sebagai upaya optimalisasi produktivitas lahan. Tanah Ultisol tergolong jenis tanah tua yang telah mengalami pelapukan secara intensif sehingga menimbulkan berbagai kendala ketika dimanfaatkan sebagai lahan pertanian yaitu kandungan bahan organik, ketersediaan P, dan unsur hara makro rendah (Fitriatin dkk., 2014). Menurut Pasang dkk. (2019) tanah Ultisol memiliki kemasaman tanah tinggi, ketersediaan bahan organik rendah, dan ketersediaan unsur hara makro seperti N, P, K, Mg, dan Ca rendah.

Upaya dalam peningkatan kesuburan tanah Ultisol dapat dilakukan dengan penambahan bahan pembenah tanah dan pemupukan. Bahan pembenah tanah merupakan material yang terbentuk dari bahan organik atau anorganik yang dapat meningkatkan kualitas tanah, seperti *biochar* dan pupuk kandang sapi (Pradana dkk., 2024). *Biochar* yang berasal dari limbah organik menjadi alternatif pembenah tanah karena lebih stabil di dalam tanah dan lebih tahan terhadap dekomposisi mikroorganisme. Penggunaan *biochar* oleh masyarakat asli Amazon



selama ratusan hingga ribuan tahun terbukti meningkatkan sifat fisik tanah (Lehman, 2006). *Biochar* atau biasa dikenal sebagai arang hitam merupakan produk dari proses pembakaran biomassa secara pirolisis yaitu pembakaran dengan keadaan oksigen terbatas ataupun tanpa oksigen.

Menurut Nurida dkk. (2015) kandungan karbon pada *biochar* sebagai bahan pembenah tanah berperan sangat penting, *biochar* dapat berfungsi dengan baik jika mengandung karbon minimal 20%. Pada penelitian sebelumnya diketahui bahwa kandungan rasio C/N pada *biochar* sekam padi yaitu 65,70%, *biochar* tongkol jagung sebesar 153,68%, dan *biochar* batang singkong sebesar 55,24%. Hal ini menunjukkan bahwa *biochar* limbah pertanian dapat dimanfaatkan sebagai bahan pembenah tanah.

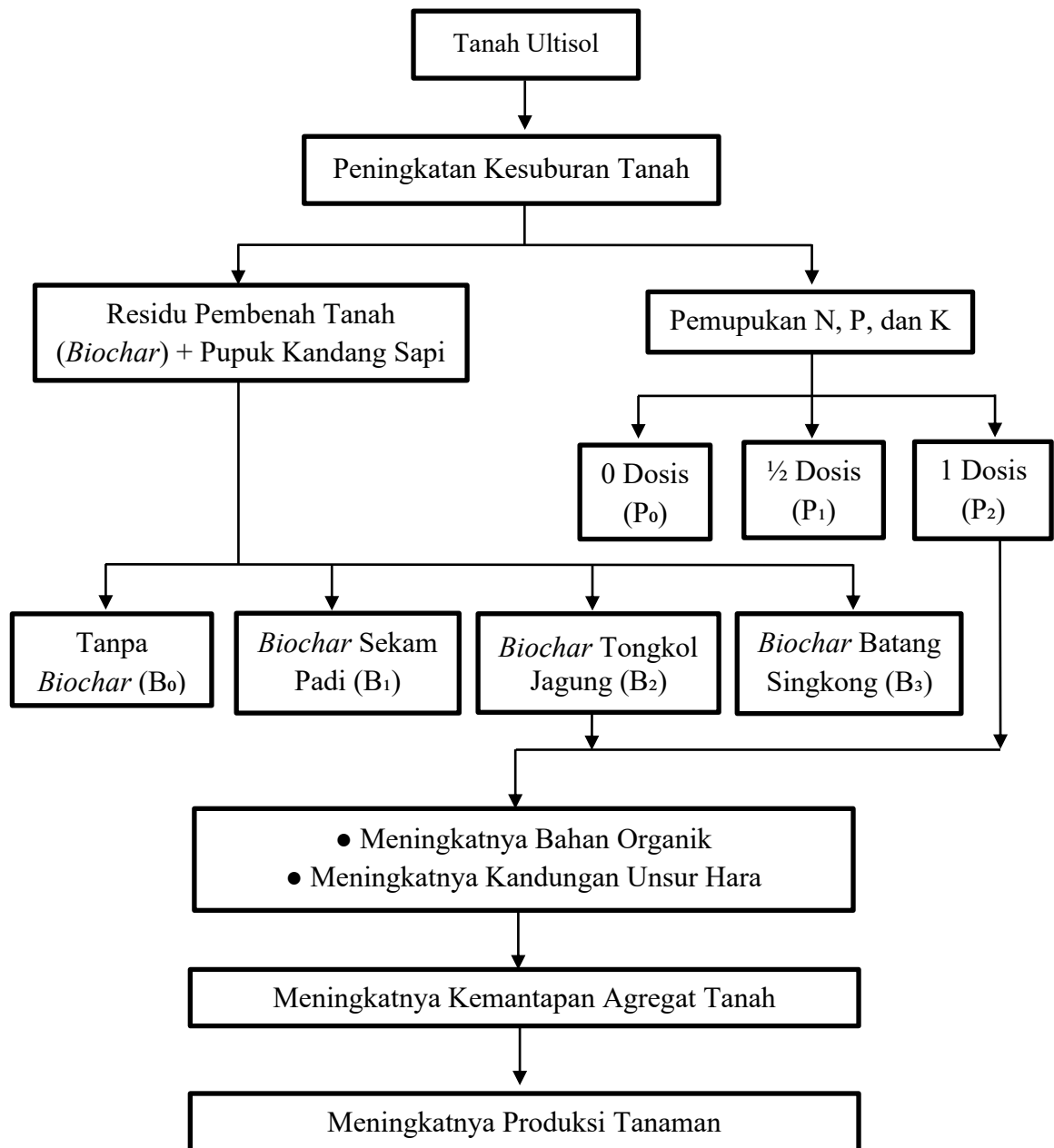
Kandungan C/N pada *biochar* berpengaruh terhadap cepat lambatnya proses peningkatan kesuburan tanah dan ketahanan *biochar*. Semakin tinggi kandungan C/N, maka proses dekomposisi berlangsung lebih lambat dibandingkan dengan kandungan C/N rendah (Arthawidya dkk., 2017). Oleh karena itu, *biochar* dengan kandungan C/N tinggi menyumbangkan residu karbon yang tertahan dalam waktu lama di dalam tanah sehingga dapat meningkatkan aktivitas mikroorganisme kemudian meningkatkan ketersediaan bahan perekat antar partikel tanah.

Selain itu, penambahan pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan menyediakan unsur hara makro dan mikro yang dibutuhkan oleh tanaman, meningkatkan daya serap air, dan mengurangi pemadatan sehingga akar tanaman dapat tumbuh dengan optimal (Zulfarosda dkk., 2021). Pupuk kandang sapi memiliki kandungan C-organik 22,56%, N 0,65%, P 0,15 %, K 0,30%, Ca 0,12%, Mg 0,10%, S 0,09%, dan Fe 0,004% (Mitra Tani Farm, 2021). Pupuk kandang sapi dapat meningkatkan kesuburan tanah dengan memperbaiki struktur, tekstur, dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme tanah. Selain itu, bahan organik memiliki sifat sebagai perekat alami yang membantu menyatukan partikel-partikel primer tanah sehingga memperkuat pembentukan agregat tanah (Oesman dkk., 2021). Hasil penelitian (Zurhalena dan Farni, 2017) menemukan pengaruh dosis kombinasi pupuk kandang sapi dan *biochar* 10 ton ha<sup>-1</sup> efektif dalam

meningkatkan kemantapan agregat tanah di tanah Ultisol. Pemanfaatan pupuk kandang sapi bersifat jangka pendek sehingga perlu dikombinasikan dengan *biochar* yang memiliki daya tahan lebih lama didalam tanah.

