

**KOMBINASI BAHAN AMELIORAN DAN DOSIS PEMUPUKAN  
N, P, DAN K TERHADAP KETERSEDIAAN FOSFOR TANAH,  
FOSFOR TERPANEN DAN PRODUKSI JAGUNG MANIS  
DI KEBUN PERCOBAAN BALAI PELATIHAN PERTANIAN  
LAMPUNG**

**(SKRIPSI)**

Oleh

Nur Hidayah  
2214181003



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

**KOMBINASI BAHAN AMELIORAN DAN DOSIS PEMUPUKAN  
N, P, DAN K TERHADAP KETERSEDIAAN FOSFOR TANAH,  
FOSFOR TERPANEN DAN PRODUKSI JAGUNG MANIS  
DI KEBUN PERCOBAAN BALAI PELATIHAN PERTANIAN  
LAMPUNG**

**Oleh**

**Nur Hidayah  
2214181003**

**Skripsi**

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

**Pada**

**Jurusan Ilmu Tanah  
Fakultas Pertanian Universitas Lampung**



**FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2026**

## ABSTRAK

### **KOMBINASI BAHAN AMELIORAN DAN DOSIS PEMUPUKAN N, P, DAN K TERHADAP KETERSEDIAAN FOSFOR TANAH, FOSFOR TERPANEN DAN PRODUKSI JAGUNG MANIS DI KEBUN PERCOBAAN BALAI PELATIHAN PERTANIAN LAMPUNG**

Oleh

**NUR HIDAYAH**

Fosfor berperan penting dalam metabolisme tanaman jagung manis, namun ketersediaannya sering terbatas akibat fiksasi oleh Al dan Fe. Penelitian ini bertujuan untuk mempelajari pengaruh kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi tanaman jagung manis. Penelitian dilaksanakan di lahan Balai Pelatihan Pertanian Lampung pada bulan September 2024–November 2025 dengan menggunakan Rancangan Acak Kelompok faktorial. Faktor pertama adalah kombinasi bahan amelioran: tanpa amelioran ( $B_0$ ), biochar sekam padi + pupuk kandang sapi ( $B_1$ ), dan pupuk kandang sapi + *bio-slurry* ( $B_2$ ). Faktor kedua adalah dosis pupuk N, P, K: tanpa pupuk ( $P_0$ ),  $\frac{1}{2}$  dosis rekomendasi ( $P_1$ ), 1 dosis rekomendasi ( $P_2$ ), dan dosis tepat ( $P_3$ ). Hasil penelitian menunjukkan bahwa kombinasi biochar sekam padi dan pupuk kandang sapi menghasilkan ketersediaan fosfor tertinggi pada fase vegetatif maksimum dan fase panen, serta produksi jagung manis tertinggi sebesar 18,59 ton ha<sup>-1</sup>. Pemupukan dosis tepat ( $P_3$ ) mampu mempertahankan ketersediaan fosfor tertinggi hingga fase panen dan menghasilkan produksi tertinggi sebesar 19,20 ton ha<sup>-1</sup>. Terdapat interaksi nyata antara bahan amelioran dan pemupukan terhadap serapan fosfor, dimana perlakuan  $B_1P_3$  menghasilkan fosfor terpanen tertinggi. Terdapat korelasi nyata antara C-organik dengan P-tersedia fase vegetatif maksimum ( $r = 0,595$ ), serta korelasi sangat nyata antara P-tersedia fase vegetatif maksimum dengan produksi jagung manis ( $r = 0,803$ ).

Kata Kunci: biochar sekam padi, pupuk kandang sapi, *bio-slurry*, fosfor tersedia, fosfor terpanen, jagung manis.

## ABSTRACT

### COMBINATION OF AMELIORANTS AND FERTILIZER DOSES OF N, P, AND K ON SOIL PHOSPHORUS AVAILABILITY, HARVESTED PHOSPHORUS AND SWEET CORN PRODUCTION IN THE EXPERIMENTAL GARDEN OF THE LAMPUNG AGRICULTURAL TRAINING CENTER

By

NUR HIDAYAH

Phosphorus plays a vital role in sweet corn metabolism; however, its availability is often limited due to fixation by Al and Fe. This study aims to examine the effects of ameliorant combinations and N, P, K fertilization doses on soil phosphorus availability, harvested phosphorus, and sweet corn production. The research was conducted at the Lampung Agricultural Training Center experimental field in September 2024 – November 2025 using a factorial Randomized Block Design. The first factor was ameliorant combination: no ameliorant (B<sub>0</sub>), rice husk biochar + cow manure (B<sub>1</sub>), and cow manure + *bio-slurry* (B<sub>2</sub>). The second factor was N, P, K fertilizer dose: no fertilizer (P<sub>0</sub>), ½ recommended dose (P<sub>1</sub>), 1 recommended dose (P<sub>2</sub>), and precise dose (P<sub>3</sub>). Results showed that the combination of rice husk biochar and cow manure produced the highest phosphorus availability at maximum vegetative phase and harvest phase, as well as the highest sweet corn yield of 18,59 ton ha<sup>-1</sup>. Precise fertilization maintained the highest phosphorus availability until harvest phase and produce the highest sweet corn yield of 18,59 ton ha<sup>-1</sup>. A significant interaction between ameliorant and fertilization was found for harvested phosphorus, where treatment B<sub>1</sub>P<sub>3</sub> produced the highest. A significant correlation was found between organic-C and available-P at maximum vegetative phase ( $r = 0.595$ ), and a highly significant correlation between available-P at maximum vegetative phase and sweet corn production ( $r = 0.803$ ).

Keywords: rice husk biochar, cow manure, *bio-slurry*, available phosphorus, harvested phosphorus, sweet corn.

**Judul Skripsi** : **KOMBINASI BAHAN AMELIORAN DAN DOSIS PEMUPUKAN N, P, DAN K TERHADAP KETERSEDIAAN FOSFOR TANAH, FOSFOR TERPANEN DAN PRODUKSI JAGUNG MANIS DI KEBUN PERCOBAAN BALAI PELATIHAN PERTANIAN LAMPUNG**

**Nama** : **Nur Hidayah**

**NPM** : **2214181003**

**Jurusan** : **Ilmu Tanah**

**Fakultas** : **Pertanian**

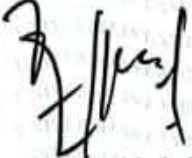


**1. Komisi Pembimbing**


**Pembimbing pertama**

**Pembimbing kedua**

  
**Nur Afni Afrianti, S.P., M. Sc.**  
**NIP 198404012012122002**

  
**Septi Nurul Aini, S.P., M.Si.**  
**NIP 199202022019032021**

**2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah**

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

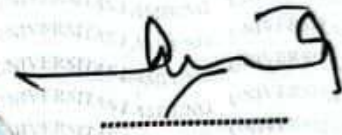
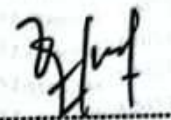
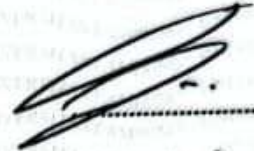
**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

**Ketua : Nur Afni Afrianti, S.P., M. Sc.**

**Sekretaris : Septi Nurul Aini, S.P., M. Si.**

**Penguji : Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



**Dekan: Kuswanta Futas Hidayat, M.P.**

**0641181989021002**

**Tanggal Lulus Ujian Skripsi : 23 April 2026**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Kombinasi Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Ketersediaan Fosfor Tanah, Fosfor Terpanen dan Produksi Jagung Manis di Kebun Percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung”** merupakan hasil karya saya sendiri bukan hasil karya orang lain. Penelitian ini merupakan bagian dari project yang dilaksanakan saat mengikuti program magang MBKM di Balai Pelatihan Pertanian Lampung dengan sumber dana program MBKM Universitas Lampung 2024. Dosen-dosen yang terlibat dalam penelitian ini adalah Dedy Prasetyo, S.P., M.Si. ; Dr. Supriatin, S.P., M.Sc. ; Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc. ; Septi Nurul Aini, S.P., M.Si. ; Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si. dan Winih Sekaringtyas Ramadhani, S.P., M.P.

Adapun bagian-bagian tertentu dalam penulisan skripsi ini saya kutip dari hasil karya orang lain dan telah saya tuliskan sumbernya secara jelas sesuai kaidah, norma dan etika penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Jika di kemudian hari terbukti skripsi ini merupakan hasil salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi sesuai dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 23 April 2026

Penulis,



**Nur Hidayah**

**NPM 2214181003**

## RIWAYAT HIDUP



**Nur Hidayah** adalah nama penulis Skripsi ini. Penulis dilahirkan di Bandar Lampung pada tanggal 18 Juli 2004 sebagai anak keempat dari 4 bersaudara dari pasangan Bapak Samsir dan Ibu Mur. Penulis mulai menempuh pendidikan formal di SD Negeri 2 Talang pada tahun 2012-2016, kemudian melanjutkan pendidikan di SMP Negeri 1 Bandar Lampung pada tahun 2016-2019, dan selanjutnya melanjutkan pendidikan di SMA Negeri 8 Bandar Lampung pada tahun 2019-2022.

Penulis diterima sebagai mahasiswa baru dan terdaftar di Jurusan Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung pada tahun 2022 melalui jalur masuk Seleksi Nasional Masuk Perguruan Tinggi Negeri (SNMPTN). Pada bulan Agustus-Desember 2024 penulis melaksanakan Magang pada Program Merdeka Belajar Kampus Merdeka (MBKM) di Balai Pelatihan Pertanian (Bapeltan) Lampung. Kemudian pada bulan Januari-Februari 2025 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kampung Merbau Mataram, Kecamatan Merbau Mataram, Kabupaten Lampung Selatan.

## **MOTTO**

"Kesuksesan bukanlah akhir, kegagalan bukanlah kehancuran, yang terpenting adalah keberanian untuk terus melanjutkan"

**(Winston Churchill)**

"Orang yang luar biasa adalah mereka yang tetap bekerja keras bahkan ketika tidak ada yang melihat"

**(Robin Sharma)**

"Hal-hal terbaik dalam hidup tidak datang dengan mudah, tetapi datang kepada mereka yang tidak pernah berhenti berusaha"

**(Harriet Beecher Stowe)**

## SANWACANA

Puji dan syukur kehadiran Allah SWT yang telah melimpahkan rahmat serta hidayahnya sehingga penulis dapat menyelesaikan skripsi ini dengan judul **“Kombinasi Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Ketersediaan Fosfor Tanah, Fosfor Terpanen dan Produksi Jagung Manis di Kebun Percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung”** sebagai salah satu syarat untuk mendapatkan gelar Sarjana Pertanian. Sholawat serta salam penulis haturkan kepada Nabi Muhammad SAW, yang senantiasa kita harapkan syafaat beliau di hari kiamat kelak. Penyusunan skripsi ini dapat diselesaikan dengan baik berkat bimbingan dan pengarahan dari dosen pembimbing, serta dukungan materil maupun moril dari keluarga dan kerabat. Sehubungan dengan hal tersebut, penulis mengucapkan terima kasih yang sebesar-besarnya kepada pihak-pihak yang telah membantu dalam penyelesaian skripsi ini, antara lain :

1. Allah SWT atas segala rahmat dan karunia-Nya yang sangat berlimpah tak terhingga, serta Nabi Muhammad SAW sebagai panutan dan inspirasi dalam menjalani kehidupan.
2. Bapak Dr. Ir. Kuswanta Futas Hidayat, M.P. selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
3. Ir. Hery Novpriansyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung dan dosen pembahas yang telah memberikan arahan serta saran sehingga skripsi ini dapat tersusun menjadi lebih baik.
4. Ibu Nur Afni Afrianti, S.P., M. Sc. selaku dosen pembimbing utama yang telah meluangkan waktu dan tenaga untuk memberikan bimbingan, bantuan, memotivasi sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini.
5. Ibu Septi Nurul Aini, S.P., M.Si. selaku dosen pembimbing kedua yang telah memberikan arahan, motivasi, kritik dan saran yang membangun semangat sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini.

6. Bapak, Ibu dosen dan Staf Fakultas Pertanian terutama Jurusan Ilmu Tanah yang telah memberikan ilmu yang bermanfaat bagi penulis.
7. Kedua orang tua terkasih yang telah mengasahi, mendidik, dan membimbing penulis dengan penuh kesabaran dan keikhlasan. Terima kasih atas setiap pengorbanan, do'a yang tidak pernah putus, dan dukungan yang menjadi kekuatan terbesar bagi penulis dalam menyelesaikan studi. Kalian berdua adalah guru kehidupan terbaik yang telah menanamkan nilai-nilai mulia dan memberikan bekal yang sangat berharga untuk masa depan penulis. Semoga Allah SWT senantiasa melimpahkan keberkahan, kesehatan, dan membalas seluruh kebaikan Bapak dan Ibu dengan surga-Nya yang penuh kenikmatan.
8. Ketiga kakak penulis, Feni, Dwi, dan Tri, yang telah memberikan dukungan penuh baik materil maupun moril. Terima kasih telah menjadi tempat berkeluh kesah, memberikan arahan dan motivasi selama penulis menyelesaikan penulisan skripsi. Terima kasih atas segala bantuan, do'a, dan semangat yang diberikan. Semoga Allah SWT membalas kebaikan kalian dengan pahala yang berlimpah.
9. Teman-teman “Surga Dunia” Danti, Deffa, Nagita, dan Rizka yang telah memberikan semangat dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
10. Teman seperjuangan penelitian (YKKA), Fesya, Kamil, Ridho dan Royhan yang telah bekerja sama dalam penelitian dan selalu kompak sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini
11. Teman-teman SMA “PKWU Tsay” Dini, Midya, Tasha, dan Putri yang telah memberikan semangat dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
12. Teman-teman Chika, Dinda, Gita, dan Syafa yang telah memberikan semangat dan memotivasi penulis untuk menyelesaikan penulisan skripsi ini.
13. Teman seperjuangan penelitian di lapang (Tim MBKM), yang telah bekerja sama dalam penelitian dan selalu kompak sehingga penulis bisa menyelesaikan penulisan skripsi ini.
14. Teman-teman seperjuangan Jurusan Ilmu Tanah angkatan 2022 dan semua pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini.

Akhir kata, penulis berdoa semoga semua kebaikan pihak yang terlibat dalam penulisan skripsi ini menjadi amal ibadah. Penulis menyadari bahwa skripsi ini masih banyak kekurangan dan masih jauh dari kata sempurna, sehingga penulis dengan senang hati menerima kritik, saran dan masukan yang sifatnya membangun. Penulis berharap skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis sendiri maupun pembaca. Terima kasih.

