

**PRODUKSI JAGUNG, PERILAKU JERAPAN FOSFOR (LANGMUIR),  
FOSFOR DAN KALIUM TERANGKUT AKIBAT PERLAKUAN  
BIOCHAR DAN PEMUPUKAN FOSFOR DI TANAH ULTISOL GEDONG  
MENENG**

**(Skripsi)**

**Oleh**

**Alfina Dwiyanti**

**1914181040**



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
2023**

## **ABSTRAK**

### **PRODUKSI JAGUNG, PERILAKU JERAPAN FOSFOR (LANGMUIR), FOSFOR DAN KALIUM TERANGKUT AKIBAT PERLAKUAN BIOCHAR DAN PEMUPUKAN FOSFOR DI TANAH ULTISOL GEDONG MENENG**

**Oleh**

**Alfina Dwiyanti**

Jagung sebagai sumber kebutuhan akan pangan mengalami peningkatan diiringi dengan bertambahnya jumlah penduduk. Namun, produksi jagung mengalami penurunan yang diakibatkan dari permasalahan tanah ultisol berupa kesuburan tanah. Usaha untuk memperbaiki kesuburan tanah ultisol yaitu dengan pemupukan P dan penambahan biochar. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui produksi jagung, perilaku jerapan fosfor (Langmuir), fosfor dan kalium terangkut akibat perlakuan biochar dan pemupukan fosfor. Penelitian dirancang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) dengan 2 faktor dan 3 ulangan. Faktor pertama adalah berbagai jenis biochar (B) dengan 4 taraf yaitu Tanpa biochar (B0), Biochar sekam padi (B1), Biochar tongkol jagung (B2), dan Biochar batang singkong (B3). Faktor kedua adalah pemupukan fosfat (P) dengan 2 taraf yaitu Tanpa pupuk P (P0), dan pupuk P (P1). Penanaman jagung dilaksanakan di Laboratorium Lapangan Terpadu, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Hasil penelitian, produksi jagung menunjukkan pada perlakuan biochar batang singkong dan pupuk P berbeda nyata tertinggi dibandingkan perlakuan lainnya. Jerapan P maksimum tanah yang diberi perlakuan biochar batang singkong dan P lebih rendah dibandingkan tanah komposit (sebelum tanam) dan perlakuan lainnya. Jerapan P maksimum ( $X_{max}$ ) sebelum tanam tidak berkorelasi terhadap sifat kimia tanah. Jerapan P maksimum ( $X_{max}$ ) setelah panen berkorelasi terhadap P-potensial dan N-total.

Kata kunci: Biochar, Langmuir, fosfor terangkut jagung, Kalium terangkut jagung, Pupuk fosfat.

## ABSTRACT

### PRODUCTION OF CORN, EXCHANGE OF PHOSPHOR IN THE SOIL (LANGMUIR), AND TRANSPORTED OF PHOSPHORUS AND POTASSIUM DUE TO THE TREATMENT OF BIOCHAR AND PHOSPHORUS FERTILIZER IN ULTISOL GEDONG MENENG

By:

**Alfina Dwiyanti**

*Corn as a source of staple foods has experienced an increase accompanied by the growing population. However, corn production has decreased due to soil ultisol fertility. Efforts to improve ultisol soil fertility include phosphorus fertilization and the addition of biochar. This research was conducted to determine corn production, phosphorus sorption behavior (Langmuir), and the harvested of phosphorus and potassium due to biochar treatment and phosphorus fertilization. The study used a randomized block design (RBD) with 2 factors and 3 replications. The first factor was various types of biochar (B), namely without biochar (B0), rice husk biochar (B1), corncob biochar (B2), and cassava stem biochar (B3). The second factor was phosphate (P) fertilization with 2 levels, namely without P fertilizer (P0) and P fertilizer (P1). Corn was planted at the Integrated Field Laboratory, Faculty of Agriculture, University of Lampung. The research results indicate that corn production shows a significantly higher difference in the treatment of cassava stem biochar and phosphorus fertilizer compared to other treatments. The maximum P adsorption of soil treated with cassava stem biochar and P was lower than composite soil (before planting) and other treatments. Maximum P adsorption ( $X_{max}$ ) before planting does not correlate with soil chemical properties. Maximum P adsorbed ( $X_{max}$ ) after harvest is correlated with potential P and total N.*