Upaya lain yang dapat dilakukan dalam mengelola tanah Ultisol yaitu melalui pemupukan N, P, dan K untuk memastikan tanaman memperoleh unsur hara NPK secara optimal sehingga dapat meningkatkan produktivitas tanaman. Sarno (2009) menyatakan bahwa penambahan pupuk anorganik NPK dengan pupuk kandang memberikan hasil lebih baik dibandingkan dengan perlakuan hanya NPK ataupun hanya pupuk kandang. Penambahan pupuk tunggal N, P, dan K berperan pada tahap pertumbuhan tanaman dan berperan penting pada hasil produktivitas tanaman. Kemudian ketersediaan hara yang cukup dapat mendukung pertumbuhan akar sehingga akar dapat memecah tanah dan mencegah pemadatan tanah, akar yang mati dapat menyumbangkan bahan organik melalui eksudat akar. Menurut Sauti dkk. (2024) pupuk anorganik dapat menyediakan unsur hara yang dibutuhkan tanaman, lalu *biochar* melengkapi terkait perannya sebagai bahan pembenah tanah alami. Pemupukan dengan dosis tepat dapat memenuhi kebutuhan unsur hara tanaman sehingga meningkatkan produktivitas tanaman. Peningkatan ketersediaan unsur hara dan peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah menjadi upaya yang potensial untuk memperbaiki kualitas tanah. Hal ini sejalan dengan hasil penelitian Indrayati dan Umar (2011) terkait dengan kombinasi penggunaan pupuk NPK dan pupuk kandang yang meningkatkan produktivitas tanaman.

Bagan kerangka pemikiran pada penelitian ini dapat dilihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Diagram Alir Kerangka Pemikiran Pengaruh Residu Bahan Pembenah Tanah dan Pemupukan N, P, K Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Pada Tanaman Jagung (*Zea Mays* L.) di Tanah Ultisol

### 1.5 Hipotesis

Hipotesis yang dapat disampaikan dari penelitian ini adalah sebagai berikut :

1. Residu *biochar* tongkol jagung dan pupuk kandang sapi mampu meningkatkan kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung
2. Penambahan pupuk N, P, dan K dosis 1 dapat memperbaiki kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung
3. Terdapat pengaruh interaksi residu bahan pembenah tanah *biochar* tongkol jagung dan pupuk N, P, dan K terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung

## **II. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Tanah Ultisol**

Tanah Ultisol tergolong tanah marginal dengan sebaran luas, meliputi sekitar 25% dari total tanah Indonesia atau 45.794.000 ha dan dapat ditemui pada beragam kontur, dataran datar hingga bergunung. Tanah Ultisol dapat berkembang dari bahan induk bersifat masam hingga basa, tetapi umumnya bahan induk Ultisol adalah batuan sedimen masam (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Tanah Ultisol dapat dimanfaatkan sebagai tanah potensial dengan pengelolaan dan manajemen yang tepat dengan mempertimbangkan berbagai permasalahan yang ada.

Tingkat produktivitas tanah Ultisol rendah, berkaitan dengan kendala tanah Ultisol pada karakteristik tanah. Tanah Ultisol memiliki pH masam, minim kandungan unsur hara, porositas rendah, dan bahan organik rendah. Porositas tanah Ultisol sangat rendah karena adanya penumpukan liat dibagian bawah lapisan tanah, akibatnya akar tidak dapat menembus horizon ini dan menyebabkan pertumbuhan tanaman tidak optimal. Selain itu, kejenuhan basa tanah Ultisol rendah karena curah hujan yang tinggi pada beberapa daerah menyebabkan pencucian hara dan menyebabkan tanah bereaksi masam. Pengelolaan Ultisol sebagai tanah sub-optimal perlu dilakukan dengan penambahan amelioran dan bahan organik sehingga dapat dimanfaatkan sebagai lahan yang produktif (Lumbanraja dkk., 2023).

Karakteristik sifat fisik tanah Ultisol rendah dan rentan terhadap erosi, sehingga produktivitas tanaman tidak optimal. Kandungan hara pada tanah Ultisol rendah akibat adanya pencucian basa yang intensif, sedangkan proses dekomposisi berjalan cepat sehingga kandungan bahan organik relatif rendah. Hal ini

menyebabkan sifat fisik tanah ultisol kurang baik, seperti struktur dan kemantapan agregat kurang mantap (Junedi, 2010).

## 2.2 Struktur Tanah

Struktur tanah merujuk pada susunan dan penggabungan partikel tanah yang saling berkaitan membentuk agregat sebagai akibat dari proses pedogenesis. Susunan partikel primer tanah, seperti pasir, debu, dan liat yang berikatan membentuk satu kelompok partikel atau disebut agregat, sifat yang dimiliki berbeda dengan partikel tanah yang tidak teragregasi (wei *et al.*, 2020). Struktur tanah berbentuk gumpalan kecil dari butir-butir fraksi tanah. Gumpalan struktur tanah memiliki bentuk, ukuran, dan kemantapan agregat yang berbeda antar satu dan yang lainnya. Penggabungan struktur tanah menjadi agregat dibantu oleh perekat, seperti bahan organik. Struktur tanah yang ideal berbentuk membulat sehingga tidak dapat saling bersinggungan dengan rapat dan memungkinkan pori-pori tanah terbentuk dengan baik (Nurhuda dkk., 2021).

Menurut Hillel (1930) dalam (Afandi, 2019) Struktur tanah digolongkan menjadi 3 kategori yaitu butir tunggal, masif, dan agregat. Butir tunggal yaitu antar partikel tanah tidak saling berikatan atau lepas, sedangkan masif yaitu antar partikel tanah saling terikat kuat pada suatu massa tanah kohesif yang besar. Kemudian agregat berada diantara butir tunggal dan masif. Struktur agregat dianggap sebagai struktur yang baik untuk tanah pertanian, salah satu upaya yang dapat dilakukan untuk mendapatkan struktur agregat yaitu dengan pengolahan tanah. Selain itu, penambahan bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah menjadi lebih gembur dengan adanya aktivitas mikroorganisme. Proses dekomposisi oleh mikroorganisme tanah akan menghasilkan senyawa-senyawa organik yang dapat merekatkan partikel-partikel tanah menjadi kesatuan agregat utuh.

Struktur tanah memengaruhi berbagai sifat fisik tanah, seperti kemantapan agregat tanah dan kemampuan menahan air. Struktur tanah yang baik dapat menyediakan ruang pori yang cukup sebagai ruang penyerapan air dan sirkulasi udara. Menurut

Hanifah dkk. (2020) penambahan bahan organik dapat memperbaiki struktur tanah dan meningkatkan stabilitas agregat. Struktur remah dan granular dikategorikan struktur tanah yang baik karena mendukung sirkulasi udara yang optimal di dalam tanah. Struktur remah merupakan perkembangan dari granular dengan ukuran lebih besar dan tersusun dari komposisi yang berimbang dari partikel tanah dengan pengikat, terutama dari bahan organik (Afandi, 2019). Struktur tanah remah bersifat gembur dengan porositas yang baik sehingga dianggap sebagai struktur tanah yang sesuai untuk pertumbuhan tanaman. Kondisi struktur tanah yang baik dapat mendukung pertumbuhan akar dengan memungkinkan perakaran tanaman dapat menembus tanah, sehingga penyerapan larutan tanah lebih efisien (Meli dkk., 2018).

### **2.3 Hubungan *Biochar* Terhadap Kemantapan Agregat Tanah**

Agregat tanah tersusun oleh suatu kesatuan dari kumpulan partikel tanah, seperti pasir, debu, liat dan partikel organik. Sedangkan kemantapan agregat tanah didefinisikan sebagai kemampuan tanah untuk menjaga susunan padatan dan ruang pori ketika mengalami berbagai tekanan, seperti pengolahan tanah, pengeringan, dan pembasahan (Afandi, 2019). Tanah dengan kemantapan agregat yang baik ditunjukkan dengan antar partikel tanah saling berikatan kuat.