Bandar Lampung, 23 April 2026  
Penulis,



Nur Hidayah

NPM 2214181003

## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL</b> .....	<b>v</b>
<b>DAFTAR GAMBAR</b> .....	<b>vii</b>
<b>I. PENDAHULUAN</b> .....	<b>2</b>
1.1 Latar Belakang .....	2
1.2 Rumusan Masalah .....	4
1.3 Tujuan .....	5
1.4 Kerangka Pemikiran .....	5
1.5 Hipotesis.....	11
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA</b> .....	<b>12</b>
2.1 Lahan Kering Masam .....	12
2.2 Unsur Hara Fosfor .....	13
2.3 Bahan Amelioran.....	14
2.3.1. <i>Biochar</i> .....	15
2.3.2. Pupuk Kandang .....	16
2.3.3. <i>Bio-Slurry</i> .....	17
2.4 Pengaruh Bahan Amelioran terhadap Ketersediaan Fosfor.....	18
2.5 Pemupukan NPK .....	20
2.6 Jagung manis ( <i>Zea mays saccharata</i> Sturt.).....	21

<b>III METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>23</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	23
3.2 Alat dan Bahan .....	23
3.3 Metode .....	23
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	25
3.4.1. Penyiapan Lahan .....	25
3.4.2. Pembuatan Petak Percobaan .....	25
3.4.3. Aplikasi Amelioran .....	26
3.4.4. Penanaman .....	26
3.4.5. Pemupukan NPK .....	26
3.4.6. Pemeliharaan Tanaman .....	27
3.4.7 Panen .....	27
3.4.8 Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman .....	28
3.5. Variabel Pengamatan .....	28
3.5.1 P Tersedia .....	29
3.5.2 Fosfor Terpanen .....	29
3.5.3. Produksi Jagung Manis .....	30
3.5.4 pH tanah .....	30
3.5.5 C-organik .....	30
3.6. Analisis Data .....	31
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>32</b>
4.1 Karakteristik Tanah Awal .....	32
4.2 Analisis Tanah Fase Vegetatif Maksimum dan Fase Panen.....	34

4.3. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Variabel Pengamatan .....	40
4.3.1. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Ketersediaan Fosfor di dalam Tanah.....	41
4.3.2. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Fosfor Terpanen pada Tanaman Jagung Manis .....	44
4.3.3. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap Produksi Tanaman Jagung Manis .....	49
4.3.4. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O .....	51
4.3.5. Pengaruh Perlakuan Bahan Amelioran dan Dosis Pemupukan N, P, dan K terhadap C-Organik .....	57
4.4. Hubungan antara P-tersedia, P-terpanen dan Produksi dengan sifat-sifat tanah .....	62
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>66</b>
5.1. Simpulan.....	66
5.2. Saran .....	67
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>68</b>
<b>LAMPIRAN.....</b>	<b>76</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Perlakuan bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung .....	24
2. Kombinasi perlakuan bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung .....	24
3. Dosis pupuk N, P, K pada petak perlakuan .....	27
4. Variabel pengamatan .....	28
5. Analisis tanah awal sebelum perlakuan pemberian bahan amelioran dan dosis pemupukan N,P, dan K. ....	32
6. Analisis tanah fase vegetatif maksimum dan fase panen setelah perlakuan.....	35
7. Hasil Analisis Ragam Variabel Utama dan Pendukung .....	40
8. Pengaruh bahan amelioran dan pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan P di dalam tanah pada fase vegetatif maksimum dan panen	41
9. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap P-terpanen.....	44
10. Pengaruh bahan amelioran dan pemupukan N, P, dan K terhadap fosfor terpanen pada tanaman jagung manis pada fase vegetatif maksimum.....	45
11. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap produksi tanaman jagung manis. ....	49
12. Pengaruh bahan amelioran dan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum.....	51
13. Pengaruh bahan amelioran dan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O pada fase panen.....	54

14. Pengaruh bahan amelioran dan pemupukan N, P, dan K terhadap kandungan C-organik pada fase vegetatif maksimum .....	57
15. Pengaruh bahan amelioran terhadap kandungan C-organik pada fase panen.....	61
16. Hubungan antara P-tersedia dan P-terpanen dengan sifat-sifat tanah.....	62
17. Hubungan antara produksi jagung manis dengan sifat-sifat tanah.....	64
18. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O , C-organik di dalam tanah pada fase vegetatif maksimum.....	77
19. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O , C-organik di dalam tanah pada fase panen.....	77
20. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase vegetatif maksimum.....	79
21. Uji Homogenitas ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase vegetatif maksimum.....	78
22. Analisis Ragam ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase vegetatif maksimum.....	79
23. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase panen .....	80
24. Uji Homogenitas ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase panen.....	80
25. Analisis Ragam ketersediaan fosfor di dalam tanah pada fase panen.....	80
26. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap fosfor terpanen pada fase vegetatif maksimum, Data di dalam kurung adalah data transformasi $\sqrt{\quad}$ .....	81
27. Uji Homogenitas fosfor terpanen pada fase vegetatif maksimum .....	81
28. Analisis Ragam fosfor terpanen pada fase vegetatif maksimum .....	82
29. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum. ....	82
30. Uji Homogenitas pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum.....	83
31. Analisis Ragam pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum.....	83
32. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap pH H <sub>2</sub> O pada fase panen .....	84

33. Uji Homogenitas pH H <sub>2</sub> O pada fase panen.....	84
34. Analisis Ragam pH H <sub>2</sub> O pada fase panen.....	85
35. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	85
36. Uji Homogenitas C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	86
37. Analisis Ragam C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	86
38. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap C-organik pada fase panen, Data di dalam kurung adalah data transformasi $\sqrt{\quad}$ .....	87
39. Uji Homogenitas C-organik pada fase panen.....	87
40. Analisis Ragam C-organik pada fase panen.....	88
41. Pengaruh kombinasi bahan amelioran dengan pemupukan N, P, dan K terhadap produksi tanaman jagung manis.....	88
42. Uji Homogenitas produksi tanaman jagung manis.....	89
43. Analisis Ragam produksi tanaman jagung manis.....	89
44. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum.....	90
45. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	91
46. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan pH H <sub>2</sub> O pada fase panen.....	99
47. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan C-organik pada fase panen.....	92
48. Perhitungan uji korelasi antara fosfor terpanen dengan pH H <sub>2</sub> O.....	93
49. Perhitungan uji korelasi antara fosfor terpanen dengan C-organik.....	95
50. Perhitungan uji korelasi antara pH <sub>2</sub> O dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	96
51. Perhitungan uji korelasi antara pH <sub>2</sub> O dengan C-organik pada fase panen.....	95
52. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan P-terpanen.....	98

53. Perhitungan uji korelasi antara pH vegetatif maksimum dengan produksi jagung manis .....	96
54. Perhitungan uji korelasi antara pH panen dengan produksi jagung manis .....	100
55. Perhitungan uji korelasi antara C-organik dengan produksi jagung manis pada fase vegetatif maksimum .....	101
56. Perhitungan uji korelasi antara C-organik dengan produksi jagung manis pada fase panen.....	102
57. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan produksi jagung manis pada fase vegetatif maksimum .....	103
58. Perhitungan uji korelasi antara P-tersedia dengan produksi jagung manis pada fase panen.....	104
59. Perhitungan uji korelasi antara P-terpanen dengan produksi jagung manis .....	105
60. Kriteria penelitian hasil analisis tanah menurut Eviati dkk. 2023 .....	108

## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kerangka pemikiran kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung. ..	10
2. Tata letak petak percobaan kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung.....	25
3. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan pH H <sub>2</sub> O pada fase vegetatif maksimum.....	90
4. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	91
5. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan pH H <sub>2</sub> O pada fase panen.....	92
6. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan C-organik pada fase panen.....	93
7. Grafik korelasi antara P-terpanen dengan pH H <sub>2</sub> O.....	94
8. Grafik korelasi antara P-terpanen dengan C-organik.....	95
9. Grafik korelasi antara pH <sub>2</sub> O dengan C-organik pada fase vegetatif maksimum.....	96
10. Grafik korelasi antara pH <sub>2</sub> O dengan C-organik pada panen .....	97
11. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan P-terpanen .....	98
12. Grafik korelasi antara pH vegetatif maksimum dengan produksi tanaman jagung manis.....	99
13. Grafik korelasi antara pH panen dengan produksi tanaman jagung manis .....	100
14. Grafik korelasi antara C-organik dengan produksi tanaman jagung manis .....	101

15. Grafik korelasi antara C-organik pada fase panen dengan produksi jagung manis .....	104
16. Grafik korelasi antara P-tersedia dengan produksi tanaman jagung manis .....	103
17. Grafik korelasi antara P-tersedia pada fase panen dengan produksi jagung manis .....	104
18. Grafik korelasi antara P-terpanen dengan produksi jagung manis.....	105
19. Pengolahan tanah dan aplikasi pupuk organik .....	105
20. Penanaman, penyiraman tanaman dan pemupukan anorganik .....	105
21. Pengambilan sampel tanah, pencacahan tanaman jagung manis, dan pengeringan sampel tanaman.....	105
22. Proses analisis variabel pendukung.....	105
23. Proses analisis P-tersedia .....	105
24. Proses analisis fosfor terpanen.....	105

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Pertanian menjadi salah satu sektor penting dalam perekonomian di Indonesia contohnya seperti jagung manis. Jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt) dibudidayakan oleh petani karena mengandung karbohidrat, protein dan vitamin yang tinggi serta kandungan lemak yang rendah. Selain itu, jagung manis banyak dikonsumsi masyarakat Indonesia karena rasanya yang manis akibat kandungan gula yang lebih tinggi dibandingkan jagung biasa. Produktivitas jagung manis di Indonesia rata-rata mencapai 8,31 ton ha<sup>-1</sup>, sementara potensi produktivitas jagung manis mampu mencapai 14-18 ton ha<sup>-1</sup> (Rizqullah dkk., 2017). Produktivitas rata-rata jagung manis di Indonesia masih relatif rendah dibandingkan dengan potensi hasil yang seharusnya dapat dicapai.

Rendahnya produktivitas jagung manis disebabkan oleh jenis tanah seperti tanah kering masam yang memiliki ketersediaan fosfor yang rendah. Tanah kering masam memiliki ketersediaan unsur hara Al, Fe dan Mn tinggi yang bersifat toksik bagi tanaman dan dapat menghambat pertumbuhan akar serta penyerapan hara. Selain itu, pada tanah ini memiliki karakteristik seperti pH masam, kandungan C-organik yang rendah, KTK yang rendah serta kejenuhan basa yang rendah (Kasno, 2019). Berdasarkan karakteristik tanah tersebut ketersediaan hara fosfor bagi tanaman akan menjadi rendah sehingga produksinya tidak optimal (Ratmini dan Maryana, 2021). Kondisi ini menjadi kendala serius dalam budidaya jagung manis karena fosfor merupakan unsur hara esensial yang berperan penting dalam proses metabolisme tanaman.

Fosfor pada umumnya diserap oleh tanaman dalam bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Fosfor pada tanah masam akan mengalami proses transformasi menjadi bentuk Al-P dan Fe-P. Bentuk-bentuk tersebut relatif tidak larut dan akan terjerap di dalam tanah sehingga ketersediaan hara fosfor dalam tanah masam relatif rendah (Habi dkk., 2018). Kondisi ini sangat memengaruhi fase vegetatif maksimum dimana fosfor dibutuhkan dalam jumlah besar untuk mendukung proses pembelahan sel, pembentukan sistem perakaran yang kuat, dan akumulasi biomassa. Ketersediaan fosfor yang optimal pada fase ini akan meningkatkan serapan fosfor oleh tanaman, yang tercermin dari kandungan P-terpanen yang lebih tinggi. Fosfor yang terserap secara maksimal akan mendukung pertumbuhan vegetatif yang optimal, ditandai dengan perkembangan batang yang kokoh dan daun yang luas. Batang yang kuat dengan diameter lebih besar memiliki kapasitas transportasi fotosintat yang lebih baik, sementara daun yang berkembang optimal meningkatkan laju fotosintesis dan produksi asimilat. Distribusi fotosintat yang efisien dari sumber (daun) ke sink (buah) akan menghasilkan buah yang lebih besar dan berkualitas. Hal ini sejalan dengan penelitian Hariadi dkk. (2023) bahwa tanaman dengan batang berdiameter lebih besar mampu menghasilkan buah 20-30% lebih berat dibandingkan batang yang kurus. Hal ini menunjukkan pentingnya serapan fosfor yang optimal pada fase vegetatif untuk produktivitas akhir. Oleh karena itu, peningkatan ketersediaan dan serapan fosfor dapat dilakukan melalui penambahan bahan amelioran yang mampu mereduksi fiksasi fosfor dan meningkatkan kandungan P-terpanen tanaman.

Bahan amelioran digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi. Bahan amelioran ini membantu memperbaiki ketersediaan hara di dalam tanah terutama fosfor. Beberapa bahan amelioran dapat berupa *biochar*, pupuk kandang dan *bio-slurry*. *Biochar* sekam padi mampu meningkatkan pH tanah, KTK tanah, mengurangi kelarutan Al dan Fe sehingga mampu mengubah bentuk fosfor terikat menjadi bentuk yang lebih mudah diserap tanaman (Masulili dkk., 2010). Selain itu, aplikasi *biochar* sekam padi juga membantu memperbaiki kondisi biologis tanah karena menjadi habitat bagi mikroba pelarut fosfat yang membantu melepas fosfor dari bahan organik sehingga penyerapan fosfor pada tanaman menjadi meningkat. Pupuk kandang

sapi juga berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfor (P) bagi tanaman melalui proses mineralisasi. Proses ini memanfaatkan mikroorganisme untuk mengubah fosfor organik menjadi bentuk anorganik yang dapat diserap tanaman. Humus dalam pupuk kandang berperan sebagai koloid organik yang membantu meningkatkan ketersediaan fosfor dengan mengikat ion  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  (Lisdianti dkk., 2018). Hal ini akan mencegah terjadinya pengendapan fosfor dan mempertahankannya dalam bentuk tersedia sehingga serapan fosfor akan meningkat. Sementara itu, *bio-slurry* ialah bahan amelioran cair yang memiliki kandungan unsur hara terlarut yang tinggi (Novira dkk., 2015). Tingginya unsur hara terlarut dalam *bio-slurry* dapat memengaruhi metabolisme tanaman dalam proses pembungaan terutama pada tanaman jagung manis. Fosfor berperan dalam menyediakan energi yang dibutuhkan tanaman untuk membentuk bunga dan tongkol. Unsur ini juga membantu pembelahan sel pada bagian bunga, sehingga proses pembungaan berlangsung lebih cepat dan optimal.

Selain memanfaatkan amelioran, untuk mengatasi ketersediaan hara P yang rendah dapat dilakukan dengan pemupukan. Pemupukan menjadi faktor penting dalam budidaya tanaman yang bertujuan untuk menambahkan hara ke dalam tanah agar diperoleh keseimbangan hara bagi tanaman. Pemupukan yang umumnya dilakukan ialah pemupukan NPK. Pupuk NPK mengandung tiga unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Pemberian pupuk harus dilakukan secara tepat agar kebutuhan hara tanaman dapat terpenuhi sehingga tanaman dapat tumbuh secara optimal. Pemupukan NPK meningkatkan kandungan P-tersedia di dalam tanah dengan menekan fiksasi Al dan Fe (Muyassir dan Manfarizah, 2012). Hal ini terjadi karena pemupukan NPK akan meningkatkan pertumbuhan sistem perakaran yang lebih baik, dimana akar yang sehat akan mengeluarkan lebih banyak eksudat organik seperti asam-asam organik (sitrat, malat, oksalat) yang dapat mengkhelat  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  di rhizosfer, sehingga mengurangi kemampuan keduanya untuk mengikat P dan membebaskan P yang sebelumnya terikat menjadi tersedia bagi tanaman. Dengan meningkatnya ketersediaan P maka fosfor yang terpanen akan meningkat sehingga pertumbuhan dan produksi tanaman juga meningkat (Putriani dkk., 2022).