**Keywords:** Biochar, Langmuir, Phosphor transported by corn, Potassium transported by corn, Fertilizer Phosphate.

**PRODUKSI JAGUNG, PERILAKU JERAPAN FOSFOR (LANGMUIR),  
FOSFOR DAN KALIUM TERANGKUT AKIBAT PERLAKUAN  
BIOCHAR DAN PEMUPUKAN FOSFOR DI TANAH ULTISOL GEDONG  
MENENG**

**Oleh**

**Alfina Dwiyanti**

**Skripsi**

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

**Pada**

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



**JURUSAN ILMU TANAH  
FAKULTAS PERTANIAN  
UNIVERSITAS LAMPUNG  
BANDAR LAMPUNG  
2023**

Judul Skripsi : **PENGARUH SISTEM OLAH TANAH DAN PEMUPUKAN JANGKA PANJANG TAHUN KE-35 TERHADAP RESPIRASI TANAH PADA PERTANAMAN KACANG HIJAU (*Vigna radiata L.*) DI POLITEKNIK NEGERI LAMPUNG**

Nama Mahasiswa : Rachelia Novia Amanda


NPM : 1914181023

Jurusan : Ilmu Tanah

Fakultas : Pertanian

**MENYETUJUI**

1. Komisi Pembimbing

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

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

2. Ketua Jurusan Ilmu Tanah

  
Ir. Hery Novpriansyah, M.Si.  
NIP 196611151990101001



**MENGESAHKAN**

**1. Tim Penguji**

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



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



**Penguji : Dr. Ir. Henrie Bucharie, M.Si.**



**2. Dekan Fakultas Pertanian**



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

**Tanggal Lulus Ujian : 10 Agustus 2023**

## SURAT PERNYATAAN

Saya yang bertanda tangan di bawah ini, menyatakan bahwa skripsi saya yang berjudul **“Pengaruh Sistem Olah Tanah dan Pemupukan Nitrogen Jangka Panjang Tahun ke 35 Terhadap Respirasi Tanah pada Pertanaman Kacang Hijau (*Vigna radiata* L.) di Politeknik Negeri Lampung”** merupakan hasil karya saya sendiri bukan hasil karya orang lain. Penelitian ini merupakan penelitian TOT dengan dosen penanggung jawab yaitu Nur Afni Afrianti, S.P., M.Sc. dengan menggunakan dana dosen penanggung jawab. Semua hasil yang tertuang dalam skripsi ini telah mengikuti kaidah penulisan karya ilmiah Universitas Lampung. Apabila dikemudian hari terbukti bahwa skripsi ini merupakan salinan atau dibuat oleh orang lain, maka saya bersedia menerima sanksi dengan ketentuan akademik yang berlaku.

Bandar Lampung, 30 Juli 2023  
Penulis,



**Rachelia Novia Amanda**

**NPM 1914181023**

## **RIWAYAT HIDUP**

Penulis lahir di Kabupaten Bogor pada tanggal 3 Juni 2001 sebagai anak kedua dari 2 bersaudara dari pasangan Bapak Pratikno dan Ibu Siti Mulia. Pendidikan formal dimulai di Taman Kanak-kanak (TK) YPQ Kecamatan Parung Panjang, Kabupaten Bogor pada tahun 2006-2007, kemudian melanjutkan pendidikan di SD IT Madany, Kecamatan Parung Panjang, Kabupaten Bogor pada tahun 2007-2013, kemudian melanjutkan pendidikan SMP IT AL-Madany Kecamatan Parung Panjang, Kabupaten Bogor pada tahun 2013-2016 dan selanjutnya menempuh Sekolah di SMAN 28 Kabupaten Tangerang pada tahun 2016- 2019.

Penulis terdaftar sebagai mahasiswa Program Studi Ilmu Tanah, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung, pada tahun 2019. Selama menjadi mahasiswa penulis aktif dalam kegiatan organisasi yaitu menjadi anggota bidang Kominfo (periode 2020 -2021 dan periode 2021 -2022) Gabungan Mahasiswa Ilmu Tanah Universitas Lampung (Gamatala).