Kemantapan agregat tanah dipengaruhi oleh aktivitas mikroorganisme tanah, pengolahan tanah, dan tajuk tanaman yang menahan air hujan langsung jatuh ke permukaan tanah. Menurut Tisdall dan Oades (1980) dalam (Afandi, 2019) perbedaan proses agregasi berdasarkan agen pengikatnya yaitu *transient* (rapuh), terutama polisakarida, *temporary* (sementara) yaitu hifa jamur dan akar, serta *persisten* (tahan) yaitu ikatan dari asam organik, adsorpsi, dan jembatan kation.

Menurut Lehman *et al.* (2006) *biochar* dapat meningkatkan proses agregasi dengan meningkatkan hifa jamur. Hal ini sesuai dengan pendapat Tisdall dan Oades (1980) bahwa hifa termasuk agen pengikat sementara untuk proses agregasi. Hifa jamur tergolong sebagai agen pengikat yang kuat, Mekanisme proses agregasi oleh fungi mikoriza yaitu melalui mekanisme biofisik, biologi, dan biokimia (Lehman *et al.*, 2017). Mekanisme biofisik merupakan interaksi

secara langsung antara hifa atau miselium dengan keseluruhan partikel tanah, hifa menjalar diantara partikel-partikel tanah lalu merekatkan menjadi agregat. Kemudian mekanisme biologi terjadi secara tidak langsung, mikoriza berinteraksi dengan akar tanaman dan meningkatkan aktivitas mikroorganisme. Mekanisme biokimia terjadi karena hifa menghasilkan bahan organik, seperti polisakarida, glikoprotein, dan hidrofobin yang berperan sebagai perekat alami yang mengisi celah-celah ataupun menyelimuti partikel atau agregat tanah sehingga mendukung proses agregasi menjadi agregat ukuran lebih besar.

Bahan organik ini membentuk ikatan yang mengikat partikel-partikel tanah sehingga meningkatkan stabilitas agregat tanah. Menurut Muyassir *et al.* (2012) bahwa penambahan bahan organik, seperti *biochar* dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah hingga 21,33%. Berdasarkan penelitian Syaikhuddin *et al.* (2016) bahwa pemberian *biochar* dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah berkaitan dengan struktur *biochar* yang berpori, hal ini dapat mengurangi kepadatan tanah sehingga dapat memperbaiki stabilitas agregat tanah. Menurut Suwardji *et al.* (2012) dalam waktu 1 tahun, penambahan *biochar* dapat meningkatkan stabilitas agregat tanah sebanding dengan aplikasi pupuk kandang yang diaplikasikan setiap musim tanam.

Berdasarkan *International Biochar Initiative* (IBI), *biochar* atau arang hitam dihasilkan dari proses pirolisis sehingga resisten terhadap dekomposisi dan dapat meninggalkan residu dalam tanah hingga ribuan tahun (Saidy, 2018). Pirolisis merupakan proses yang kompleks, dimana senyawa organik dalam biomassa mengalami dekomposisi akibat pemanasan dalam kondisi tanpa oksigen. Dalam proses ini, hanya bagian *volatile matter* (zat menguap) yang terlepas, sedangkan karbon tetap tersisa pada material tersebut. Menurut Yosefina dan Mutiara (2021) *biochar* dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah dan kapasitas menahan air, hal ini memengaruhi peningkatan ketersediaan air tanaman. Penambahan bahan organik berupa *biochar* dapat memperbaiki porositas tanah dan meningkatkan kemampuan menyerap air berkaitan dengan porositas dan pertumbuhan akar tanaman (Khair *et al.*, 2017). Keberadaan ruang pori total pada



*biochar* berperan sebagai tempat aktivitas mikroorganisme (Rawat *et al.*, 2019). Menurut Mapegau dkk. (2022) penambahan bahan pembenah tanah berupa *biochar* dapat dijadikan alternatif untuk memperbaiki degradasi tanah dan meningkatkan produktivitas tanaman jagung di tanah masam. Kandungan karbon pada *biochar* bersifat stabil dan sulit terdekomposisi sehingga dapat meninggalkan residu yang bertahan hingga ribuan tahun (Lehman *et al.*, 2006). Residu adalah sisa atau bahan yang tertinggal setelah pemberian suatu bahan, seperti *biochar*. Pemberian *biochar* memiliki efek jangka panjang karena proses dekomposisi *biochar* yang sangat lambat, maka manfaat *biochar* berkaitan dengan peningkatan kesuburan tanah. Hal tersebut sejalan dengan penelitian Mindari dkk. (2018) menunjukkan penambahan bahan pembenah tanah *biochar* dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah, C-organik, dan kandungan NPK pada tanah marginal. Ruang pori makro dan mikro pada *biochar* dapat memaksimalkan pengikatan unsur hara dan penyerapan air (Agviolita dkk., 2021).

Bahan pembenah tanah seperti pupuk kandang dapat meninggalkan residu didalam tanah. Menurut Haumen (2020) residu pupuk kandang sapi dapat menjadi cadangan unsur hara untuk musim tanam berikutnya yang ditunjukkan oleh perbedaan suhu pada petak yang terdapat residu dengan petak tanpa residu. Selain itu, residu pupuk kandang dapat memperbaiki sifat fisik tanah dengan meningkatkan kelengasan tanah. Pemberian pupuk kandang sapi dapat meningkatkan porositas tanah, memperbaiki stabilitas agregat tanah, dan permeabilitas tanah (Amanah dan Taufiq, 2021). Residu pupuk kandang sapi berperan sebagai perekat agregat sehingga dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah.

## 2.5 Tanaman Jagung

Tanaman jagung merupakan salah satu komoditas hortikultura yang dapat dimanfaatkan sebagai bahan pangan ataupun bahan baku industri. Bagian utama pada tanaman jagung yaitu akar, daun, batang, buah, dan bunga. Tanaman ini tergolong dari keluarga rumput-rumputan, tinggi tanaman sekitar 0,6 – 3 meter, monokotil (berbiji tunggal), memiliki batang kasar, dan sedikit berumpun

(Suleman dkk., 2019). Tanaman jagung merupakan salah satu tanaman pangan yang berperan penting dalam mendukung aspek perekonomian di Indonesia. Hal ini disebabkan oleh peran tanaman jagung sebagai pakan ternak, sumber karbohidrat, dan dapat juga dijadikan sebagai bahan baku industri

Pertumbuhan tanaman jagung yang optimal dipengaruhi oleh sinar matahari dan kesuburan tanaman sehingga tanaman jagung seringkali dijumpai pada negara subtropis dan tropis. Pertumbuhan tanaman jagung dapat optimal pada kondisi lingkungan dengan pH sekitar 5-7, drainase yang baik, dan tidak terlalu padat sehingga dapat mendukung pertumbuhan akar. Beberapa kondisi ini dapat menyediakan lingkungan yang optimal bagi pertumbuhan tanaman jagung (Habib, 2015). Tanaman jagung digunakan sebagai indikator dalam penelitian ini karena memiliki efisiensi penyerapan unsur hara yang tinggi serta mampu menunjukkan respon visual yang jelas terhadap kondisi kekurangan maupun kelebihan nutrisi hara.