Namun, penggunaan pupuk anorganik secara berlebihan juga dapat menyebabkan penurunan kualitas tanah. Oleh karena itu, diperlukan kombinasi bahan amelioran (*biochar*, pupuk kandang dan *bio-slurry*) dengan pemupukan anorganik untuk mengurangi efek negatif pupuk anorganik sekaligus meningkatkan kesuburan tanah. Kombinasi *biochar* dan pupuk kandang dengan pupuk anorganik memberikan efek sinergis dimana *biochar* berfungsi sebagai media penyimpan hara dari pupuk anorganik dan mengurangi pencucian hara, sementara pupuk kandang menyediakan bahan organik yang memperbaiki struktur tanah dan mengurangi fiksasi fosfor melalui pembentukan humus yang mengikat Al dan Fe (Fikdalillah dkk., 2016). Kombinasi pupuk kandang dan *bio-slurry* dengan pupuk anorganik memberikan keuntungan dalam meningkatkan ketersediaan fosfor bagi tanaman. *Bio-slurry* yang diaplikasikan melalui daun menyediakan fosfor terlarut yang dapat langsung diserap oleh jaringan daun dan ditranslokasikan ke seluruh bagian tanaman, termasuk organ reproduktif, sehingga memberikan respons cepat dan mengurangi ketergantungan pada dosis tinggi pupuk anorganik. Sementara itu, pupuk kandang yang diaplikasikan ke tanah berperan memperbaiki struktur tanah dengan meningkatkan kandungan bahan organik, yang berfungsi meningkatkan kapasitas tanah menahan hara dan mengurangi pencucian fosfor ke lapisan lebih dalam. Bahan organik dari pupuk kandang juga membentuk kompleks dengan Al dan Fe sehingga mengurangi fiksasi fosfor di dalam tanah (Edy dkk., 2021; Singgih dan Yusmiati, 2018). Kombinasi ketiga bahan amelioran dengan pupuk anorganik membantu pelepasan hara secara bertahap dan berkelanjutan, sehingga memungkinkan pengurangan penggunaan dosis pupuk anorganik tanpa mengurangi produktivitas tanaman.

## **1.2 Rumusan Masalah**

1. Apakah pemberian berbagai jenis bahan amelioran berpengaruh terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung?

2. Apakah pemberian berbagai dosis pupuk N, P, dan K berpengaruh terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung?
4. Apakah terdapat korelasi antara P-tersedia, P-terpanen dan Produksi jagung manis dengan C-organik dan pH tanah akibat pemberian bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung?

### **1.3 Tujuan**

1. Mempelajari pengaruh pemberian berbagai jenis bahan amelioran terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.
2. Mempelajari pengaruh pemberian berbagai dosis pupuk N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung
3. Mempelajari interaksi antara kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung
4. Mengetahui korelasi antara P-tersedia, P-terpanen dan Produksi jagung manis dengan C-organik dan pH tanah akibat pemberian bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung

### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Rendahnya ketersediaan fosfor (P) pada tanah kering masam menjadi salah satu kendala utama dalam budidaya jagung manis di provinsi Lampung. Menurut Sukarman (2013), luas tanah kering masam di provinsi Lampung mencapai

1.232.930 Ha yaitu 34,85% dari total luas wilayah provinsi Lampung. Tanah kering masam memiliki pH yang rendah yaitu kurang dari  $< 5,5$  yang menyebabkan kelarutan Al dan Fe menjadi tinggi. Tingginya Al dan Fe menyebabkan fosfor terikat kuat sehingga membentuk senyawa Al-fosfat ( $\text{AlPO}_4$ ) dan Fe-fosfat ( $\text{FePO}_4$ ) yang tidak tersedia bagi tanaman (Kasno, 2019). Selain itu, kandungan bahan organik yang rendah pada tanah kering masam akan menghambat aktivitas bakteri pelarut fosfat. Hal ini akan memengaruhi proses mineralisasi fosfor organik menjadi bentuk anorganik yaitu  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan  $\text{HPO}_4^{2-}$  yang dapat diserap tanaman. Akibatnya, tanaman mengalami defisiensi fosfor yang ditandai dengan pertumbuhan yang terhambat, daun berwarna keunguan, dan produktivitas yang menurun.

Permasalahan tersebut dapat diatasi dengan pengaplikasian bahan amelioran yang mampu membantu memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah kering masam. Salah satu bahan amelioran yang digunakan ialah *biochar* sekam padi. *Biochar* merupakan bahan padat yang tinggi akan karbon akibat pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) yang dapat meningkatkan kandungan C-organik, pH tanah, dan kapasitas tukar kation (KTK). *Biochar* memiliki kemampuan dalam mereduksi aktivitas senyawa Fe dan Al yang berpengaruh terhadap peningkatan P-tersedia (Putriani dkk., 2022). Menurut De Luca dkk (2009), *biochar* memiliki permukaan hidrofobik yang dapat menjerap molekul organik seperti ion  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$ . Selain itu, sifat *biochar* yang dapat meningkatkan pH tanah juga berkontribusi pada peningkatan kelarutan fosfor, dimana pada pH yang lebih tinggi ikatan Fe-P dan Al-P menjadi lebih lemah dan fosfor menjadi lebih mudah diserap akar tanaman. Penggunaan *biochar* sekam padi dibutuhkan dalam jumlah yang besar ( $5\text{-}15 \text{ ton ha}^{-1}$ ) untuk efek optimal (Dewi dkk., 2024). Hal ini sesuai dengan penelitian Leatemia ddk, (2021) yang menunjukkan bahwa pemberian *biochar* sekam padi dengan dosis  $5 \text{ ton ha}^{-1}$  dapat meningkatkan P tersedia sebesar 89,56%, yaitu dari 1,67 ppm menjadi 16 ppm.

Selain *biochar* sekam padi, pupuk kandang dapat memperbaiki sifat kimia tanah baik secara langsung maupun tidak langsung seperti meningkatkan kapasitas tukar kation tanah dan suplai hara di dalam tanah termasuk hara fosfor. Pupuk kandang

yang terdekomposisi akan menghasilkan humus yang berperan sebagai koloid organik. Humus akan menurunkan penyerapan P oleh Al dan Fe karena kedua unsur ini akan terjerap oleh koloid tanah sehingga P menjadi tersedia (Fikdalillah dkk., 2016). Pada proses ini fosfor yang sebelumnya terjerap menjadi bebas dan dapat diserap tanaman. Selain itu, pupuk kandang juga menyediakan suplai fosfor organik yang akan dimineralisasi secara bertahap oleh mikroorganismenya sehingga menyediakan fosfor secara berkelanjutan bagi tanaman. Menurut Fikdalillah dkk. (2016), pemberian pupuk kandang sapi memberikan pengaruh sangat nyata terhadap P-Total dan P-Tersedia yang disebabkan oleh peningkatan pH tanah dan KTK tanah. Namun, pupuk kandang sapi memiliki kandungan fosfor yang relatif rendah dan bervariasi bergantung terhadap jenis pakan dan proses pengomposan. *Bio-slurry* juga merupakan bahan amelioran yang dapat membantu memperbaiki kesuburan tanah. *Bio-slurry* ialah pupuk organik cair hasil fermentasi kotoran ternak dalam reaktor biogas. Pada proses fermentasi senyawa organik kompleks akan diubah menjadi bentuk yang lebih sederhana. Sehingga unsur hara terlarut yang terkandung di dalam *bio-slurry* akan diserap langsung melalui stomata (Dewayani dkk., 2018). Namun, *bio-slurry* memiliki kandungan hara yang bervariasi dimana kadar P yang relatif rendah jika dibandingkan dengan pupuk anorganik.

*Biochar* sekam padi, pupuk kandang sapi, dan *bio-slurry* memiliki kelebihan dan kekurangan masing-masing yang memengaruhi efektivitasnya sebagai bahan amelioran. *Biochar* sekam padi memiliki kelebihan dalam stabilitas karbon yang tinggi, kemampuan memperbaiki struktur tanah, dan bersifat resisten di dalam tanah, akan tetapi kandungan hara pada *biochar* relatif rendah dan membutuhkan waktu yang lama untuk menunjukkan efek pada ketersediaan hara (Putri dkk., 2017). Pupuk kandang sapi memiliki kelebihan karena mengandung unsur hara penting antara lain 25% Nitrogen, 7% Fosfor, 9% Kalium, 3,7% Besi yang sangat bermanfaat bagi pertumbuhan tanaman, serta dapat memperbaiki sifat biologi tanah melalui aktivitas mikroorganismenya, namun proses pelepasan hara terjadi secara lambat dan memerlukan dekomposisi terlebih dahulu (Wawo, 2018). Sementara itu, *bio-slurry* memiliki kandungan hara terlarut yang dapat langsung diserap tanaman, namun *bio-slurry* mudah hilang akibat volatilisasi

(Mustikaningrum, 2023). Ketiga bahan amelioran ini akan lebih efektif jika dikombinasikan, sehingga dapat saling menutupi kekurangan dan memberikan hasil yang optimal.

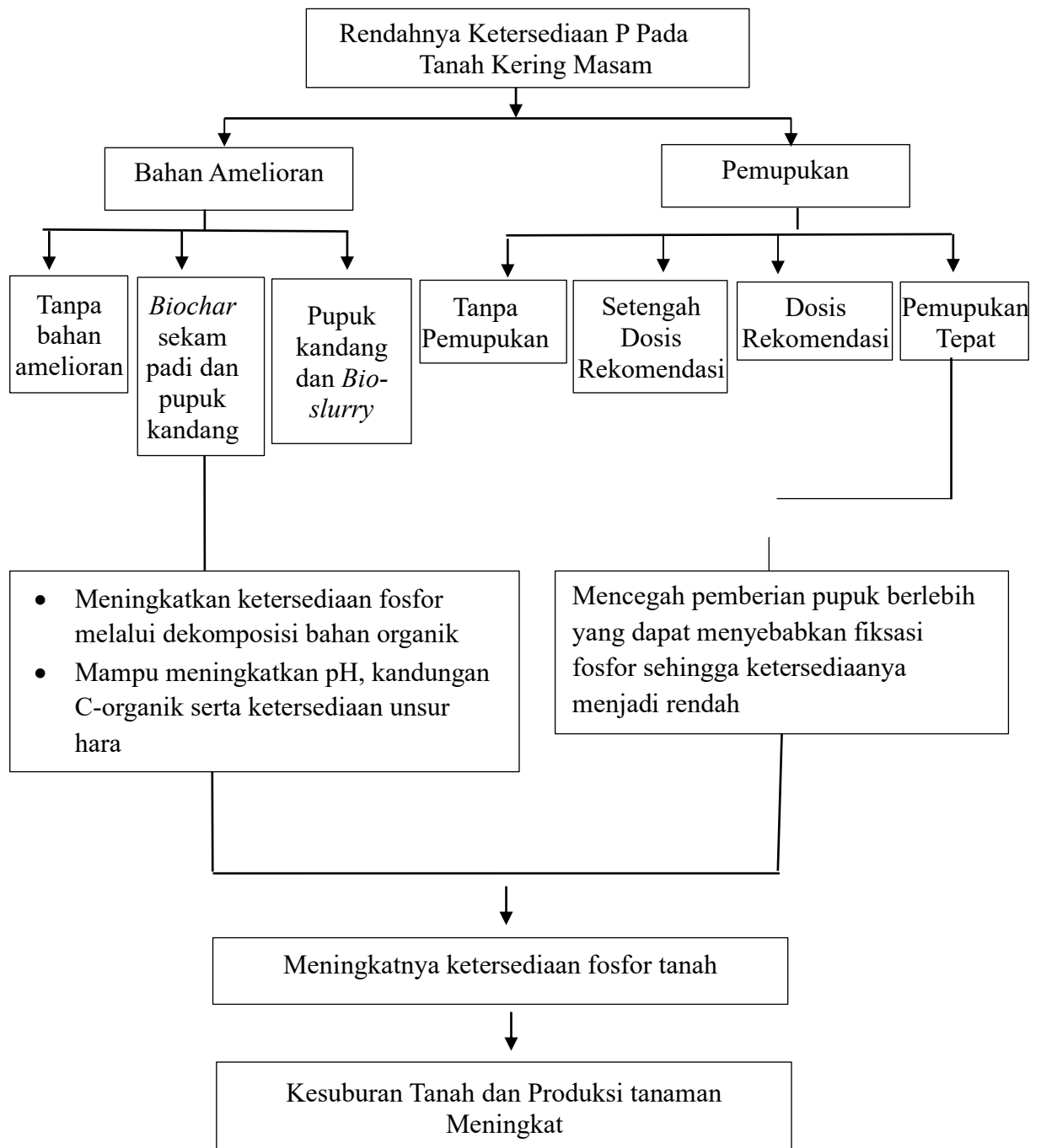
Kombinasi *biochar* dan pupuk kandang sapi dapat memperbaiki pH tanah, menambah kandungan bahan organik, serta meningkatkan ketersediaan dan serapan unsur hara esensial. *Biochar* berfungsi sebagai media yang stabil untuk retensi hara yang dilepaskan dari pupuk kandang, sementara pupuk kandang menyediakan hara yang dibutuhkan untuk mengoptimalkan fungsi *biochar*. Hal ini sejalan dengan penelitian Septiyani dan Hamdi (2022) bahwa aplikasi campuran *biochar* sekam padi dan kotoran sapi dapat menaikkan pH tanah hingga 5,9 dan meningkatkan KTK yang berpengaruh positif terhadap ketersediaan unsur hara tanah. Peningkatan pH tanah ini sangat penting karena akan memengaruhi ketersediaan unsur hara makro terutama fosfor (P). Menurut Herhandini dkk., (2021) kombinasi pemberian *biochar* sekam padi dan pupuk kandang mampu meningkatkan ketersediaan P dan fosfor terpanen hingga mencapai 64,87%. Peningkatan ini menunjukkan bahwa kombinasi *biochar* dan pupuk kandang tidak hanya memperbaiki ketersediaan fosfor dalam tanah, tetapi juga meningkatkan penyerapannya oleh tanaman.

Selain menambahkan bahan pembenah tanah, pemupukan juga perlu dilakukan untuk memenuhi kebutuhan hara tanaman. Dosis yang diaplikasikan disesuaikan berdasarkan kondisi tanah dan rekomendasi pemupukan. Menurut Kementerian Pertanian (2020), pemberian pupuk NPK yang direkomendasikan untuk tanaman jagung di Natar, Lampung Selatan ialah urea  $350 \text{ kg ha}^{-1}$ , SP-36  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ , dan KCl  $100 \text{ kg ha}^{-1}$ . Namun, pemberian pupuk anorganik dapat dilakukan dengan memberikan pupuk pada dosis yang tepat untuk mencapai efektifitas, efisiensi pemupukan serta keseimbangan hara tanaman. Pada penelitian ini telah dilakukan analisis tanah awal dimana kandungan P-tersedia yaitu sebesar 10,38 ppm yang termasuk ke dalam kategori sedang menurut kriteria Eviati dkk, (2023). Kandungan fosfor yang sedang pada tanah penelitian ini disebabkan karena penggunaan lahan secara intensif yang diaplikasikan pupuk secara berkala. Oleh karena itu, untuk mencapai rekomendasi pemupukan maka perlu ditambahkan

pupuk fosfor yaitu sebesar  $6,46 \text{ kg P}_2\text{O}_5 \text{ ha}^{-1}$  (setara  $14,04 \text{ kg TSP ha}^{-1}$ ) pada lahan budidaya tanaman jagung manis.