Pada bulan Januari hingga Februari 2022 penulis melaksanakan Kuliah Kerja Nyata (KKN) di Kecamatan Gunung Sindur, Kabupaten Bogor. Pada Bulan Juni sampai Agustus 2022, penulis melaksanakan kegiatan Praktik Umum (PU) di PTPN 7 Unit Kedaton Way Galih Kabupaten Lampung Selatan di bawah naungan PTPN 7 Unit Kedaton dengan judul topik “Manajemen Pemupukan dan Produksi Pada Tanaman Karet Tahun Tanam 2012 di Afdelling 2 PTPN VII Unit Kedaton Way Galih, Lampung Selatan”.



*Bismillahirrahmanirrahiim...*

*Dengan penuh syukur dan kerendahan hati ku persembahkan karyaku ini  
Kepada*

*Kedua orang tuaku tercinta Ayah Pratikno dan Ibu Siti Mulia serta Kakaku satu- satunya Eko  
Pebriyanto  
Serta seluruh keluarga*

*Terimakasih atas semua doa dan dukungan yang terucap untuk kesuksesanku,  
serta motivasi yang telah diberikan kepadaku selama ini*

*Serta*

*Almamater Tercinta*

*Ilmu Tanah*

*Fakultas Pertanian*

*Universitas Lampung*

*“Allah akan meninggikan orang-orang yang beriman diantaramu dan orang-orang yang diberi ilmu pengetahuan beberapa derajat.”*

*(Q.S. Al-Mujadalah: 11)*

*“Menuntut ilmu adalah takwa. Menyampaikan ilmu adalah ibadah. Mengulang-ulang ilmu adalah zikir. Mencari ilmu adalah jihad.” (Abu Hamid Al-Ghazali)*

*“Barang siapa ke luar untuk mencari sebuah ilmu, maka ia akan berada di jalan Allah hingga ia Kembali.” (HR. Tirmidzi)*

*“Jadilah versi terbaik dari dirimu sendiri dan janganlah membanding-bandingkan dirimu dengan orang lain karna setiap orang mempunyai proses yang berbeda-beda”*

*(Alfina)*

## SANWACANA

Puji dan syukur kepada Allah SWT yang telah memberikan rahmat, hidayah, serta inayah-Nya sehingga penulis dapat menyelesaikan semua rangkaian proses penelitian dan penulisan skripsi ini yang berjudul “Respon Produksi Jagung Perilaku Jerapan Fosfor (Langmuir), Fosfor, dan Kalium Terangkut Akibat Perlakuan Biochar dan Pemupukan Fosfor di Tanah Ultisol Gedong Meneng”. Skripsi ini dibuat sebagai salah satu syarat utama dalam mencapai gelar Sarjana Pertanian, Fakultas Pertanian Universitas Lampung.

Penulis menyampaikan terimakasih yang tak terhingga kepada pihak-pihak yang terlibat dalam proses penelitian maupun dalam penyelesaian skripsi, yaitu kepada:

1. Bapak Prof. Dr. Ir. Irwan Sukri Banuwa, M.Si., selaku Dekan Fakultas Pertanian Universitas Lampung.
2. Bapak Ir. Hery Novpriansyah, M.Si., selaku Ketua Jurusan Ilmu Tanah Universitas Lampung.
3. Bapak Prof. Ir. Jamalam Lumbanraja, M.Sc., Ph.D., selaku dosen pembimbing pertama yang telah memberikan pengarahan, saran dan kritik serta nasehat kepada penulis dalam melaksanakan rangkaian proses penelitian hingga penulisan skripsi ini, serta telah membimbing dari awal perkuliahan sampai dengan penulis menyelesaikan study di Universitas Lampung.
4. Ibu Liska Mutiara Septiana, S.P., M.Si., selaku dosen pembimbing kedua dan dosen pembimbing percepatan skripsi yang telah memberikan bimbingan dan saran serta motivasi kepada penulis dalam melaksanakan penelitian hingga penulisan skripsi.