## **2.6 Pupuk Anorganik**

Pupuk anorganik adalah bahan dengan kandungan hara tinggi yang dibutuhkan oleh tanaman. Berdasarkan jumlah hara yang menyusunnya dibedakan menjadi pupuk anorganik tunggal dan majemuk. Pupuk anorganik tunggal hanya terkandung satu macam unsur hara, sedangkan pada pupuk majemuk terkandung lebih dari satu macam unsur hara. Contoh dari pupuk anorganik tunggal yaitu pupuk urea 46% yang berarti setiap 100 Kg Urea mengandung 46 kg nitrogen. Nitrogen berperan penting pada perpanjangan dan pembelahan sel meristem, pembentukan klorofil, dan menambah kandungan protein sehingga tanaman lebih subur dan tinggi (Rasmani *et al.*, 2020).

Penanaman tanaman jagung secara intensif meningkatkan penggunaan pupuk anorganik. Hal ini karena unsur hara yang terkandung pada pupuk anorganik lebih cepat tersedia bagi tanaman sehingga mendukung pertumbuhan akar (Yusworo, 2023). Pertumbuhan akar dapat memengaruhi struktur tanah dan meningkatkan ruang pori tanah sehingga dapat meningkatkan kemantapan agregat tanah.

Berbagai jenis pupuk anorganik dibedakan dari formulasi penyusunnya, seperti pupuk NPK yang mengandung Nitrogen, fosfor, dan kalium dengan komposisi yang tepat sehingga sesuai dengan kebutuhan tanaman. Kelebihan penggunaan pupuk anorganik yaitu kandungan unsur hara lebih tinggi, unsur hara tersedia dalam waktu yang relatif lebih cepat, praktis, dan kemudahan dalam aplikasi (Amalia, 2023). Agregat yang tidak stabil dan kadar bahan organik yang rendah dapat mempermudah tanah untuk hancur, sehingga mengakibatkan penurunan jumlah pori-pori tanah yang dapat mempengaruhi ketersediaan air bagi tanaman (Shalsabila dkk., 2017).

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

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

Penelitian ini dilaksanakan di Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada bulan Maret - November 2024. Analisis fisika tanah dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Dilakukan pada bulan Juli – Desember 2024.

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

Alat dan bahan yang digunakan pada penelitian ini digolongkan menjadi dua yaitu, alat bahan yang digunakan di Laboratorium dan alat bahan yang digunakan di lapangan. Alat yang digunakan di laboratorium adalah nampan, buret, ember besar, mangkok plastik, oven, gelas ukur, satu set ayakan (8 mm; 4.76 mm; 2.83 mm; 2 mm; 1 mm ; dan 0.5 mm), timbangan digital, corong plastik, dan aluminium foil. Sedangkan alat yang digunakan di lapangan terdiri dari plastik, kotak plastik, sekop, cangkul, meteran, jangka sorong, spidol, label.

Bahan yang digunakan pada saat di lapangan yaitu sampel tanah awal dan akhir dari lahan Laboratorium Lapang Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, bibit jagung pipil yang berumur 100 hari dan bahan berupa pupuk anorganik berupa pupuk fosfor SP-36, pupuk urea, dan pupuk KCl. Bahan yang digunakan di laboratorium hanya air destilata. Bahan yang digunakan berupa pupuk an-organik yaitu Urea, Sp-36, dan KCl. Bahan yang digunakan di laboratorium hanya air destilata.

### 3.3 Metode Penelitian

Pada penelitian ini menggunakan Rencana Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan. Faktor pertama berupa residu pembenah tanah yaitu berbagai kombinasi *biochar* dan pupuk kandang sapi (B) yang terdiri dari :

- B<sub>0</sub> : Tanpa residu bahan pembenah tanah (0 Mg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>1</sub> : Residu *biochar* padi + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>
- B<sub>2</sub> : Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>
- B<sub>3</sub> : Residu *biochar* jagung + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup>

Faktor kedua yaitu pemupukan N,P, dan K (P) yang terdiri dari :

- P<sub>0</sub> : 0 dosis pemupukan (Urea 0 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 0 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- P<sub>1</sub> : ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- P<sub>2</sub> : 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

Berdasarkan kedua faktor tersebut, maka diperoleh 12 kombinasi perlakuan yaitu sebagai berikut :

- B<sub>0</sub>P<sub>0</sub> : Tanpa residu bahan pembenah tanah (0 Mg ha<sup>-1</sup>) + 0 dosis pemupukan (Urea 0 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 0 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>0</sub>P<sub>1</sub> : Tanpa residu bahan pembenah tanah (0 Mg ha<sup>-1</sup>) + ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>0</sub>P<sub>2</sub> : Tanpa residu bahan pembenah tanah (0 Mg ha<sup>-1</sup>) + 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>1</sub>P<sub>0</sub> : Residu *biochar* padi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + 0 dosis pemupukan (Urea 0 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 0 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>1</sub>P<sub>1</sub> : Residu *biochar* padi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>1</sub>P<sub>2</sub> : Residu *biochar* padi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)
- B<sub>2</sub>P<sub>0</sub> : Residu *biochar* jagung 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + 0 dosis pemupukan (Urea 0 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 0 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

B<sub>2</sub>P<sub>1</sub> : Residu *biochar* jagung 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

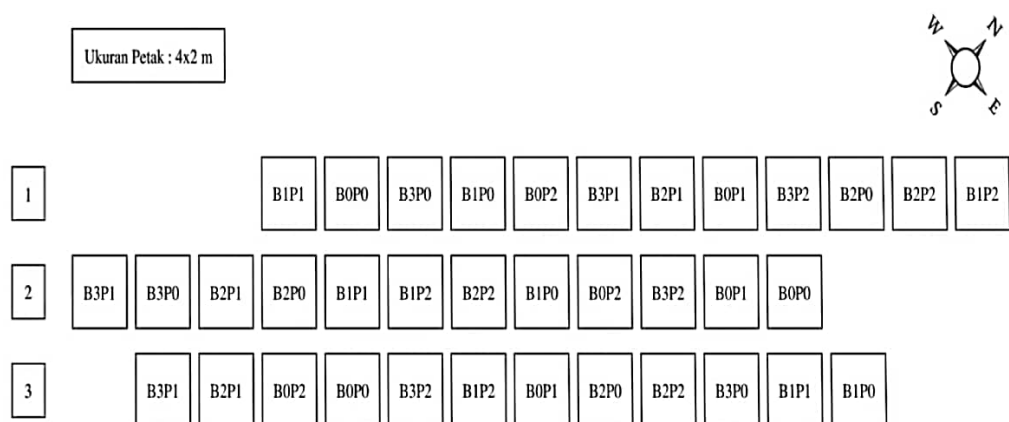
B<sub>2</sub>P<sub>2</sub> : Residu *biochar* jagung 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi Mg ha<sup>-1</sup> + 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

B<sub>3</sub>P<sub>0</sub> : Residu *biochar* singkong 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + 0 dosis pemupukan (Urea 0 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 0 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

B<sub>3</sub>P<sub>1</sub> : Residu *biochar* singkong 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + ½ dosis pemupukan (Urea 225 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 112,5 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

B<sub>3</sub>P<sub>2</sub> : Residu *biochar* singkong 5 Mg ha<sup>-1</sup> + pupuk kandang sapi 5 Mg ha<sup>-1</sup> + 1 dosis pemupukan (Urea 450 Kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 225 Kg ha<sup>-1</sup>, dan KCl 0 Kg ha<sup>-1</sup>)

Setiap perlakuan diulang sebanyak 3 kali sehingga didapatkan 4x3x3 dengan total 36 satuan petak percobaan (Gambar 2).



Gambar 2. Tata Letak Percobaan

### 3.4 Sejarah Lahan

Lahan penelitian ini berlokasi di Laboratorium Lapang Terpadu (LTPD), Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Lahan penelitian ini mengalami beberapa penggunaan sepanjang beberapa tahun tertentu. Pada tahun 2015-2017 lahan penelitian ini digunakan untuk penelitian dengan perlakuan pupuk organonitrofos dan pupuk NPK pada tanaman tebu. Kemudian pada tahun 2017-2018 lahan

penelitian ini kembali digunakan untuk penelitian dengan perlakuan *biochar* sekam padi dan pemupukan fosfor pada tanaman jagung. Setelah itu, lahan penelitian ini tidak digunakan hingga tahun 2021. Kemudian digunakan kembali pada tahun 2022 untuk penelitian dengan perlakuan berbagai jenis *biochar* dan pemupukan fosfor pada tanaman jagung. Pada tahun 2023 lahan ini digunakan untuk penelitian dengan perlakuan berbagai jenis *biochar* dan pemupukan N, P, dan K pada tanaman jagung.