Pemupukan P dalam dosis tinggi dapat menyebabkan gangguan fisiologis pada tanaman yang ditandai dengan daun menguning (*klorosis*) akibat terhambatnya penyerapan zat besi dan seng, pertumbuhan vegetatif yang berlebihan namun pembungaan berkurang, serta meningkatnya kerentanan tanaman terhadap berbagai penyakit. Sebaliknya, pemberian pupuk yang kurang dari kebutuhan tanaman dapat menimbulkan gejala defisiensi yang ditandai dengan daun tua berubah warna menjadi keunguan, tanaman menjadi kerdil, sistem perakaran yang tidak berkembang optimal, serta pembungaan dan pembentukan buah terlambat. Oleh karena itu, pemupukan harus dilakukan secara tepat agar tanaman dapat tumbuh secara optimal. Hal ini didukung dengan penelitian menurut Sari dkk (2017) dimana pemberian pupuk P dengan dosis yang tepat serta dikombinasikan dengan bahan amelioran tidak hanya meningkatkan P-tersedia, tetapi juga memperbaiki efisiensi serapan P.

Peningkatan ketersediaan fosfor di dalam tanah akan berpengaruh terhadap kesuburan tanah dan pertumbuhan tanaman. Hal ini dikarenakan fosfor menjadi salah satu unsur hara esensial bagi pertumbuhan tanaman yang berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji. Selain itu, fosfor juga merangsang pertumbuhan akar tanaman menjadi lebih panjang dan banyak sehingga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara lain dalam tanah. Ketika unsur hara mudah diserap oleh tanaman maka pertumbuhan dan perkembangan tanaman akan menjadi lebih optimal sehingga produktivitasnya akan meningkat (Haryadi dkk., 2015). Alur kerangka pemikiran pada penelitian ini digambarkan pada diagram dibawah ini yang dapat di lihat pada Gambar 1.



Gambar 1. Kerangka pemikiran kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen, dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.

## 1.5 Hipotesis

Berdasarkan kerangka pemikiran yang telah disusun, didapatkan hipotesis sebagai berikut.

1. Perlakuan kombinasi *biochar* dan pupuk kandang meningkatkan ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.
2. Pemupukan N, P, dan K tepat dosis meningkatkan ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.
3. Terdapat pengaruh interaksi antara kombinasi amelioran (*biochar* + pupuk kandang) dengan pemupukan tepat dosis N, P, dan K dalam meningkatkan ketersediaan fosfor tanah, fosfor terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.
4. Terdapat korelasi antara P-tersedia, P-terpanen dan Produksi jagung manis dengan C-organik dan pH tanah akibat pemberian bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Lahan Kering Masam

Lahan kering masam merupakan wilayah pertanian dengan kadar air terbatas (tidak tergenang) dan memiliki pH tanah di bawah 5,5, sehingga bersifat asam. Lahan ini umumnya ditemukan di daerah tropis dengan curah hujan tinggi, seperti di Sumatera, Kalimantan, atau sebagian Sulawesi, yang menyebabkan pencucian basa-basa (Ca, Mg, K) dan akumulasi unsur penyebab kemasaman seperti aluminium ( $\text{Al}^{3+}$ ) dan besi ( $\text{Fe}^{3+}$ ). Pembentukan kemasaman juga dipengaruhi oleh pelapukan mineral primer, dekomposisi bahan organik, serta aktivitas pertanian intensif yang mempercepat kehilangan unsur hara (Kasno, 2019).

Lahan kering masam memiliki berbagai kendala yang kurang mendukung pertumbuhan tanaman. Tekstur tanah lahan kering masam didominasi oleh pasir atau liat dengan struktur remah tetapi rapuh, sehingga mudah tererosi dan memiliki daya menahan air yang rendah. Kandungan C-organik pada lahan kering masam umumnya rendah akibat dekomposisi yang cepat dan pencucian bahan organik, sehingga kemampuan tanah dalam memperbaiki struktur dan menahan hara menjadi terbatas. Kejenuhan basa yang rendah menunjukkan dominasi kation-kation asam seperti  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dibandingkan dengan kation-kation basa seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{K}^+$ , yang mengakibatkan tingginya kadar  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  yang bersifat racun bagi tanaman karena menghambat perkembangan akar dan mengganggu penyerapan hara (Kasno, 2019). Selain itu, kapasitas tukar kation (KTK) tanah umumnya rendah akibat kandungan bahan organik yang minim, sehingga kesuburannya sulit dipertahankan (Subiska dan Husnain, 2019). Kondisi ini diperparah dengan rendahnya kandungan unsur hara esensial seperti nitrogen,

fosfor, kalium, dan unsur mikro lainnya yang mudah tercuci atau terikat dalam bentuk yang tidak tersedia bagi tanaman. Pada lahan kering masam ketersediaan unsur hara fosfor rendah akibat tingginya fiksasi fosfor, semakin tinggi kandungan aluminium dan besi dalam tanah maka akan semakin rendah ketersediaan fosfor bagi tanaman (Ratmini dan Maryana, 2021).

## 2.2 Unsur Hara Fosfor

Fosfor (P) dalam tanah berasal dari pelapukan batuan mineral seperti apatit yang melepaskan fosfor dalam bentuk tersedia bagi tanaman melalui proses fisik, kimia, dan biologis. Selain itu, bahan organik seperti sisa tanaman, pupuk kandang, dan mikroorganisme juga mengandung fosfor organik yang diurai oleh mikroba menjadi bentuk anorganik yang dapat diserap tanaman. Fosfor diserap tanaman dalam bentuk anion ortofosfat primer  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan ortofosfat sekunder  $\text{HPO}_4^{2-}$  (Habi dkk., 2018). Fosfor yang tidak diserap tanaman akan tetap berada dalam tanah sebagai residu dan menjadi fosfor cadangan atau diikat oleh bahan organik.

Faktor yang memengaruhi ketersediaan fosfor ialah pH tanah, kandungan C-organik, kapasitas tukar kation (KTK), kandungan Al dan Fe, serta kejenuhan basa. pH tanah merupakan faktor utama yang menentukan bentuk dan ketersediaan fosfor dalam tanah. Pada tanah dengan pH masam tanaman menyerap ion P dalam bentuk  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  dan akan bereaksi dengan besi dan aluminium sedangkan pada tanah dengan pH basa tanaman menyerap ion P dalam bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$  akan bereaksi dengan ion kalsium (Munawar, 2011). Hal ini akan membuat P relatif tidak larut dalam tanah, sehingga ketersediaan hara P dalam tanah masam relatif rendah. Kandungan C-organik berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfor melalui pembentukan senyawa organik yang dapat mengikat Al dan Fe, sehingga mengurangi fiksasi fosfor oleh kedua unsur tersebut. KTK yang tinggi membantu tanah dalam menahan ion-ion hara termasuk fosfor dalam bentuk yang dapat dipertukarkan dan tersedia bagi tanaman. Kandungan Al dan Fe yang tinggi dalam tanah masam akan mengikat fosfor membentuk senyawa Al-P dan Fe-P yang sulit larut, sehingga mengurangi ketersediaan fosfor

bagi tanaman. Kejenuhan basa yang tinggi menunjukkan dominasi kation-kation basa seperti  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , dan  $\text{Na}^+$  yang dapat meningkatkan pH tanah dan mengurangi aktivitas Al dan Fe dalam mengikat fosfor (Kasno, 2019 ; Subiska dan Husnain, 2019 ). Tanaman menyerap fosfor melalui proses difusi, namun jika kandungan fosfor dalam tanah cukup tinggi, maka penyerapan dapat melalui proses aliran massa.

Fosfor sangat berpengaruh terhadap perkembangan tanaman dan pertumbuhan tanaman. Fosfor berperan dalam pembentukan bunga, buah dan biji. Selain itu, fosfor juga merangsang pertumbuhan akar tanaman menjadi lebih panjang dan banyak sehingga dapat meningkatkan penyerapan unsur hara lain dalam tanah. Kekurangan fosfor akan mengakibatkan berbagai hambatan pada metabolisme seperti proses sintesis protein, yang menyebabkan terjadinya akumulasi karbohidrat dan ikatan nitrogen. Gejala lain adalah nekrosis (kematian jaringan) pada pinggir atau helai dan tangkai daun, diikuti melemahnya akar dan batang tanaman. Hal ini disebabkan karena fosfor berperan penting dalam pembentukan albumin, pembelahan sel untuk daun, buah dan biji serta untuk pembentukan bunga (Rosmarkam dkk., 2020).

### **2.3 Bahan Amelioran**

Bahan amelioran merupakan material yang digunakan untuk meningkatkan kualitas tanah dengan memperbaiki karakteristik fisik, kimia, dan biologinya. Dalam sektor pertanian, penggunaan bahan amelioran diatur melalui Peraturan Menteri Pertanian No. 70 Tahun 2011, yang menyatakan bahwa bahan amelioran berperan dalam restorasi tanah. Bahan amelioran dapat berasal dari sumber alami atau buatan, baik organik maupun anorganik, serta berbentuk padat atau cair. Pemberian material ini berfungsi dalam memperbaiki struktur tanah, peningkatan daya serap air, dan penyediaan unsur hara meskipun dalam jumlah terbatas. Berbeda dengan pupuk, kandungan haranya tidak langsung tersedia bagi tanaman (Dariah dkk., 2015). Bahan amelioran yang digunakan seperti *biochar*, pupuk kandang dan *bio-slurry*.

### 2.3.1. Biochar

*Biochar* merupakan bahan padat yang tinggi akan karbon akibat pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*). Proses *pyrolysis* dilakukan dengan membakar biomassa pada suhu tinggi tanpa adanya oksigen. Pembakaran tidak sempurna (*pyrolysis*) dilakukan pada suhu 250-350°C selama 1-3,5 jam. Hasil pembakaran akan menghasilkan *biochar* yang mengandung karbon untuk diaplikasikan sebagai pembenah tanah. *Biochar* bukanlah pupuk, tetapi berfungsi sebagai pembenah tanah. (Nurida dkk., 2015). *Biochar* memiliki sifat pembeda dari produk pembenah tanah lainnya seperti luas permukaan yang besar, volume besar, pori-pori mikro, kerapatan isi, pori-pori makro serta kapasitas mengikat air yang tinggi.

Penambahan *biochar* dapat meningkatkan pH pada tanah masam karena adanya konsentrasi logam alkali oksida ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  dan  $\text{K}^{+}$ ) di *biochar* yang dapat mengurangi konsentrasi  $\text{Al}^{3+}$  di dalam tanah sehingga fosfor dapat tersedia (Putri dkk., 2017). Konsentrasi logam alkali oksida ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , dan  $\text{K}^{+}$ ) yang tinggi berasal dari proses pirolisis pada suhu tinggi (300-700°C). Hal ini disebabkan karena bahan organik dan air yang ada di dalam bahan baku yaitu sekam padi akan menguap, namun mineral-mineral anorganik seperti Ca, Mg, dan K tetap tertinggal. Mineral tersebut akan bertransformasi menjadi bentuk oksida, karbonat, dan hidroksida yang bersifat basa sehingga ketika ditambahkan ke tanah akan melepaskan ion  $\text{OH}^{-}$  dan kation basa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) yang menggantikan  $\text{Al}^{3+}$  dan  $\text{Fe}^{3+}$  dari kompleks jerapan tanah (Puspita dkk., 2021). Pada tanah kering masam fosfor cenderung terjerap oleh koloid liat dan terikat dengan Fe atau Al. Koloid tanah dan oksida Fe/Al memiliki muatan positif yang tinggi pada pH rendah sehingga akan mengikat fosfat ( $\text{H}_2\text{PO}_4^{-}$ ) secara kuat dan mengurangi kelarutannya. Namun, *biochar* sekam padi memiliki senyawa organik hasil dekomposisi yaitu asam fulvat dan asam humat yang membentuk kompleks khelat dengan  $\text{Fe}^{3+}$  dan  $\text{Al}^{3+}$  sehingga akan menghalangi pengikatan P pada koloid. Peningkatan pH dari *biochar* akan mengubah muatan permukaan koloid (menurunkan muatan positif oksida Fe/Al) sehingga afinitasnya terhadap fosfat berkurang. Pada larutan tanah, asam organik dari dekomposisi bahan organik juga

melarutkan P terpresipitasi melalui proses pelapukan kimia sehingga akan meningkatkan P tersedia (Nurida dkk., 2015).

Selain memengaruhi ketersediaan fosfor, *biochar* juga memberikan dampak signifikan terhadap sifat fisik dan biologi tanah. *Biochar* memiliki pori-pori yang banyak sehingga membantu dalam menyimpan air dalam jumlah yang banyak sehingga akan membantu meningkatkan porositas tanah dan kemandapan agregat (Muriadin dkk, 2023). *Biochar* juga dapat memperbaiki kesuburan tanah secara biologi dimana *biochar* menjadi sumber makanan dan energi serta tempat hidup berbagai organisme tanah, terutama bagi organisme yang berperan dalam mineralisasi unsur hara fosfor (Bawamenewi dkk., 2025).

### 2.3.2. Pupuk Kandang

Pupuk kandang merupakan bahan organik yang berasal dari kotoran hewan ternak seperti sapi, kambing, atau ayam yang telah mengalami dekomposisi alami. Pupuk kandang mengandung berbagai unsur hara makro dan mikro seperti 2,33 % N, 0,61 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, 1,58 % K<sub>2</sub>O, 1,04 % Ca, 0,33 % Mg, 179 ppm Mn dan 70,5 ppm Zn (Andayani dan Sarido, 2013). Fosfor dalam pupuk kandang terikat dalam senyawa organik yang akan dipecah menjadi ortofosfat (H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> atau HPO<sub>4</sub><sup>2-</sup>), bentuk yang dapat diserap tanaman. Selain itu, pupuk kandang juga mengandung bahan organik yang memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas tukar kation (KTK), dan mengurangi fiksasi fosfor oleh Al/Fe pada tanah masam, sehingga ketersediaan P bagi tanaman menjadi lebih optimal (Sari dkk., 2017).

Pupuk kandang berperan penting dalam meningkatkan ketersediaan fosfor (P) pada tanah kering masam melalui mekanisme langsung dan tidak langsung. Secara langsung, pupuk kandang menyumbang P melalui proses mineralisasi. Secara tidak langsung, pupuk kandang mengandung asam-asam organik yang dihasilkan selama dekomposisi. Asam-asam organik mampu mengikat ion Al<sup>3+</sup> dan Fe<sup>3+</sup> (penyebab fiksasi P) membentuk kompleks khelat yang stabil, sehingga mengurangi kemampuan koloid tanah dalam mengikat P dan meningkatkan kelarutannya (Sari dkk., 2017). Selain itu, pupuk kandang juga memperbaiki sifat

fisik tanah dengan meningkatkan agregasi dan porositas, yang memfasilitasi difusi P ke zona perakaran. Aktivitas mikroba tanah juga meningkat akibat pemberian pupuk kandang yang menjadi sumber energi sehingga berperan dalam memobilisasi P melalui produksi enzim fosfatase dan pelarutan P terjerap. Pada tanah masam, pemberian pupuk kandang dapat sedikit meningkatkan pH tanah akibat pelepasan kation basa ( $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^{+}$ ) selama dekomposisi, sehingga mengurangi muatan positif koloid oksida Fe/Al sehingga P menjadi tersedia.