### 3.5. Persiapan Penelitian

#### 3.5.1 Persiapan Lahan

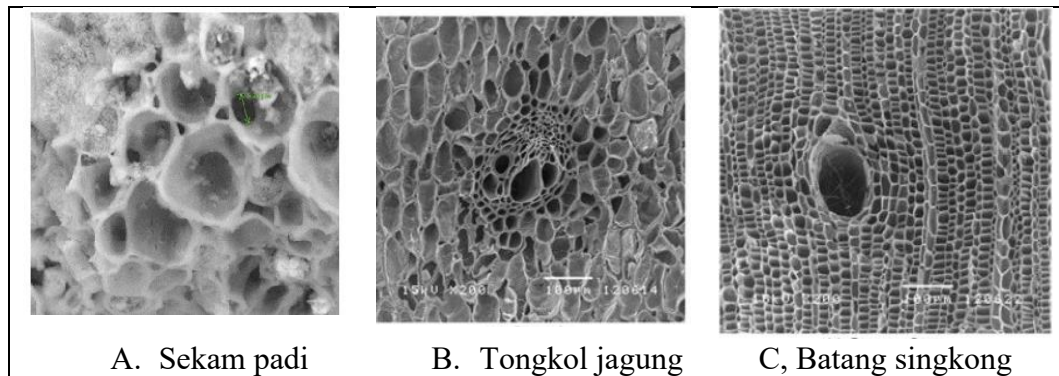
Persiapan lahan dilakukan dengan membersihkan gulma dengan alat pemotong rumput terlebih dahulu untuk memudahkan proses pembuatan petak percobaan. Petak percobaan terdiri dari 36 petak satuan percobaan, dengan ukuran 4×2 m, jarak antar petak perlakuan yaitu 0,25 m, dan jarak antar petak ulangan yaitu 1 m. Petak ini merupakan hasil dari perlakuan *biochar* yang telah dilakukan pada tahun 2023 dengan karakteristik sebagai berikut :

Tabel 1 Karakteristik *biochar* dan pupuk kandang sapi

Parameter	<i>Biochar</i> *			Pupuk Kandang Sapi**
	Sekam Padi	Tongkol Jagung	Batang Singkong	
pH H <sub>2</sub> O	6,97	9,11	10,3	7,48
C-Organik (%)	41,06	59,42	69,59	10,42
N-Total (%)	0,62	0,38	1,26	0,68
Rasio C/N	65,70	153,98	55,24	15,07
Luas permukaan (m <sup>2</sup> /g)	118	56,35	200,46	-

Keterangan : \*=Hasil analisis Tim Penelitian di Laboratorium Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung ; \*\*= Melsasail dkk., 2018

Struktur permukaan sorben atau *biochar* dapat diamati dengan SEM (*Scanning Electron Microscope*), sehingga dapat diamati morfologi (bentuk, tekstur, dan struktur permukaan) pada biohar secara detail dengan pembesaran tinggi. Struktur permukaan *biochar* yang diamati dengan SEM disajikan pada Gambar 3.



Gambar 3. Gambar SEM dari sampel (Drane *et al.*, 2023)

### 3.5.2 Penanaman

Penanaman benih jagung varietas BISI 18. Penanaman dilakukan dengan cara tugal, setiap lubang ditanami 2 benih jagung dengan jarak tanam  $25 \times 70$  cm. Penyulaman dilakukan pada benih yang gagal tumbuh dengan cara ditanam kembali. 1 MST dilakukan penjarangan yaitu memilih jagung dengan pertumbuhan terbaik.

### 3.5.3 Pemupukan Tanaman

Pemupukan N, P, dan K menurut Murni (2008) yaitu N :  $200 \text{ kg ha}^{-1}$ ; P :  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ ; dan K :  $120 \text{ kg ha}^{-1}$ . Aplikasi pemupukan terdiri dari 3 dosis, yaitu 0 dosis,  $\frac{1}{2}$  dosis, dan 1 dosis pupuk SP-36, pupuk KCl, dan pupuk urea. Pupuk SP-36 dan KCl diaplikasikan sebanyak satu kali selama masa tanam yaitu pada saat tanaman jagung 7 Hari Setelah Tanam. Sedangkan pupuk urea akan diaplikasikan dalam dua tahapan yaitu 7 hari setelah tanam dan 14 hari setelah tanam.

Tabel 2. Dosis Pemupukan Setiap Petak ( $8 \text{ m}^2$ )

No	Perlakuan	Jenis Pupuk		
		Urea ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	SP-36 ( $\text{kg ha}^{-1}$ )	KCl ( $\text{kg ha}^{-1}$ )
1	P <sub>0</sub>	0	0	0
2	P <sub>1</sub>	225	112,5	100
3	P <sub>2</sub>	450	225	200



### **3.5.4 Pemeliharaan Tanaman**

Pemeliharaan tanaman jagung mencakup beberapa kegiatan yaitu penyiraman, penyiangan gulma, dan pengendalian OPT. Penyiraman dilakukan rutin pagi dan sore hari kemudian penyiangan gulma dilakukan secara manual menggunakan koret ataupun langsung dicabut setiap gulma muncul diantara tanaman jagung. Pengendalian OPT akan dilakukan dengan metode kimia menggunakan rindomil pada dosis 2,5 gram per liter.

### **3.5.5 Panen**

Pemanenan dilakukan ketika besar kelobot jagung mulai kering dan berwarna kuning yaitu sekitar  $\pm 110$  HST. Pemanenan jagung dilakukan secara manual dengan cara mematahkan tangkai buah jagung pipil ataupun memutar tongkol jagung beserta kelobotnya. Kemudian dilakukan pengeringan tongkol jagung untuk mengurangi kandungan kadar air sehingga mencapai batas aman untuk penyimpanan yaitu tidak dapat lagi ditumbuhi oleh mikroba perusak. Kemudian tongkol jagung yang sudah dipanen dikumpulkan pada wadah dan ditimbang sesuai dengan perlakuan.

### **3.5.6 Pengambilan Sampel**

Pengambilan sampel tanah dilakukan dua kali yaitu sebelum penanaman dan setelah panen. Pengambilan sampel tanah dilakukan dengan menggunakan alat sekop kecil dan plastik untuk menjaga sampel agregat tanah tidak hancur akibat tekanan. Kemudian pengambilan sampel tanah dilakukan secara komposit pada kedalaman 0-20 cm dengan sampel tanah berbentuk agregat sebanyak  $\pm 2$  kg. Sampel tanah yang telah diambil dimasukkan ke dalam plastik lalu dikering udarkan terlebih dahulu sebelum dilakukan analisis.

## **3.6 Variabel Pengamatan**

Dalam penelitian ini terdapat variabel utama dan variabel pendukung yang diamati yaitu dijabarkan sebagai berikut :

### 3.6.1 Variabel Utama

Variabel utama yang diamati pada penelitian ini yaitu kemantapan agregat tanah dengan metode ayakan basah dan ayakan kering. Sampel tanah yang dianalisis dikering udarkan terlebih dahulu, penilaian kemantapan agregat tanah ditentukan oleh pemecahan agregat tanah saat pengayakan yang tertinggal pada setiap diameter ayakan dalam kondisi ayakan basah dan kering kemudian di analisis (Afandi, 2019).