### 2.3.3. *Bio-Slurry*

Limbah ternak merupakan salah satu permasalahan lingkungan yang signifikan dalam peternakan yang dapat menyebabkan pencemaran lingkungan terhadap air, tanah, serta pencemaran udara berupa bau yang tidak sedap. Namun, limbah ternak yang selama ini dianggap sebagai masalah lingkungan dapat diubah menjadi sumber energi dan pupuk organik melalui teknologi pengolahan biogas yang menghasilkan produk samping berupa *bio-slurry*. *Bio-slurry* cair mengandung unsur hara makro seperti N-Total sebesar 0,17 ppm,  $\text{P}_2\text{O}_5$  sebesar 0,05 ppm,  $\text{K}_2\text{O}$  sebesar 1,09 ppm, Ca Total sebesar 0,009 ppm, dan Mg sebesar 0,01% (Fitriyah dkk., 2023). Selama proses anaerobik, senyawa fosfor organik dalam kotoran ternak mengalami pemecahan sebagian menjadi bentuk anorganik (ortofosfat), yang lebih mudah diserap oleh tanaman. Menurut Hilmi dkk. (2018), aplikasi *bio-slurry* tidak hanya meningkatkan ketersediaan P tetapi juga merangsang aktivitas mikroorganisme pelarut fosfat seperti *Pseudomonas* dan *Bacillus*. Bakteri ini membantu melepaskan P yang terfiksasi dalam tanah melalui produksi asam organik dan enzim fosfatase sehingga meningkatkan ketersediaannya bagi tanaman.

Aplikasi *bio-slurry* pada daun memberikan manfaat signifikan dalam meningkatkan ketersediaan dan penyerapan fosfor (P) bagi tanaman. Kandungan bahan organik dalam *bio-slurry* berfungsi sebagai agen pengkhelat (*chelating*) yang membantu melindungi fosfor dari fiksasi Al dan Fe, sehingga memudahkan penyerapannya melalui stomata dan kutikula daun. Mikroba dalam *bio-slurry* juga berperan dalam memecah senyawa fosfor kompleks menjadi bentuk yang lebih

larut dan mudah diserap oleh tanaman. Keunggulan aplikasi foliar *bio-slurry* adalah kecepatan penyerapannya yang lebih tinggi dibandingkan aplikasi melalui tanah, terutama pada kondisi tanah yang memiliki pH rendah atau kadar  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  tinggi. Selain itu, *bio-slurry* mendorong aktivitas mikroba pada permukaan daun, yang dapat membantu meningkatkan efisiensi penggunaan P oleh tanaman (Mustikaningrum, 2023). Namun, aplikasi foliar *bio-slurry* memiliki kelemahan yaitu terjadinya volatilisasi unsur hara, khususnya nitrogen dalam bentuk amonia ( $NH_3$ ), yang dapat menguap dari permukaan daun akibat paparan sinar matahari langsung dan suhu tinggi sehingga mengurangi efisiensi *bio-slurry*.

#### **2.4 Pengaruh Bahan Amelioran terhadap Ketersediaan Fosfor**

Bahan amelioran adalah bahan pembenah tanah yang ditambahkan ke dalam tanah dengan tujuan untuk memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologi tanah sehingga menciptakan kondisi yang lebih baik bagi pertumbuhan tanaman. Amelioran dapat meningkatkan kesuburan tanah, memperbaiki struktur tanah, meningkatkan kapasitas menahan air dan hara, serta mengoptimalkan pH tanah terutama pada tanah masam atau tanah dengan kesuburan rendah. Dalam penelitian ini, bahan amelioran yang digunakan meliputi *biochar*, pupuk kandang, dan *bio-slurry*. *Biochar* adalah arang hayati hasil pirolisis bahan organik yang memiliki struktur berpori, luas permukaan tinggi, dan sangat stabil di dalam tanah, sehingga mampu menahan air dan hara serta mengurangi pencucian hara sekaligus meningkatkan pH tanah masam. Pupuk kandang merupakan amelioran organik yang kaya akan bahan organik dan unsur hara makro maupun mikro, yang berfungsi memperbaiki struktur tanah, meningkatkan aktivitas mikroorganisme, dan meningkatkan kapasitas tukar kation tanah. Sementara itu, *bio-slurry* merupakan limbah cair dari instalasi biogas yang mengandung unsur hara terlarut dalam konsentrasi tinggi, terutama nitrogen, fosfor, dan kalium, yang dapat langsung diserap oleh tanaman serta mengandung mikroorganisme menguntungkan yang membantu dekomposisi bahan organik dan meningkatkan ketersediaan hara di dalam tanah.

Kombinasi bahan amelioran seperti *biochar* dan pupuk kandang memiliki peran penting dalam memperbaiki kesuburan tanah terutama dalam meningkatkan ketersediaan hara fosfor (P). *Biochar* memiliki pori-pori yang berfungsi dalam menyimpan hara dan memperbaiki sifat fisik tanah, sedangkan pupuk kandang menyediakan sumber P organik serta mendukung aktivitas mikroba pelarut P (Fadhlina dkk., 2017). Ketika digunakan secara tunggal bahan amelioran akan memberikan manfaat, namun kombinasi keduanya menciptakan efek sinergis yang lebih optimal.

Menurut Andayani dan Sarido (2013), kombinasi *biochar* dan pupuk kandang dapat secara signifikan meningkatkan ketersediaan fosfor dalam tanah. *Biochar* berperan sebagai media penyangga yang mencegah fiksasi P oleh mineral tanah melalui kapasitas tukar kation yang tinggi serta mengurangi pencucian hara. Sementara, pupuk kandang kaya akan unsur hara makro dan mikro, termasuk fosfor, serta mikroorganisme yang dapat membantu mineralisasi P organik menjadi bentuk yang tersedia bagi tanaman. Proses dekomposisi pupuk kandang menghasilkan humus sebagai produk akhir yang berperan sebagai koloid organik. Koloid humus memiliki gugus fungsional aktif yaitu karboksil (-COOH) dan hidroksil (-OH), yang dapat mengikat kation-kation logam termasuk  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  melalui pembentukan kompleks khelat yang stabil sehingga mengurangi fiksasi fosfor (Sari dkk., 2017). Interaksi antara kedua bahan ini menciptakan lingkungan yang mendukung pelepasan P secara bertahap, dimana *biochar* akan mempertahankan P yang dilepaskan dari pupuk kandang agar tidak cepat hilang dari tanah. Hal ini akan membuat tanaman mendapatkan unsur hara P yang lebih stabil dan dalam jumlah yang cukup untuk mendukung pertumbuhannya. Kombinasi *biochar* arang sekam padi dan bokashi pupuk kandang ayam dapat meningkatkan P-tersedia dari 14,92 ppm menjadi 25,98 ppm (Yuliana dkk., 2022).

Selain aplikasi ke tanah, peningkatan ketersediaan P dapat dilakukan melalui aplikasi foliar menggunakan *bio-slurry* yang dikombinasikan dengan pupuk kandang. *Bio-slurry* memiliki kandungan hara terlarut yang tinggi termasuk fosfor dalam bentuk yang siap diserap sehingga memungkinkan tanaman memperoleh P secara langsung melalui daun (Edy dkk., 2021). Aplikasi foliar *bio-slurry*

memungkinkan tanaman menggunakan P tanpa tergantung pada ketersediaan P dalam tanah, yang sering terhambat oleh fiksasi kimia (pengikatan oleh Al, Fe, atau Ca) atau pH yang tidak optimal. Pupuk kandang berperan sebagai sumber P organik yang memperbaiki kesuburan tanah melalui pelepasan hara secara bertahap dan peningkatan aktivitas mikroba pelarut P, sementara *bio-slurry* memenuhi kebutuhan fosfor secara cepat untuk tanaman melalui daun.

## 2.5 Pemupukan NPK

Pupuk merupakan bahan organik atau anorganik yang ditambahkan ke tanah atau tanaman untuk meningkatkan unsur hara serta memperbaiki sifat fisik, kimia, dan biologis tanah. Pemupukan melibatkan penambahan nutrisi atau bahan lain seperti kapur dan bahan organik untuk meningkatkan kesuburan tanah. Pupuk anorganik mengandung senyawa mineral yang berfungsi menyediakan nutrisi bagi tanaman dengan cepat. Pupuk anorganik memiliki kandungan hara yang tinggi, mudah diaplikasikan, dan tidak berbau. Namun, kelemahan pupuk anorganik ialah harganya yang relatif mahal, mudah larut, dan dapat mencemari tanah jika digunakan berlebihan. Penggunaan pupuk anorganik yang berlebihan dapat menurunkan kualitas tanah karena hanya menyediakan unsur makro tanpa unsur mikro yang cukup.

Pemupukan yang umumnya dilakukan ialah pemupukan NPK. Pupuk NPK mengandung tiga unsur hara utama yang dibutuhkan tanaman yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Pemupukan nitrogen (N) perlu dilakukan karena N berperan penting dalam pembentukan protein, klorofil, dan pertumbuhan vegetatif. Ketika tanaman kekurangan N maka akan menyebabkan munculnya garis kuning pada daun dan menghambat pembentukan biji, sementara kelebihan N dapat mengurangi hasil panen. Selain pemupukan N, pemupukan P dan K juga perlu dilakukan. Fosfor (P) berperan dalam perkembangan akar dan pembentukan energi (ATP), mempercepat fotosintesis, serta memengaruhi kematangan tanaman. Kalium (K) berperan dalam meningkatkan perpanjangan dan pertumbuhan sel akar melalui pengaturan tekanan turgor, merangsang pembentukan akar lateral dan

rambut akar, serta membantu meningkatkan resistensi akar terhadap penyakit dan patogen tanah (Hardiyanti dkk., 2022).

Pemupukan secara tepat dosis sangat penting dilakukan untuk mencapai efektivitas maksimal tanpa menimbulkan dampak negatif. Pemberian pupuk dengan dosis yang tepat dapat meningkatkan efisiensi serapan hara oleh tanaman, mengurangi pencemaran lingkungan, dan mengoptimalkan produktivitas tanaman. Pemupukan NPK secara tepat memberikan pengaruh signifikan terhadap kandungan P-tersedia dalam tanah (Muyassir dan Manfarizah, 2012). Pengaruh pemupukan NPK terhadap unsur hara fosfor terjadi melalui beberapa mekanisme, yaitu penambahan langsung fosfor dari pupuk P, peningkatan aktivitas mikroorganisme tanah akibat ketersediaan N yang meningkatkan mineralisasi P organik, serta perbaikan kondisi pH tanah yang memengaruhi kelarutan fosfor. Interaksi antara N, P, dan K dalam pupuk NPK juga menciptakan kondisi yang optimal untuk serapan fosfor, dimana nitrogen meningkatkan pertumbuhan akar sehingga memperluas area serapan fosfor, sementara kalium membantu transportasi fosfor dalam tanaman (Sofyan dkk., 2024). Dengan demikian, pemupukan NPK yang seimbang dan tepat dosis diperlukan untuk menjaga produktivitas tanah dan tanaman tanpa menimbulkan dampak negatif terhadap lingkungan.

## **2.6 Jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.)**

Jagung manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) merupakan salah satu komoditas strategis dan bernilai ekonomis serta mempunyai peluang untuk dikembangkan karena merupakan salah satu sumber utama karbohidrat dan protein setelah beras. Selain sebagai sumber protein, jagung juga mengandung gizi utama seperti vitamin A, E, dan berbagai mineral esensial lainnya seperti kalium (Suarni dan Widowati, 2016). Tanaman jagung memiliki potensi besar untuk dibudidayakan di Indonesia karena dapat tumbuh di dataran rendah maupun dataran tinggi dengan adaptabilitas yang tinggi terhadap berbagai kondisi lingkungan. Menurut Dibia dan Suyarto (2017), tanaman jagung dapat dibudidayakan di semua jenis tanah pertanian, menunjukkan fleksibilitas yang tinggi dalam pemilihan lahan budidaya.

Selain itu, tanaman jagung juga bersifat responsif terhadap perubahan kondisi tanah dan aplikasi pemupukan, sehingga sering dijadikan sebagai tanaman indikator untuk mengevaluasi kesuburan tanah dan efektivitas berbagai perlakuan ameliorasi tanah. Suhu ideal untuk tanaman jagung manis agar tumbuh baik adalah 21 – 30°C, keasaman tanah antara 5,6-7,5, kejenuhan basa >50%, N-total berada pada kriteria sedang-tinggi, P-tersedia >15 ppm dan K tersedia > 0,3. Siklus hidup tanaman jagung manis dapat diselesaikan ± 80 hari. Fase atau siklus hidup tanaman jagung yang pertama yaitu fase pertumbuhan vegetatif dan fase yang kedua yaitu fase pertumbuhan generatif (Kasno, 2019).

Jagung manis menjadi tanaman yang banyak dibudidayakan dimana produktivitas jagung manis mampu mencapai 14-18 ton ha<sup>-1</sup> (Rizqullah dkk., 2017). Namun, menurut Badan Pusat Statistik (2025), produktivitas jagung di provinsi Lampung mengalami fluktuasi selama lima tahun terakhir yaitu dari 6,20 ton ha<sup>-1</sup>; 6,56 ton ha<sup>-1</sup>; 6,44 ton ha<sup>-1</sup>; 6,64 ton ha<sup>-1</sup>; dan 6,51 ton ha<sup>-1</sup>. Penurunan produktivitas jagung menunjukkan adanya masalah terutama pada tanah kering masam yang memiliki kandungan fosfor yang rendah. Tanaman jagung membutuhkan fosfor dalam jumlah yang cukup pada fase pertumbuhan awal untuk pembentukan akar dan perkembangan vegetatif. Fosfor juga berperan penting dalam proses fotosintesis, pembelahan sel, dan transfer energi. Kekurangan fosfor dapat menyebabkan pertumbuhan tanaman terhambat, penurunan hasil panen, dan kualitas biji yang rendah.

## III METODOLOGI PENELITIAN

### 3.1 Waktu dan Tempat

Penelitian dilakukan dari bulan September 2024 sampai November 2025. Penelitian ini dilaksanakan di kebun percobaan Balai Pelatihan Pertanian Lampung, Bandar Lampung. Analisis tanah dan tanaman akan dilakukan di Laboratorium Ilmu Tanah Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

### 3.2 Alat dan Bahan

Alat yang digunakan pada penelitian ini adalah timbangan, gelas ukur, pipet, corong, kertas saring, batang pengaduk, labu ukur, labu erlenmeyer, tabung reaksi, rak tabung reaksi, botol pengocok, botol film, botol semprot, kuvet, oven, shaker, *sentrifius* dan spektrofotometer. Bahan yang digunakan pada penelitian ini adalah sampel tanah panen, sampel tanah vegetatif maksimum, brangkasan vegetatif maksimum, pupuk Urea, TSP, KCl, larutan Bray 1 (HCl 0,025 N, NH<sub>4</sub>F 0,03 N), amonium molibdat, asam askorbat, larutan standar P, KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>, antimonil kalium tatarat, H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>, dan aquades.

### 3.3 Metode

Penelitian ini dilakukan dengan menggunakan rancangan acak kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan 2 faktor perlakuan yaitu faktor pertama kombinasi bahan amelioran dan faktor kedua ialah dosis pupuk N, P, K sehingga menghasilkan 12 (dua belas) kombinasi perlakuan dan 3 (tiga) ulangan. Rekomendasi pemupukan menurut Kementrian Pertanian (2020), untuk tanaman jagung di Natar, Lampung Selatan ialah urea 350 kg ha<sup>-1</sup>, SP-36 150 kg ha<sup>-1</sup>,

dan KCl 100 kg ha<sup>-1</sup>. Dosis rekomendasi pemberian *biochar* sekam padi dan pupuk kandang sapi yaitu masing-masing 5 ton ha<sup>-1</sup> (Muslimah dkk., 2022). Sedangkan dosis pengaplikasian *bio-slurry* yaitu sebesar 50 L ha<sup>-1</sup> (Edy dkk., 2021). Perlakuan yang digunakan pada penelitian ini dapat dilihat pada Tabel 1 dan 12 kombinasi perlakuan berdasarkan perlakuan dapat dilihat pada Tabel 2. Tata letak petak percobaan dapat dilihat pada Gambar 2.

Tabel 1. Perlakuan bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung

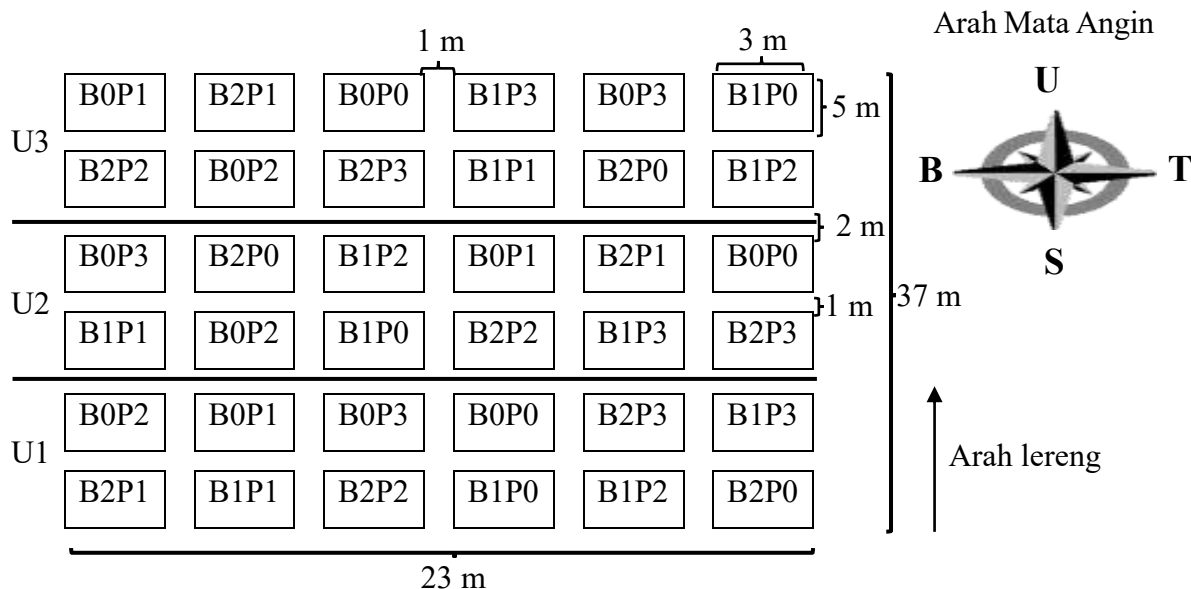
Perlakuan	Kode	Keterangan
Faktor 1	B <sub>0</sub>	Tanpa bahan amelioran
	B <sub>1</sub>	<i>Biochar</i> sekam padi dan Pupuk kandang
	B <sub>2</sub>	Pupuk kandang dan <i>bio-slurry</i>
Faktor 2	P <sub>0</sub>	Tanpa pemupukan N,P,K
	P <sub>1</sub>	½ dosis rekomendasi pemupukan N,P,K
	P <sub>2</sub> *	dosis rekomendasi pemupukan N,P,K
	P <sub>3</sub> **	Pemupukan N,P,K tepat dosis

Keterangan: \* Rekomendasi Pemupukan NPK dari Kementerian Pertanian, (2020)

\*\*Pemupukan tepat dosis berdasarkan hasil analisis tanah awal (Perhitungan dapat di lihat pada Lampiran 3)

Tabel 2. Kombinasi perlakuan bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung

Kode	Dosis					
	Urea (kg ha <sup>-1</sup> )	TSP (kg ha <sup>-1</sup> )	KCl (kg ha <sup>-1</sup> )	<i>Biochar</i> (ton ha <sup>-1</sup> )	Pupuk kandang (ton ha <sup>-1</sup> )	<i>Bio-slurry</i> (L ha <sup>-1</sup> )
B <sub>0</sub> P <sub>0</sub>	0	0	0	0	0	0
B <sub>0</sub> P <sub>1</sub>	175	75	50	0	0	0
B <sub>0</sub> P <sub>2</sub>	350	150	100	0	0	0
B <sub>0</sub> P <sub>3</sub>	301,30	14,04	0	0	0	0
B <sub>1</sub> P <sub>0</sub>	0	0	0	5	5	0
B <sub>1</sub> P <sub>1</sub>	175	75	50	5	5	0
B <sub>1</sub> P <sub>2</sub>	350	150	100	5	5	0
B <sub>1</sub> P <sub>3</sub>	301,30	14,04	0	5	5	0
B <sub>2</sub> P <sub>0</sub>	0	0	0	0	5	50
B <sub>2</sub> P <sub>1</sub>	175	75	50	0	5	50
B <sub>2</sub> P <sub>2</sub>	350	150	100	0	5	50
B <sub>2</sub> P <sub>3</sub>	301,30	14,04	0	0	5	50



Gambar 2. Tata letak petak percobaan kombinasi bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K terhadap ketersediaan fosfor tanah, P terpanen dan produksi jagung manis di kebun percobaan balai pelatihan pertanian lampung

### 3.4 Pelaksanaan Penelitian

#### 3.4.1. Penyiapan Lahan

Persiapan lahan dilakukan dengan cara melakukan pengukuran dari luas lahan yang dibutuhkan menggunakan meteran, dalam penelitian ini digunakan lahan seluas 23 m x 37 m. Setelah itu, ditandai dengan memberi penanda dari bambu dan tali nilon. Lalu, dilakukan pengolahan tanah intensif (*Intensif Tillage*) dengan menggunakan bajak rotari. Kegiatan olah tanah ini bertujuan untuk membalikkan atau membongkar tanah yang relatif padat menjadi gumpalan-gumpalan tanah. Setelah itu, dilanjutkan dengan penggaruan tanah untuk memecah bongkahan tanah serta mencampurkannya dengan tanah lapisan atas sehingga tanah siap untuk dilakukan penanaman.

#### 3.4.2. Pembuatan Petak Percobaan

Petak percobaan dibuat dengan diukur terlebih dahulu sesuai yang dibutuhkan yaitu seluas 3 m x 5 m menggunakan meteran. Setelah itu, diberi tanda pada setiap petak percobaan menggunakan penanda bambu dan tali nilon. Saat petak

percobaan sudah ditentukan, selanjutnya tanah diolah pada tiap–tiap petak percobaan menggunakan cangkul agar tanah untuk pertanaman menjadi gembur.

### 3.4.3. Aplikasi Amelioran

Pengaplikasian bahan amelioran yaitu *biochar* dan pupuk kandang sebagai perlakuan dilakukan setelah pengolahan tanah yaitu 1 minggu sebelum tanam. Aplikasi bahan amelioran dilakukan dengan memberikan *biochar* dan pupuk kandang sebesar 5 ton ha<sup>-1</sup> pada petak yang memperoleh perlakuan dengan cara menaburkannya pada petak perlakuan. *Biochar* yang diberikan pada setiap petak sebesar 8,8 kg dengan kadar air 17%, sedangkan pupuk kandang yang diberikan pada setiap petaknya sebesar 11,1 kg dengan kadar air 48% (Perhitungan kebutuhan bahan amelioran dapat dilihat pada Lampiran 4). Tanah yang telah diaplikasikan *biochar* dan pupuk kandang diaduk menggunakan cangkul agar tercampur secara merata dan masuk di tanah. Pengaplikasian *bio-slurry* dilakukan sebanyak 3 kali pada 4 MST, 6 MST, dan 8 MST dengan dosis yang diaplikasikan yaitu 50 L ha<sup>-1</sup> atau 75 mL petak<sup>-1</sup> dengan perbandingan 1:2,7 (Edy dkk., 2021). *Bio slurry* diaplikasikan pada bagian daun dengan menggunakan *sprayer*.

### 3.4.4. Penanaman

Penanaman dilakukan setelah pengaplikasian bahan amelioran 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 80 lubang tanam. Setiap lubang tanam memiliki kedalaman sekitar 1–2 cm yang diisi 2 benih jagung. Lubang tanam dibuat dengan cara ditugal menggunakan kayu.

### 3.4.5. Pemupukan NPK

Pengaplikasian pupuk NPK sebagai perlakuan dilakukan pada saat 2 minggu setelah tanaman (MST) yang terdiri dari aplikasi pupuk Urea, TSP dan KCl. Pengaplikasian pupuk dilakukan dengan cara membuat larikan dengan jarak ± 5

cm dari akar. Pengaplikasian pupuk urea pada penelitian ini dilakukan sebanyak 2 kali, yaitu saat 2 MST dan 5 MST. Hal ini dilakukan agar pupuk tetap terjaga ketersediaannya dalam tanah sehingga pemupukan lebih efisien. Dosis pemupukan yang digunakan pada petak perlakuan dapat di lihat pada Tabel 3

Tabel 3. Dosis pupuk N, P, K pada petak perlakuan

Jenis pupuk	Dosis			
	P <sub>0</sub>	P <sub>1</sub> ( ½ dosis)	P <sub>2</sub> (1 dosis)	P <sub>3</sub> (Tepat dosis)
Urea (N)	0	262 g petak <sup>-1</sup>	525 g petak <sup>-1</sup>	450 g petak <sup>-1</sup>
TSP (P)	0	88 g petak <sup>-1</sup>	176 g petak <sup>-1</sup>	14,04 g petak <sup>-1</sup>
KCl (K)	0	75 g petak <sup>-1</sup>	150 g petak <sup>-1</sup>	0 g petak <sup>-1</sup>

### 3.4.6. Pemeliharaan Tanaman

Pemeliharaan tanaman meliputi beberapa kegiatan yaitu penyiraman, penyulaman, penyiangan gulma dan pengendalian hama dan penyakit. Penyiraman dilakukan dua kali sehari pada pagi dan sore hari saat tidak terjadi hujan. Penyulaman dilakukan 1 MST pada bibit jagung yang tidak tumbuh atau mengalami kerusakan. Penjarangan dilakukan dengan menyisakan 1 benih jagung pada setiap lubang tanamnya. Penyiangan gulma dilakukan setiap ada gulma yang muncul dengan mencabut gulma. Pengendalian hama dan penyakit pada jagung yang dilakukan dengan pengaplikasian pestisida nabati yang berbahan dasar tembakau dan daun sirsak untuk menanggulangi serangan hama ulat grayak dan belalang yang menyerang tunas tanaman jagung pada 4 MST.

### 3.4.7 Panen

Panen jagung dilakukan saat jagung berumur 66-70 hari setelah tanam pada varietas pertiwi eksotik (Pertiwi, 2014). Ciri-ciri jagung siap panen diantaranya kulit klobot sudah berwarna hijau kekuningan, tongkol sudah terlihat penuh dan mengemuk saat ditekan terasa keras dan biji nya padat atau tidak hancur (Manek dan Joka, 2020). Pemanenan jagung dilakukan secara manual dengan menggunakan tangan.

### 3.4.8 Pengambilan Sampel Tanah dan Tanaman

Pengambilan sampel tanah dilakukan 2 kali, yaitu sampel tanah vegetatif maksimum dan sampel tanah akhir. Pengambilan sampel tanah menggunakan bor tanah. Sampel tanah diambil pada 3 titik dan dikompositkan sesuai petak perlakuan sehingga diperoleh sampel tanah vegetatif maksimum dan panen sebanyak 36 sampel tanah. Sampel tanah dibawa ke ruang kering udara untuk mengeringkan sampel tanah yang tujuannya untuk menghilangkan air di tanah. Proses ini berlangsung selama  $\pm 2$  hari. Sampel tanah diayak menggunakan ayakan 2 mm. Tanah yang lolos ayakan digunakan untuk analisis tanah. Pengambilan sampel tanaman dilakukan pada saat vegetatif maksimum dimana tiga sampel tanaman diambil di setiap petaknya. Sampel tanaman jagung dicacah dan dikompositkan serta ditimbang berat basah. Sampel tanaman yang sudah ditimbang berat basah akan dioven menggunakan amplop selama 3 hari dengan suhu 60 – 65°C. Sampel tanaman jagung yang telah dioven ditimbang berat kering dan digiling menggunakan *chopper* dan sampel siap digunakan untuk analisis.

### 3.5. Variabel Pengamatan

Variabel utama yang diamati dalam penelitian ini adalah P Tersedia, P-terpanen dan Produksi. Selain itu, terdapat variabel pendukung yaitu pH tanah dan kandungan C-organik. Rincian variabel pengamatan dalam penelitian ini disajikan pada tabel berikut:

Tabel 4. Variabel pengamatan

No	Parameter	Metode	Waktu Pengamatan
1.	P-tersedia (Utama)	Bray Kurtz 1	0 HST, 63 HST dan 80 HST
2.	P-terpanen (Utama)	Pengabuan kering	63 HST
3.	Produksi (Utama)	Berat basah jagung	80 HST
4.	pH Tanah (Pendukung)	pH meter	0 HST, 63 HST dan 80 HST
5.	C-organik (Pendukung)	<i>Walkey and Black</i>	0 HST, 63 HST dan 80 HST

### 3.5.1 P Tersedia

Penetapan P-tersedia dengan metode Bray-I dilakukan dengan cara ditimbang 2 g sampel tanah lolos ayakan 2 mm dan ditambahkan pengeksrak Bray dan Kurt I (larutan 0,025 N HCl + NH<sub>4</sub>F 0,03 N) sebanyak 20 ml. Kemudian sampel tanah dikocok selama 10 menit dengan shaker dan disentrifuse selama 3 menit untuk memisahkan antara padatan dan larutan sampel. Setelah itu, larutan sampel akan disaring dengan menggunakan kertas saring. Larutan standar yang digunakan pada penelitian ini ialah 0 ppm, 0,5 ppm, 1 ppm, 1,5 ppm, 2 ppm dan 2,5 ppm. Larutan standar pada setiap konsentrasinya akan diambil sebanyak 5 ml dan ditambahkan dengan 10 mL larutan kerja dan diukur dengann menggunakan *spectrophotometer* untuk melihat nilai standar sebelum dilakukan pengecekan kandungan p tersedia pada sampel. Setelah itu, diambil larutan suspensi sebanyak 5 ml dan dimasukkan kedalam tabung reaksi. Ditambahkan 10 ml larutan kerja (amonium molibdat dan asam askorbat) dan kemudian diukur menggunakan *spectrophotometer* (Thom dan Utomo, 1991).