Prosedur kerja metode ayakan kering dalam menentukan kemantapan agregat tanah adalah sebagai berikut :

1. Ayakan disusun berturut-turut dari atas ke bawah (8 mm; 4,75 mm; 2,8 mm; 2 mm; 0,1 mm) dan bagian bawahnya ditutup
2. Sebanyak 500 g agregat tanah ukuran > 1 cm diambil lalu dimasukkan ke atas ayakan 8 mm ukuran
3. Shaker dihidupkan sehingga tanah diguncang selama  $\pm$  1 menit
4. Ayakan dilepaskan dan agregat yang tertinggal pada masing-masing ayakan ditimbang
5. Perhitungan untuk mendapatkan RBD (Rata-rata berat diameter) dilakukan

Sedangkan prosedur kerja metode ayakan basah kemantapan agregat tanah adalah sebagai berikut :

1. Agregat hasil pengayakan kering berukuran > 2 mm sebanyak 100 g diambil, kemudian dimasukkan ke dalam wadah plastik.
2. Buret dengan ketinggian 30 cm disiapkan, kemudian air diteteskan pada agregat tanah sampai mencapai kapasitas lapang
3. Cawan plastik ditutup kemudian disimpan pada tempat sejuk selama 12 jam supaya air dalam agregat tanah tersebar merata
4. Masing-masing agregat dari wadah plastik dipindahkan ke ayakan dengan urutan susunan ayakan 8 mm, 4.75 mm, ukuran 2.8 mm, 2 mm, 1 mm, dan 0.5 mm.
5. Ember diisi dengan air kira-kira setinggi susunan ayakan.
6. Ayakan dimasukkan ke dalam air dan diayak naik-turun selama 5 menit dengan sekitar 35 ayunan per menit.

7. Agregat pada masing-masing ayakan dipindahkan ke dalam aluminium foil
8. Agregat tanah yang tertahan pada masing-masing ayakan dioven pada suhu 105 °C selama kurang lebih 24 jam. Kemudian setelah kering ditimbang.
9. Perhitungan untuk mendapatkan RBD (Rata-rata berat diameter) dilakukan

Setelah mendapatkan nilai indeks kemantapan agregat kemudian diinterpretasikan dengan kelas kemantapan agregat sebagai berikut :

Tabel 3. Interpretasi Perhitungan Ayakan Kering dan Ayakan Basah.  
(Afandi,2019).

No	Nilai	Harkat
1	>200	Sangat mantap sekali
2	80-200	Sangat mantap
3	61-80	Mantap
4	50-60	Agak mantap
5	40-50	Kurang mantap
6	<40	Tidak mantap

Setelah didapatkan nilai RDB dari pengayakan kering dan basah kemudian dihitung indeks kemantapan agregatnya dengan rumus:

$$\text{Indeks kemantapan agregat: } \frac{1}{RDB \text{ kering} - RDB \text{ basah}} \times 100\%$$

### 3.6.2 Variabel Pendukung

#### 1. Struktur Tanah

Pengamatan terhadap variabel struktur dilakukan dengan metode *visual soil assessment* yaitu mengamati persentase ukuran agregat yang sudah diayak kemudian disusun berturut-turut dari atas ke bawah dengan ayakan 8 mm, 4.75 mm, 2.8 mm, 2 mm, 0.1 mm. Metode ini dilakukan dengan pengamatan secara visual dengan mengambil sampel tanah yang dikering udarkan lalu dilakukan pengayakan pada ayakan 8 mm; 4,75 mm; 2,8 mm; 2 mm; 0,1 mm. Kemudian hasil ayakan disusun di atas kertas untuk diamati secara visual. Setelah didapatkan berbagai ukuran tanah dari berbagai susunan ayakan, maka dapat dikelaskan.

Metode *visual soil assessment* memungkinkan pengamatan terhadap bentuk, ukuran, dan distribusi secara visual (Afandi, 2019). Berikut merupakan kategori kondisi distribusi agregat tanah menurut *Sheperd* (2008):



Gambar 4. Kategori kondisi distribusi agregat tanah (Sheperd, 2008)

## 2. C-Organik

Penetapan kadar C-organik dapat dilakukan dengan metode *Walkey and Black*. Tanah dikering udarakan lalu ditimbang sebanyak 0,5 dan dimasukkan kedalam Erlenmeyer 250 ml lalu ditambahkan 5 ml (kalium bikromat)  $K_2Cr_2O_7$  dan 10 ml (asam sulfat pekat)  $H_2SO_4$  pekat sambil menggoyangkan erlenmeyer secara perlahan hingga homogen. Kemudian sampel diletakkan diruang asap hingga dingin yaitu sekitar 30 menit, lalu diencerkan dengan aquades sebanyak 100 ml. Selanjutnya larutan sampel ditambahkan 5 ml  $H_3PO_4$  85% ; 2,5 ml larutan NaF 4% ; dan 5 tetes indikator difenil amin. Sampel dititrasi dengan larutan amonium ferosulfat 0,5 N hingga warna larutan berubah dari coklat kehijauan menjadi biru keruh.

Tabel 4. Kriteria Penetapan C-Organik (Balai Penelitian Tanah, 2023)

Nilai C-Organik	Kriteria
<1	Sangat rendah
1-2	Rendah
2-3	Sedang
3-5	Tinggi
>5	Sangat Tinggi

Hasil titrasi yang diperoleh menjadi C-organik dengan rumus

$$\% \text{ C-organik} = \frac{\text{ml K}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 \times \left(1 - \frac{V_S}{V_B}\right)}{\text{Berat sampel tanah}} \times 0,3886\%$$

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

Keterangan :

Vb = ml titrasi blanko

Vs = ml titrasi sampel

### 3. Produksi tanaman jagung

Produksi tanaman jagung didapatkan dari data bobot biji pipilan perpetak perlakuan saat panen. Biji jagung yang telah dipipil ditimbang dan dioven untuk mendapatkan biji kering pipilan. Kemudian dikonversi ke satuan hektar untuk mendapatkan data produksi ton ha<sup>-1</sup>.

#### 3.7 Analisis Data dan Penyajian Hasil

Analisis data dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang diberikan. Data yang diperoleh dibandingkan dengan nilai atau kriteria yang ada kemudian dilakukan analisis ragam (ANARA) untuk mengetahui apakah terdapat perbedaan yang nyata antara tiap-tiap kelompok perlakuan akibat aplikasi residu *biochar* dan pemupukan N, P, dan K. Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan menggunakan uji *Bartlett*, lalu data diuji aditivitas dengan menggunakan uji *Tukey*. Jika asumsi terpenuhi, maka data dapat diolah dengan analisis ragam. Hasil rata-rata nilai tengah dari data yang diperoleh diuji dengan uji BNT taraf 5%.

## **V. SIMPULAN DAN SARAN**

### **5.1 Simpulan**

1. Pemberian residu bahan pembenah tanah *biochar* dan pupuk kandang sapi berpengaruh nyata terhadap kemantapan agregat tanah.
2. Aplikasi pemupukan N, P, dan K tidak berpengaruh nyata terhadap kemantapan agregat tanah.
3. Interaksi antara pemberian residu bahan pembenah tanah dan pemupukan N,P, dan K berpengaruh sangat nyata terhadap kemantapan agregat tanah.