### 3.5.2 Fosfor Terpanen

Analisis tanaman dilakukan dengan menganalisis fosfor terpanen pada sampel tanaman vegetatif maksimum. Analisis jaringan tanaman dilakukan dengan cara pengabuan kering. Sampel tanaman yang telah dihaluskan kemudian ditimbang 1 gram dan dikeringabukan menggunakan tungku pengabuan selama 2 jam dengan suhu 300°C, lalu suhu dinaikkan sampai 500°C selama 4 jam kemudian tungku pengabuan dimatikan dan sampel dibiarkan dingin terlebih dahulu. Sampel yang sudah dingin dibasahi dengan beberapa tetes aquades sampai basah dan ditambahkan 10 mL HCl 1N pada lempengan pemanas hingga mendidih. Setelah mendidih lalu pindahkan cawan dan biarkan sampel mendingin, kemudian lakukan penyaringan abu menggunakan kertas saring yang sebelumnya dibilas dengan larutan asam. Setelah itu, cawan dibilas dengan 10 mL HCl 1 N dan dituangkan pada kertas saring. Selanjutnya, kertas saring dibilas menggunakan 50 mL aquades dan diencerkan dalam labu ukur dengan menambahkan aquades hingga batas tera 100 mL. Kemudian diambil 2 mL larutan sampel tanaman di

dalam tabung reaksi dan ditambahkan 18 mL larutan kerja (asam molibdat dan asam askorbat). Setelah itu, sampel dikocok selama 30 menit lalu dipindahkan kedalam kuvet. Kadar serapan unsur hara P dalam tanaman diukur dengan menggunakan spektrofotometer (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.5.3. Produksi Jagung Manis**

Produksi tanaman jagung manis dihitung pada setiap petak dengan mengambil 5 sampel tanaman secara acak. Pengamatan produksi jagung manis berdasarkan berat basah tanaman yang meliputi berat jagung beserta kelobot.

### **3.5.4 pH tanah**

Metode penetapan pH tanah yang digunakan pada penelitian kali ini, yaitu secara kolorimetri yang berdasarkan pH meter. Nisbah antara air dengan tanah yang digunakan umumnya adalah 1:2,5. Timbang 10 g sampel tanah masing-masing dimasukkan ke dalam botol kocok, ditambah 25 ml aquades ke dalam botol (pH H<sub>2</sub>O). Kemudian dikocok selama 30 menit. Suspensi tanah diukur dengan pH meter yang telah dikalibrasi dengan larutan sangga pH 7,0 dan pH 4,0 (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.5.5 C-organik**

Analisis C-organik tanah dilakukan dengan menggunakan metode *Walkley and Black*. Tahapan analisis yaitu ditimbang 0,5 g tanah kering udara kemudian dimasukkan kedalam erlenmeyer, lalu ditambahkan 5 mL K<sub>2</sub>Cr<sub>2</sub>O<sub>7</sub> erlenmeyer digoyangkan perlahan-lahan, kemudian ditambahkan 10 mL H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> dilakukan di dalam ruang asap digoyangkan sampai tercampur rata, lalu diamkan selama 30 menit di ruang asap, diencerkan dengan 100 mL aquades dan ditambahkan 5 mL asam fosfat pekat 2,5 mL NaF 4%, dan 5 tetes indikator difenil amin, kemudian dititrasi dengan ammonium sulfat 0,5 N hingga warna larutan berubah warna dari coklat kehijauan menjadi biru toska (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.6. Analisis Data**

Data yang diperoleh diuji homogenitas ragamnya dengan uji Barlett dan aditivitas data dengan uji Tukey. Jika asumsi terpenuhi maka data diolah dengan analisis ragam dan jika data berpengaruh nyata maka akan dilanjutkan dengan uji Beda Nyata Terkecil (BNT) pada taraf nyata 5%. Untuk mengetahui hubungan antara P-tersedia, P-terpanen dan Produksi dengan C-organik dan pH tanah akibat aplikasi dosis pemupukan N, P, K dan bahan amelioran di Balai Pelatihan Pertanian Lampung maka dilakukan uji korelasi.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1. Simpulan

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan maka simpulan yang dapat diambil adalah sebagai berikut:

1. Pemberian bahan amelioran menghasilkan ketersediaan fosfor lebih tinggi dari pada tanpa pemberian bahan amelioran ( $B_0$ ) pada fase vegetatif maksimum, sedangkan pada fase panen, ketersediaan fosfor tertinggi berada pada perlakuan kombinasi *biochar* sekam padi dan pupuk kandang sapi ( $B_1$ ). Pemberian bahan amelioran juga menghasilkan P-terpanen dan produksi jagung manis yang lebih tinggi dari pada tanpa pemberian bahan amelioran ( $B_0$ ).
2. Pemupukan setengah dosis rekomendasi ( $P_1$ ) dan pemupukan dosis rekomendasi ( $P_2$ ) menghasilkan ketersediaan fosfor yang lebih tinggi dari pada pemupukan dengan dosis tepat ( $P_3$ ) dan tanpa pemberian pupuk N,P,K ( $P_0$ ) pada fase vegetatif maksimum. Sedangkan pada fase panen ketersediaan fosfor tertinggi berada pada perlakuan pemupukan tepat dosis ( $P_3$ ). Fosfor terpanen tertinggi juga berada pada perlakuan pemupukan tepat dosis ( $P_3$ ). Pemupukan N,P, dan K menunjukkan produksi jagung manis yang lebih tinggi dibandingkan tanpa pemberian pupuk ( $P_0$ ). Pada pemupukan tepat dosis ( $P_3$ ) yang hanya menggunakan TSP  $14,04 \text{ kg ha}^{-1}$  mampu menghasilkan produksi yang setara dengan pemupukan dengan dosis rekomendasi ( $P_2$ ) yang menggunakan TSP  $150 \text{ kg ha}^{-1}$ .
3. Interaksi antara bahan amelioran dan dosis pemupukan N, P, dan K tidak memberikan pengaruh nyata terhadap P-tersedia baik fase vegetatif maksimum maupun fase panen serta produksi jagung manis maksimum maupun fase panen, C-organik fase panen, dan produksi. Sedangkan interaksi berpengaruh nyata terhadap P-terpanen dimana kombinasi *biochar* sekam padi dan pupuk

kandang sapi serta pemupukan dengan dosis tepat ( $B_1P_3$ ) menghasilkan fosfor terpanen tertinggi sebesar  $20,20 \text{ kg ha}^{-1}$ .

- 4..P-tersedia fase vegetatif maksimum berkorelasi sangat nyata dengan produksi dan P-tersedia fase panen berkorelasi nyata dengan produksi. C-organik fase vegetatif maksimum berkorelasi nyata dengan P-tersedia fase vegetatif maksimum dan produksi

## **5.2. Saran**

Berdasarkan hasil penelitian yang telah dilakukan penulis menyarankan agar dilakukan penelitian jangka panjang (lebih dari satu musim tanam) untuk mengamati efek residual bahan amelioran terhadap ketersediaan fosfor dan produktivitas tanaman pada musim tanam berikutnya.

## DAFTAR PUSTAKA

- Agviolita, P., Yushardi, dan Anggraeni, F. K. A. 2021. Pengaruh Perbedaan *Biochar* terhadap Kemampuan Menjaga Retensi pada Tanah. *Jurnal Fisika Unand (JFU)*, 10 (2) : 267-273.
- Aisah, N., Aini, S. N., Dermiyati., Arif, M. A. S., Setiawati, A. R., Prasetyo, D., dan Lumbanraja, J. 2024. Respirasi dan Biomassa Karbon Mikroorganisme (C-Mik) Tanah akibat Sistem Olah Tanah dan Pemupukan pada Tanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) Musim Tanam Ke-8. *Jurnal Agrotek Tropika*, 12(2): 447-460.
- Amir, N., Paridawati, I., Palmasari, B., dan Saputra, H. 2023. Peningkatan Produksi Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) Dengan Sistem Olah Tanah Dan Tingkat Pemupukan Kimia Berbeda. *Klorofil: Jurnal Penelitian Hayati*, 17(2): 41-46.
- Ammurabi, S. D., Anas, I., dan Nugroho, B. 2020. Partly substitution of chemical fertilizer with bio-organic fertilizer on maize (*Zea mays*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Lingkungan*, 22(1): 10-15
- Andayani, dan Sarido, L. 2013. Uji Empat Jenis Pupuk Kandang terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Cabai Keriting (*Capsicum annum* L.). *Jurnal Agrifor*, 12 (1): 22-29.
- Azza, R. K., Ginting, S., Resman., Darwis., Alam, S., dan Namriah. 2025. Evaluasi Status Kesuburan Tanah pada Lahan Tanaman Nilam di Desa Karya Mulya Kecamatan Kulisusu Barat Kabupaten Buton Utara. *Agronu: Jurnal Agroteknologi*, 4(1): 22-32.
- Azzahra, S. A. S., Susilowati, L. E., Sutrisno., dan Suriadi, A. 2025. Populasi Mikroba Tanah Rhizosfer Tanaman Jagung Akibat Pemberian Berbagai Jenis Bahan Organik serta Pengaruhnya terhadap Pertumbuhan Tanaman. *Jurnal Kultur Tanaman dan Biosistem (JKPTB)*, 13(1): 108-120.
- Badan Pusat Statistik (BPS). 2025. Produksi Tanaman Hortikultura 2024. BPS. Jakarta.
- Bawamenewi, T. A., Gea, F. H., dan Waruwu, S. 2025. Penggunaan *Biochar* untuk Meningkatkan Kualitas Tanah pada Sistem Pertanian Berkelanjutan.

*Hidroponik: Jurnal Ilmu Pertanian Dan Teknologi Dalam Ilmu Tanaman*, 2(1): 179-187.

- Brady, N. C., dan Weil, R. R. 2016. *The nature and properties of soils* (15th ed.). Pearson.
- Dibia, I. N., dan Suyarto. 2017. *Budidaya Jagung*. Universitas Udayana. Denpasar. 35.
- Dariah, A., Sutono, S., Nurida, N. L., Hartatik, dan Pertiwi, E. 2015. Pembenh Tanah untuk Meningkatkan Produktivitas Lahan Pertanian. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 9(2): 67-84.
- De Luca, T. H., MacKenzie, D., dan Gundale, M. J. 2009. *Biochar Effects on Soil Nutrient Transformation*. Oregon State University, 251-270.
- Dewayani, D. S., Amalia, T. S., dan Sulanjari. 2018. Pengaruh Aplikasi Hara Mikro Fe terhadap Analisis Pertumbuhan Tomat. *Seminar Nasional Dalam Rangka Dies Natalis UNS Ke 42*, 2(1): 212-219.
- Dewi, N. S., Zulkarnain, dan Setyaji, H. 2024. Pengaruh Pemberian *Biochar* Sekam Padi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.). *Skripsi*. Universitas Jambi.
- Edy, A., Sari, R. P. K., dan Pujisiswanto, H. 2021. Pengaruh Dosis Pupuk Organik *Bio-Slurry* Cair dan Waktu Aplikasi terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.). *Jurnal Agrotropika*, 20(1): 17-27.
- Eviati., Suleman., Herawaty, L., Anggria, L., Usman., Tantika, H. E., Prihatin, R., dan Wuningrum, P. 2023. *Petunjuk Teknis Edisi 3 Analisis Tanah, Tanaman, Air dan Pupuk*. Kementerian Pertanian Republik Indonesia. Bogor.
- Fadhlina, Jamidi, dan Usnawiyah. Aplikasi *Biochar* dengan Pupuk Kandang Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Jurnal Agrium*, 14(1) :26-35.
- Fikdalillah, Basir, M., dan Wahyudi, I. 2016. Pengaruh Pemberian Pupuk Kandang Sapi terhadap Serapan Fosfor dan Hasil Tanaman Sawi Putih (*Brassica pekinensis*) pada Entisols Sidera. *Jurnal Agrotekbis*, 4 (5): 491-499.
- Firmansyah, I. dan Sumarni, N. 2013. Pengaruh Dosis Pupuk N dan Varietas terhadap pH Tanah, N-Total Tanah, Serapan N, dan Hasil Umbi Bawang Merah (*Allium ascalonicum* L.) pada Tanah Entisols Dataran Tinggi. *Jurnal Hortikultura Indonesia*, 4(4): 361-368
- Fitriyah, A., Harmayani, R., Haryanto, H., Alimuddin, Mariani, Y., Kartika, N. M. A., Fajri, N. A., Permadi, H., Gunadi, S., Pamenang, G. D., Alyaminy, I. H.

- A. Z., dan Jamili, A. 2023. Kajian Kandungan Nutrisi *Bio-Slurry* Limbah Biogas dan Pemanfaatannya sebagai Pupuk Organik di Desa Batu Kuta Lombok Barat. *Baselang*, 4 (2): 256-265.
- Fuady, Z., dan Mustaqim. 2015. Pengaruh olah tanah terhadap sifat fisika tanah pada lahan kering berpasir. *Lentera: Jurnal Ilmiah Sains dan Teknologi*, 15(15): 1-8.
- Habi, M. L., Nendissa, J. I., Marasabessya, D., dan Kalay, A. M. 2018. Ketersediaan Fosfat, Serapan Fosfat, dan Hasil Tanaman Jagung (*Zea mays* L.) akibat Pemberian Kompos Granul Ela Sagu dengan Pupuk Fosfat pada Inceptisols. *Agrologia*, 7 (1): 42-52.
- Hakim, N., dan Agustina, M. 2021. Fiksasi fosfor oleh  $Al^{3+}$  dan  $Fe^{3+}$  pada tanah Ultisol masam di Indonesia. *Jurnal Tanah dan Pupuk*, 10(3): 123-130.
- Handayanto, E., dan Hariah, K. 2007. *Biologi Tanah, Landasan Pengelolaan Tanah Sehat*. Pustaka Adipura. Malang.
- Hardiyanti, R. A., Hamzah, dan Andriani. 2022. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan Bibit Merbau Darat (*Intsia palembanica*) di Pembibitan. *Jurnal Silva Tropika*, 6 (1): 15-22.
- Hariadi, Hidayati, N., Rosawanti, P., Susilo, D. E. H., dan Arfianto, F. 2023. Hubungan Tinggi Tanaman, Nisbah Pucuk Akar, Diameter Batang terhadap Berat Buah Cabai di Tanah Gambut. *Jurnal Daun*, 10(2): 260-269.
- Haryadi, D. H., Yetti, dan Yoseva, S. 2015. Pengaruh Pemberian Beberapa Jenis Pupuk terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Kailan (*Brassica alboglabra* L.). *Jom Faperta*, 2 (2): 1-10.
- Havlin, J. L., Tisdale, S. L., Nelson, W. L., dan Beaton, J. D. 2014. *Soil fertility and fertilizers: An introduction to nutrient management* (8th ed.). Pearson.
- Henny, H., dan Arsyad, A. R. 2022. Pengaruh Pengolahan Tanah Menggunakan Traktor dan Pupuk Organik terhadap Infiltrasi Tanah Andisol serta Produktivitas Kentang. *Jurnal Keteknik Pertanian Tropis dan Biosistem*, 10(1): 29-36.
- Herhandini, D. A., Suntari, R., dan Citraresmi, A. 2021. Pengaruh Aplikasi *Biochar* Sekam Padi dan Kompos terhadap Sifat Kimia Tanah, Pertumbuhan, dan Serapan Fosfor Tanaman Jagung pada Ultisol. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 8 (2): 385-394.
- Hilmi, A., Laili, S., dan Rahayu, T. 2018. Pengaruh Pemberian Limbah Biogas Cair dan Padat (*Bio-Slurry*) sebagai Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan Tanaman Sawi Hijau (*Brassica juncea*). *Jurnal Sains Alami*, 1(1) : 103-119.

- Hutagalung, F., Timotiwi, P. B., Ginting, Y. C., dan Manik, T. K. B. 2021. Pengaruh pengurangan intensitas radiasi matahari terhadap pertumbuhan dan kualitas selada romaine. *Jurnal Agrotek Tropika*, 9(3): 453-461.
- Idaryani., dan Fadwiwati, A. Y. 2022. Pengaruh Pemberian Pupuk NPK dan Pupuk Organik Padat (POP) terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung (*Zea mays* L.). *Agrovital: Jurnal Ilmu Pertanian*, 7(2): 1994-2002.
- Jamilah, Haryoko, W., Thesiwati, A. S., dan Herman, W. 2018. Pemupukan Berimbang dan Terpadu Pada Tanaman Pangan di Kelompok Tani Karya Maju Korong Indarung Nagari Aie Tajun. *Jurnal Pengabdian kepada Masyarakat Dewantara*, 1(1): 34-40
- Juliati, S. 2008. Pengaruh Pemberian Zn dan P terhadap Bibit Jeruk Varietas *Japanese citroen* pada Tanah Inseptisol. *Jurnal Hort*, 18(4):409-419.
- Kasno, A. 2009. Respon Tanaman Jagung terhadap Pemupukan Fosfor pada Typic Dystrudepts. *Jurnal Tanah Tropika*, 14 (2) : 111-118.
- Kasno, A. 2019. Perbaikan Tanah untuk Meningkatkan Efektivitas dan Efisiensi Pemupukan Berimbang dan Produktivitas Lahan Kering Masam. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 13 (1) : 27-40.
- Kementerian Pertanian. 2020. *Rekomendasi Pupuk N, P, dan K Spesifik Lokasi untuk Tanaman Padi, Jagung, dan Kedelai pada Lahan Sawah (Per Kecamatan)*. Kementrian Pertanian. Jakarta.
- Kusumastuti, A., Indrawati, W., Supriyanto, dan Kurniawan, A. 2022. Keanekaragaman Mesofauna Tanah dan Aktivitas Mikroorganisme Tanah Pada Berbagai Dosis Biochar dan Pupuk Majemuk NPK. *Agriprima: Journal of Applied Agricultural Sciences*, 6(2): 145-162.
- Leatemia, R. T., Ajidirman, dan Wiskandar. 2021. Aplikasi *biochar* sekam padi dan pupuk kotoran ayam terhadap fosfor tersedia pada tanah reklamasi tambang batubara serta hasil kedelai (*Glycine max* L.). *Jurnal Agroekotania*, 5(2), 1-12.
- Lehmann, J., dan Joseph, S. 2015. *Biochar for environmental management: Science, technology and implementation* 2nd ed.). Routledge. New York.
- Lisdiyanti, M., Sarifuddin, dan Guchi, H. 2018. Pengaruh Pemberian Bahan Humat dan Pupuk SP-36 untuk Meningkatkan Ketersediaan Fosfor pada Tanah Ultisol. *Jurnal Pertanian Tropik*, 5(2): 192- 198.
- Lumbanraja, R., Lumbanraja, J., Norvpriansyah, H., dan Utomo, M. 2020. Perilaku Pertukaran Kalium (K) dalam Tanah, K Terangkut serta Produksi Jagung (*Zea mays* L.) Akibat Olah Tanah dan Pemupukan di Tanah Ultisol Gedung Meneng pada Musim Tanam Ketiga. *Journal of Tropical Upland*

- Resources (J. Trop. Upland Res.)*, 2(1), 1–15.
- Manek, S. S., dan Joka, U. 2020. Sistem Pendukung Keputusan Kelayakan Panen pada Tanaman Jagung. *Jurnal Saintek Lahan Kering*, 3(2): 38-41.
- Masulili, A. 2010. Rice Husk Biochar for Rice Based Cropping System in Acid Soil 1. The Characteristics of Rice Husk Biochar and Its Influence on the Properties of Acid Sulfate Soils and Rice Growth in West Kalimantan, Indonesia. *Journal of Agricultural Science*, 2(1):39-47.
- Muhlisin, A., Ermadani, dan Sa'ad, A. 2022. Evaluasi Status Hara Kalium dan Kapasitas Tukar Kation (KTK) Ultisol pada Berbagai Penggunaan Lahan. *Agroecotania*, 5(2): 67-76.
- Mulyani, A., Rachman, A., dan Dariah, A. 2016. Pengaruh Pemberian Bahan Organik terhadap Sifat Kimia Tanah dan Produktivitas Lahan. *Jurnal Sumber daya Lahan*, 10(1): 1–9.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor
- Muriadin, M., Manfarizah, M., dan Darusman. 2023. Aplikasi *Biochar* terhadap Perubahan Sifat Fisika Tanah dan Pertumbuhan Pakcoy (*Brassica rapa L.*). *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Pertanian*, 8(1): 332-341.
- Muslimah, D. H., Widyastuti, R., dan Djajakirana, G. 2022. Aplikasi Kombinasi *Biochar* dan Pupuk Hayati pada Tanaman Jagung di Lahan Kering Kabupaten Pandeglang. *J. Il. Tan. Lingk*, 24 (2): 47-52.
- Mustikaningrum, D. 2023. Pengaruh Aplikasi *Bio-slurry* terhadap Perbaikan Sifat Kimia Tanah. *RADIKULA : Jurnal Ilmu Pertanian*, 2(2): 94-99.
- Muyassir, dan Manfarizah. 2012. Variasi Dosis dan Teknik Pemupukan NPK terhadap Sifat Kimia Tanah, Serapan Hara serta Hasil Terung (*Solanum melongena L.*). *Lentera*, 12(2): 1-7.
- Novira, F., Husnayetti, dan Yoseva, S. 2015. Pemberian Pupuk Limbah Cair Biogas dan Urea, TSP, KCL terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata Sturt.*). *Jom Faperta*, 2(1): 1-15.
- Nurdin, M.A., Usnawiyah, R.D., Handayani, S., Zuliati, S., Ulham, H., dan Tumangger, K. 2024. Peran *Biochar* Sekam Padi sebagai Bahan Ameliorasi pada Pertumbuhan dan Produksi berbagai Varietas Kacang Tanah. *Jurnal Agrium*, 21(4); 358-366.
- Nurida, N. L., dan Rachman, A. 2012. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembena Tanah *Biochar* di Typic Kanhapludults Lampung. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 6(2): 57–68

- Nurida, N. L., Rachaman, A., dan Sutono, S. 2015. *Biochar Pembenh Tanah yang Potensial*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Kementerian Pertanian. 48 hlm.
- Okalia, D., Nopsagiarti, T., dan Marlina, G. 2020. Karakteristik sifat kimia tanah (pH, P-Tersedia, P-Potensial dan AL-DD) pada lahan Agrowisata Beken Jaya. *Repository PPNP*.
- Permana, A. D. 2018. Pengaruh Pupuk Urea dengan Zeolit terhadap pH Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Padi. *Soilrens*, 16(1): 1-10
- Permatasari, G. Y., Suwastika, A. A. N. G., dan Kesumadewi, A. A. I. 2019. Dinamika Amonium dan Nitrat Lahan Sawah Latosol pada Budidaya Konvensional Padi Lokal dan Hibrida di Subak Jatiluwih. *Agrotrop: Journal on Agriculture Science*, 9(2): 135-145.
- Pertiwi, B. 2014. Jagung Manis Exsotic. <https://benihpertiwi.co.id/jagung-manis-exsotic>. Diakses pada 31 Juli 2025. Pukul 22.00 WIB.
- Puspadewi, N. P. A., Sutari, N. L. P., dan Kusumiyati. 2016. Pengaruh nitrogen dan fosfor terhadap hasil jagung manis pada fase generatif. *Jurnal Ilmu Pertanian Indonesia*, 21(1): 45-52.
- Puspita, V., Syakur, S., dan Darusman, D. 2021. Karakteristik *biochar* sekam padi pada dua temperatur pirolisis. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Fakultas Pertanian Universitas Syiah Kuala*, 6(4): 732-739.
- Putri V. I., Mukhlis, dan Hidayat, B. 2017. Pemberian Beberapa Jenis Biochar untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*, 5 (4) : 824- 828.
- Putriani, S. S., Yusnaini, S., Septiana, L. M., dan Dermiyati. 2022. Aplikasi *Biochar* dan Pupuk P terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays saccharata* Sturt.) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*, 10 (4): 615-626.
- Rajmi, S. L., Margarettha., dan Refliaty. 2018. Peningkatan ketersediaan P Ultisol dengan pemberian Fungi Mikoriza Arbuskular. *Jurnal Agroecotania*, 1(2): 42-48.
- Ratmini, N. P. S., dan Maryana, Y. E. 2021. Pengelolaan Kesuburan Lahan Kering Masam Mendukung Ketahanan Pangan Nasional. *Prosiding Seminar Nasional Lahan Suboptimal ke-9*.
- Rizqullah, H., Sitawati, dan Guritno, B. 2017. Pengaruh Macam dan Cara Aplikasi Pupuk Organik terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung Manis. *Produksi Tanaman*, 5(3): 387-389.

- Rosmarkam dan Widya, A. N. 2020. *Ilmu Kesuburan Tanah*. Kanisius. Yogyakarta. 224 hlm.
- Saifulloh, A.A., dan Suntari, R. 2022. Peningkatan Pertumbuhan, Serapan Unsur Hara N, P, K Serta Produksi Tanaman Jagung di Entisol Kalidawir, Tulungagung Akibat Aplikasi Pupuk Kandang Sapi dan Pupuk NPK. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*, 9(1): 193–200.
- Salawati, S., Rahmawati, D., dan Herlina, N. 2022. Perubahan Beberapa Sifat Kimia Tanah Sawah Setelah Pengaplikasian Pupuk Kandang Sapi. *Jurnal Agroqua*, 20(2): 158–167.
- Salawati, M., Basir, I., Kadekoh, dan Thaha, A.R. 2016. Potensi *Biochar* Sekam Padi terhadap Perubahan pH, KTK, C-Organik dan P-tersedia pada Tanah Sawah Inceptisol. *J. Agroland*, 23 (2): 101-109.
- Sari, M. N., Sudarsono, dan Darmawan. 2017. Pengaruh Bahan Organik terhadap Ketersediaan Fosfor pada Tanah-Tanah Kaya Al dan Fe. *Buletin Tanah dan Lahan*, 1(1): 65-71.
- Septyani, I. A. P., dan Hamdi, F. H. 2022. Pemanfaatan Campuran *Biochar* Sekam Padi dan Kotoran Sapi dalam Meningkatkan Kesuburan Tanah Bekas Tambang Batubara Sawahlunto. *Jurnal Agroplasma*, 9 (1): 1-9.
- Simamora, N. M., Asmuruf, F. A., Himawan., Sriyanto., Futwembun, A., dan Suwito. 2025. Perbandingan Efektivitas *Biochar* dari Serbuk Kayu dan Ampas Sagu dalam Penyerapan Emisi CO<sub>2</sub> dalam Tanah. *AVOGADRO Jurnal Kimia*, 9(1): 26-34
- Singgih, B., dan Yusmiati. 2018. Pemanfaatan Residu/Ampas Produksi Biogas dari Limbah Ternak (*Bio-Slurry*) sebagai Sumber Pupuk Organik. *Jurnal Kelitbangan*, 6(2): 139-148.
- Siswanto, B. 2018. Sebaran unsur hara N, P, K dan pH dalam tanah. *Buana Sains*, 18(2): 109-124.
- Sofyan, E. T., Machfud, Y., Yeni, H., dan Herdiansyah, G. 2019. Penyerapan Unsur Hara N, P dan K Tanaman Jagung Manis Akibat Aplikasi Pupuk Urea, SP- 36, KCl dan Pupuk Hayati. *Jurnal Agrotek Indonesia*, 4(1), 1–7.
- Sofyan, E. T., Sudirja, R., dan Syahrin, K. A. 2024. Pengaruh Kombinasi Pembenh Tanah dan Pupuk N, P, K terhadap P Potensial, P-Tersedia, Serapan P, dan Hasil Padi (*Oryza sativa* L.) pada Tanah Inceptisols Asal Jatinangor. *Jurnal Pertanian Agros*, 26(1) :452-459.
- Suarni dan Widowati, S. 2016. *Struktur, Komposisi, dan Nutrisi Jagung*. Balai Besar Penelitian dan Pengembangan Pascapanen Pertanian. Bogor. 426 hlm.

- Subiska, I., dan Husnain. 2019. Pengaruh Pembena Tanah Organomineral pada Lahan Kering Masam terhadap Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Jagung. *Penelitian Pertanian Tanaman Pangan*, 3(1): 23-30.
- Sufardi., Syakur., dan Karnilawati. 2013. Amelioran Organik dan Mikoriza Meningkatkan Status Fosfat Tanah dan Hasil Jagung pada Tanah Andisol. *Jurnal Agrista*, 17(1): 1-17.
- Suharyatun, S., Warji., Haryanto, A., dan Anam, K. 2021. Pengaruh Kombinasi *Biochar* Sekam Padi dan Pupuk Organik Berbasis Mikroba terhadap Pertumbuhan dan Produksi Sayuran. *Jurnal Teknotan*, 15(1): 21-26
- Sujana, I. P., dan Pura, I. N. L.S. 2015. Pengelolaan Tanah Ultisol dengan Pemberian Pembena Organik *Biochar* Menuju Pertanian Berkelanjutan. *Agrimeta*, 5(9):1-9
- Sukarman., Risfaheri, B., Hafif., dan Hidayat, H. 2013. *Peta Zona Agroekologi Provinsi Lampung Skala 1:250.000*. Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian. Jakarta.
- Thom, W. O., dan Utomo, M. 1991. *Manajemen laboratorium dan metode analisis tanah dan tanaman*. Universitas Lampung. Bandar Lampung.
- Wawo, V. V. P. 2018. Pengaruh Dosis Pupuk Kandang Sapi terhadap Sifat Fisik dan Kimia Tanah pada Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.). *Agrica*, 11 (2): 153– 163.
- Widyati, E. 2017. Memahami Komunikasi Tumbuhan-Tanah dalam Areal Rhizosfir untuk Optimasi Pengelolaan Lahan. *Jurnal Sumberdaya Lahan*, 11(1): 33–43.
- Wilujeng,S. A., dan Prasetyo, D. A. 2012. Penurunan Kandungan C Organik Dan Pembentukan Gas Pada Proses Pengomposan Eceng Gondok. *Jurnal Purifikasi*, 13(2): 17-24.
- Yuliana, N. D., Darwis, Resman, Namriah, Ginting, S., dan Rembon, F. 2022. Pengaruh *Biochar* dan Bokashi terhadap pH Tanah, P-tersedia dan Hasil Cabai Rawit (*Capsicum frutescens* L.) pada Tanah Ultisol. *Jurnal Berkala Penelitian Agronomi*, 10 (1): 85 – 95.
- Yunanda, F., Soemeinaboedhy, I. N., dan Silawibawa, I.P. 2022. Pengaruh Pemberian Berbagai Pupuk Organik Terhadap Sifat Fisik Tanah, Kimia Tanah, Dan Produksi Kacang Tanah (*Arachis hypogaea* L.) Di Kecamatan Kediri. *Jurnal Ilmiah Mahasiswa Agrokomplek*, 1(3): 294-303.
- Yuniarti, A., Solihin, E., dan Damayani, M. 2014. Aplikasi Pupuk Organik, Pupuk NPK, dan Bakteri Pelarut Fosfat terhadap Sifat Kimia Tanah dan Hasil Tanaman Jagung Pada Ultisol Jatinangor. *Jurnal Agroekoteknologi*, 6(1):1-7