### **5.2 Saran**

Penulis menyarankan agar dilakukan penelitian lanjutan dengan penambahan bahan pembenah tanah dan pemupukan N, P, dan K sehingga dapat melihat efek jangka panjang dari residu bahan pembenah tanah yang tertinggal didalam tanah terhadap sifat tanah dan kesuburan tanah.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agviolita, P., Yushardi, Y., dan Anggraeni, F.K.A. 2021. Pengaruh perbedaan *biochar* terhadap kemampuan menjaga retensi pada tanah. *Jurnal Fisika Unand*. 10(2): 267-273.
- Arifin, Z., Ma'shum, M., Susilowati, L.E., dan Bustan. 2022. Aplikasi *Biochar* dalam Mempengaruhi Aktivitas Mikrobia Tanah pada Tanaman Jagung yang Menerapkan Pola Pemupukan Terpadu. *Prosiding SAINTEK. NTB*: 23-24 November 2021. 207-217.
- Arthawidya, J., Sutrisno, E., dan Sumiyati, S. 2017. Analisis Komposisi Terbaik dari Variasi C/N Rasio Menggunakan Limbah Kulit Buah Pisang, Sayuran dan Kotoran Sapi dengan Parameter C-Organik, N-Total, Fosfor, Kalium dan C/N Rasio Menggunakan Metode Vermikomposting. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 6(3): 1-2.
- Aziz, S., Uzair, B., Ali, M. I., Anbreen, S., Umber, F., Khalid, M., and Tambuwala, M. M. 2023. Synthesis and characterization of nanobiochar from rice husk *biochar* for the removal of safranin and malachite green from water. *Environmental Research*, 238, 116909.
- Badan Pusat Statistika. 2023. Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas Jagung Menurut Provinsi (2022-2024).
- Berutu, R. K., Aziz, R., dan Hutapea, S. 2019. Pengaruh Pemberian Berbagai Sumber *Biochar* dan Berbagai Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Produksi jagung hitam (*Zea mays* L.). *Jurnal Ilmiah Pertanian (JIPERTA)*, 1(1), 16-25.
- Ceunfin, S., Neonbeni, E.Y., Nino, J., Agu, Y.P., Pareira, M.S., Seran, Metkono, J., dan Biamnasi, M.Y. 2020. Pengaruh *Biochar* dan Residunya serta Umur Defoliasi Daun Jagung terhadap Keuntungan Hasil Jagung dan Beberapa Jenis Kacang Tipe Tegak Secara Salome di Lahan Kering. *Savana Cendana*. 5(1): 9-14.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, W., dan Pratiwi, E. 2015. Pembenh Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9 (2), pp. 67-84
- Drané, M., Zbair, M., Hajjar-Garreau, S., Josien, L., Michelin, L., Bennici, S., and

- Limousy, L. 2023. Unveiling the potential of corn cob *biochar*: analysis of microstructure and composition with emphasis on interaction with NO<sub>2</sub>. *Materials*, 17(1), 159.
- Fitriatin, B.N., A. Yuniarti., T. Turmuktini., dan F. K. Ruswandi. 2014. The Effect of Phosphate Solubilizing Microbe Producing Growth Regulator on Soil Phosphate, Growth and Yield Of Maize An Fertilizer Efficiency On Ultisol. *Eurasian J. of soil. Sci.Indonesia*. 101-107.
- Habib, A. 2015. Analisis faktor–faktor yang mempengaruhi produksi jagung. *AGRIUM: Jurnal Ilmu Pertanian*, 18(1).
- Hafif, B., Sabiham, S., Anas, I., Sutandi, A., dan Suyamto, S. 2011. Polisakarida dan stabilitas agregat tanah masam yang diperlakukan dengan Brachiaria, Mikoriza, dan kompos jerami diperkaya kalium. *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*
- Hanifah, L., dan Listyarini, E. 2020. Kajian Kemantapan Agregat Tanah pada Berbagai Tutupan Lahan di Lereng Barat Gunung Arjuna. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*.7(2), 385-392.
- Herman, W., dan Resigia, E. 2021. Efek Residu *Biochar* Sekam dan Kompos Jerami Padi Sebagai Bahan Pembenah Tanah Pada Musim Tanam Kedua Terhadap Pertumbuhan Padi di Ultisol. *Jurnal Ilmiah Politeknik Pertanian Negeri Payakumbuh*, 20(2), 79-86.
- Hidayati, U. 2008. Pemanfaatan Arang Cangkang Kelapa Sawit Untuk Memperbaiki Sifat Fisik Tanah Yang Mendukung Pertumbuhan Tanaman Karet. *Jurnal Penelitian Karet* .26(2) : 166-175.
- Indrayati, L.S., dan S. Umar. 2011. Pengaruh pemupukan N, P dan K dan bahan organik terhadap pertumbuhan dan hasil kedelai di lahan sulfat masam bergambut. *Jurnal Agrista*. 15 (3) : 94-101.
- Isnawati, N. dan Listyarini, E. 2018. Hubungan antara kemantapan agregat dengan konduktifitas hidraulik jenuh tanah pada berbagai penggunaan lahan di Desa Tawangsari Kecamatan Pujon, Malang. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*.5(1): 785-791.
- Junedi, H. 2010. Perubahan Sifat Fisika Ultisol Akibat Konversi Hutan Menjadi Lahan Pertanian. *Hidrolitan*, 1(2), p. 1014.
- Khair, refki K., Utomo, M., Afandi, dan Banuwa, I. S. 2017. Pengaruh olah tanah dan pemupukan nitrogen jangka panjang terhadap bobot isi, produksi tanaman jagung (*zea mays* l.) Di lahan polinela Bandar lampung. *Jurnal Agroteknologi Tropika*, 5(3), 175–180.



- Kurnia, U.F., Agus., A. Adimihardja., A. dan Dairah. 2006. *Sifat Fisik Tanah dan Metode Analisisnya*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian.
- Lehmann, J., Gaunt, J., and Rondon, M., 2006. Bio-char sequestration in terrestrial ecosystems—a review. *Mitigation and adaptation strategies for global change*, 11, 403-427.
- Lehmann, Leifheit, and Rillig. 2017. Mycorrhizas and soil aggregation. In : Mycorrhizal mediation of soil Elsevier Inc.
- Lumbanraja, P., Tampubolon, B., Pandiangan, S., Naibaho, B., Tindaon, F., dan Sidbutar, R. C. 2023. Aplikasi Abu Boiler Dan Pupuk Kandang Sapi Terhadap Hasil Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Pada Tanah Ultisol Simalingkar. *Jurnal Agrium*, 20(1), 35-41.
- Nurhuda, M., Inti, M., Nurhidayat, E., Anggraini, D. J., Hidayat, N., Rokim, A. M., ... dan Maryani, Y. 2021. Kajian struktur tanah rizosfer tanaman kacang hijau dengan perlakuan pupuk kandang dan kascing. *Jurnal Pertanian Agros*, 23(1), 35-43.
- Nurida, L. N. 2014. Potensi Pemanfaatan *Biochar* Untuk Rehabilitas Lahan Kering Di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus Karakteristik dan Variasi Sumberdaya Lahan Pertanian*. 57-68 ISSN 1907-0799.
- Mautuka, Z. A., Maifa, A., dan Karbeka, M. 2022. Pemanfaatan *biochar* tongkol jagung guna perbaikan sifat kimia tanah lahan kering. *Jurnal Ilmiah Wahana Pendidikan*, 8(1), 201-208.
- Mapegau, M., Setyaji, H., Hayati, I., dan Ayuningtiyas, S. P. 2022. Efek residu *biochar* sekam padi dan pupuk kandang ayam terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung (*Zea mays* L.). *Biospecies*, 15(1), 49-55.
- Mindari, W., Sassongko, P.E., Khasanah, U., dan Pujiono. 2018. Rasionalisasi Peran *Biochar* dan Humat Terhadap Ciri Fisik-Kimia Tanah. *Jurnal Folium*.1(2): 34-42.
- 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 Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 10(2), 46-49.
- Oesman R., Zulfida I., Harahap R., dan Samah E. 2021. *Efisiensi Pemupukan Tanaman Jagung pada Tanah Ultisol untuk Meningkatkan Produksi dan Kapasitas Petani*. Perkumpulan Rumah Cemerlang Indonesia. Medan.

- Pasang, Y. H., Jayadi, M., dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan Unsur Hara Fospor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*. 8(2): 86-96.
- Pradana, O. C. P., Zaini, A. H., Wahyuni, A., Tianigut, G., Taisa, R., Septiana, S., dan Andini, S. N., 2024. Transfer teknologi pembenah tanah pada Gapoktan Sinar Harapan di Desa Krawangsari, Lampung Selatan, sebagai upaya perbaikan kesuburan tanah. *Jurnal Pengabdian Nasional*, 5(2), 108-115.
- Prasetyo, B.H dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-47.
- Puspita, V., Syakur, S., dan Darusman, D. 2021. Karakteristik *Biochar* sekam padi pada dua temperatur pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 6(4), 732-739.
- Ramadhani, W. S., Vernandes, D., Afandi, A., dan Bucharie, H. 2023. Pengaruh aplikasi kompos dan pupuk NPK terhadap kemantapan agregat tanah pada pertanaman jagung (*Zea Mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*, 11(4), 661-667.
- Rawat, J., Saxena, J., and Sanwal, P. 2019. *Biochar: a Sustainable Approach for Improving Plant Growth and Soil Properties. Biochar-an imperative amendment for soil and the environment*. 1-17.
- Rinaldi, A., Dermiyati, Taisa R., dan Afandi. 2019. Pengaruh Pemberian Kombinasi Pupuk Organonitrofos Dan Pupuk Kimia Dengan Penambahan *Biochar* Terhadap Kemantapan Agregat Tanah Ultisol Di Natar Dan Taman Bogo. *Jurnal Agrotek Tropika*, 7(1), 249-256.
- Saidy A.R., 2018. *Bahan organik tanah : klasifikasi, fungsi, dan metode studi*. Lambung Mangkurat University Press. Banjarmasin.
- Saputra, I., Lestari, dan Nugraha. 2018. Analisis Efisiensi Produksi Dan Perilaku Petani Dalam Menghadapi Risiko Pada Usahatani Jagung Di Kecamatan Natar Kabupaten Lampung Selatan. *Jurnal Ilmu-Ilmu Agribisnis*. 6 (2) :1-8.
- Sari, P. D., Puri, W. A., dan Hanum, D. 2018. Delignifikasi Bonggol Jagung Dengan Metode Microwave Alkali. *Agrika*, 12(2).
- Sarno, 2009. Pengaruh Kombinasi NPK dan Pupuk Kandang terhadap Sifat Tanah dan Pertumbuhan serta Produksi Tanaman Caisim. *J. Tanah Trop.*, Vol. 14, No. 3, 2009: 211-219

- Septiana, L. M., H. Indhira, Afandi, dan I.S. Banuwa. 2021. Efektivitas Bahan Pembena Tanah Terhadap Distribusi Agregat Di Lahan Kering Masam Pada Pertanaman Kedelai. *Jurnal Agrotropika*. 9 (2) : 251-259.
- Shalsabila, F., Prijono, S., dan Kusuma, Z. 2017. Pengaruh aplikasi *biochar* kulit kakao terhadap kemantapan agregat dan produksi tanaman jagung pada Ultisol Lampung Timur. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 4(1): 473-480.
- Siahaan D.C., 2016. Pengaruh berbagai jenis *biochar* terhadap retensi air, c organik, dan pertumbuhan tanaman jagung (*Zea mays* L.) di lahan kering. Skripsi. Universitas Brawijaya. 32 hlm.
- Sirait, R. F., Sarno, S., Afrianti, N. A., dan Niswati, A. 2020. Pengaruh aplikasi *biochar* dan pemupukan nitrogen terhadap ketersediaan NPK tanah pada pertanaman jagung manis (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotek Tropika*, 8(1), 37-46.
- Situmeang Y,P., 2020. *Biochar bambu : Perbaiki kualitas tanah dan hasil jagung*. Scopindo Media Pustaka. Surabaya.
- Sitorus, M. P., dan Tyasmoro, S. Y. 2019. Pengaruh pupuk NPK dan pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt). *Jurnal Produksi Tanaman*, 7(10), 1912-1919.
- Solekhah, B. A., Priyadarshini, R., dan Maroeto, M. 2024. Kajian pola distribusi tekstur terhadap bahan organik pada berbagai penggunaan lahan. *Agro Bali: Agricultural Journal*, 7(1), 256-265
- Subagyo, H., N. Suharta, dan A.B. Siswanto. 2004. Tanah-Tanah Pertanian di Indonesia. Dalam Sumber Daya Lahan Indonesia dan Pengelolannya. *Pusat Penelitian dan Pengembangan Tanah dan Agroklimat*. Bogor.
- Suleman, R., Kandowangko, N.Y., dan Abdul, A. 2019. Karakterisasi Morfologi dan Analisis Proksimat Jagung (*Zea mays* L.) Varietas Momala Gorontalo. *Jombura Edu Biosfer Journla*. 1(2): 72–81.
- Suharyatun, S., Waji., Haryanto, A., dan Anam K. 2021. Pengaruh Kombinasi *Biochar* Sekam Padi dan Pupuk Organik Berbasis Mikroba Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Sayuran. *Teknotan: Jurnal Industri Teknologi Pertanian*. 15(1): 21-26.
- Syaikhu, A. H. F., Hariyono, B., dan Suprayogo, D. 2016. Uji kemanfaatan *biochar* dan bahan pembena tanah untuk perbaikan beberapa sifat fisik tanah berpasir serta dampaknya terhadap pertumbuhan dan produksi tebu. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 3(2), 345–357.
- Tambunan, S., Siswanto, B., dan Handayanto, E. 2014. *Biochar Terhadap*

- Ketersediaan P Dalam Tanah Di Lahan Kering Malang Selatan. *Jurnal Tanah Dan Sumberdaya Lahan*, 1(1), 85–92.
- Tim Penulis Mitra Tani Farm. 2021. *Pupuk Kandang di Indonesia*. Penebar Swadaya. Depok.
- Totsche, K. U., Amelung, W., Gerzabek, M. H., Guggenberger, G., Klumpp, E., Knief, C., & Kögel-Knabner, I. (2018). Microaggregates in soils. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 181(1), 104-136.
- Utomo, B. S., Nuraini, Y., dan Widiyanto, W. 2015. Kajian kemantapan agregat tanah pada pemberian beberapa jenis bahan organik di perkebunan kopi robusta. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 2(1), 111-117.
- Wei and Jiangjun *et al.* 2020. “Physical Properties of Exhaust Soot from Dimethyl Carbonate/Diesel Blends: Characterizations and Impact on Soot Oxidation Behavior.” *Fuel* 279.
- Wijitkosum, S., and Jiwnok, P. 2019. Elemental composition of *biochar* obtained from agricultural waste for soil amendment and carbon sequestration. *Applied sciences*, 9(19), 3980.
- Yusworo, E. 2023. Pengaruh Pupuk Organik dan Pupuk Anorganik terhadap Pertumbuhan dan Hasil dari Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata*). *Jurnal Pertanian Agros*, 25(1), 770-778
- Zhang M., Cheng G., Feng H., Sun B., Zhao Y., Chen H., Chen J., Dyck M., Wang X., Zhang J., Zhang A. 2011): Effects of straw and *biochar* amendments on aggregate stability, soil organic carbon, and enzyme activities in the Loess Plateau, China. *Environmental Science and Pollution Research*, 24:
- Zulfarosda, R., Khan, dan Arifin, A. Z., 2021. Pengaruh pemberian pupuk kandang sapi terhadap pertumbuhan dan hasil tanaman jagung manis (*Zea mays L. Saccharata* Sturt.). *AGROSCRIPT: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 3(2), 113-120.
- Zurhalena, Z., dan Farni, Y. 2017. Efektivitas Campuran Kompos Pupuk Kandang Sapi dan *Biochar* terhadap Perbaikan Sifat Fisika Ultisol dan Hasil Kacang Tanah. *Prosiding Seminar Nasional dan Rapat Tahunan Dekan-BKS PTN Wilayah Barat Bidang Pertanian*.