5. Ibu Dr. Supriatin, S.P., M.Sc., selaku dosen penguji dan dosen pembimbing akademik yang telah memberikan arahan, saran dan kritik yang membangun dalam penelitian dan penulisan skripsi.
6. Ayah Pratikno dan Ibu Siti Mulia, selaku orang tua saya yang memberikan do'a, motivasi, dan segala dukungan yang tak terhingga, serta kakak saya Eko Pebriyanto yang memberikan do'a, dukungan serta motivasi kepada penulis untuk menyelesaikan study di Universitas Lampung. Kepada kedua Kakek Nenek, karena telah melahirkan kedua orang tua saya, dan telah memberikan bantuan yang tidak dapat dibalas, serta keluarga besar yang turut mendukung saya selama study di Universitas Lampung.
7. Kepada kedua Kakek Nenek, karena telah melahirkan kedua orang tua saya, dan telah memberikan bantuan yang tidak dapat dibalas, serta keluarga besar yang turut mendukung saya selama study di Universitas Lampung.
8. Putri Jihanisah, sebagai keponakan yang telah memberi dukungan kepada saya, tempat cerita, dan tempat untuk bermain.
9. Beberapa teman-teman SD saya, sebagai sahabat yang telah memberikan semangat, tempat cerita, motivasi serta tempat untuk berkumpul dan saling bertukar pikiran.
10. Eka Ismy, dan Rani Yunita, sebagai sahabat sejak SMA yang telah memberikan dukungan untuk menyelesaikan skripsi.
11. Teman-teman tim penelitian yang senantiasa bahu membahu dalam pelaksanaan kegiatan penelitian hingga penelitian terselesaikan.
12. Seluruh teman-teman seangkatan jurusan Ilmu Tanah 2019 yang selalu saling tolong-menolong dari awal masuk sebagai mahasiswa Universitas Lampung hingga penulis menyelesaikan study di Universitas Lampung.

Semoga skripsi ini dapat bermanfaat bagi penulis maupun pembaca, saran dan kritik dari berbagai pihak penulis harapkan, agar dapat lebih sempurna lagi.

Bandar Lampung, 10 November 2023

Penulis

Alfina Dwiyanti



## DAFTAR ISI

	Halaman
<b>DAFTAR TABEL .....</b>	<b>iii</b>
<b>DAFTAR GAMBAR .....</b>	<b>v</b>
<b>DAFTAR LAMPIRAN .....</b>	<b>vi</b>
<b>I. PENDAHULUAN .....</b>	<b>1</b>
1.1 Latar Belakang .....	1
1.2 Rumusan Masalah .....	3
1.3 Tujuan .....	4
1.4 Kerangka Pemikiran .....	4
1.5 Hipotesis .....	9
<b>II. TINJAUAN PUSTAKA .....</b>	<b>10</b>
2.1 Deskripsi Tanaman Jagung .....	10
2.2 Tanah Ultisol .....	11
2.3 Biochar .....	12
2.4 Pupuk .....	13
2.5 Jerapan Fosfor, Fosfor Terangkut, dan Kalium Terangkut .....	14
2.6 Pengaruh Berbagai Biochar dan Pupuk P terhadap Produksi Tanaman Jagung .....	15
<b>III. METODOLOGI PENELITIAN .....</b>	<b>17</b>
3.1 Waktu dan Tempat .....	17
3.2 Alat dan Bahan .....	17
3.3 Metode .....	18
3.4 Pelaksanaan Penelitian .....	19
3.4.1 Pembuatan Biochar .....	19
3.4.2 Pembersihan Lahan dan Pembuatan Petak .....	20
3.4.3 Aplikasi Biochar .....	20
3.4.4 Penanaman Jagung .....	21
3.4.5 Pemupukan .....	21
3.4.6 Pemeliharaan .....	22

3.4.7 Pengamatan .....	22
3.4.8 Panen Jagung .....	23
3.5 Variabel Pengamatan .....	23
3.6.1 Analisis Tanah .....	23
3.6.2 Analisis Tanaman .....	24
3.6.3 Model Isotermik Langmuir .....	24
3.7 Analisis Data .....	26
3.7.1 Analisis Ragam dengan Uji F .....	26
3.7.2 Uji Student-T .....	27
3.7.3 Uji Korelasi .....	27
<b>IV. HASIL DAN PEMBAHASAN.....</b>	<b>28</b>
4.1 Karakteristik Kimia Tanah Ultisol Gedong Meneng .....	28
4.2 Pengaruh Interaksi Berbagai Macam Biochar dan Pupuk P terhadap Tinggi Tanaman, Jumlah daun, dan Diameter Batang Tanaman Jagung .....	31
4.3 Pengaruh Pemberian Berbagai Macam Biochar dan Pupuk P terhadap BP 100 Butir Biji, Berat Kering Biomassa Berangkas, Biomassa Tongkol Biomassa Biji, dan Biomassa Total .....	33
4.4 Pengaruh Interaksi Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P terhadap Produksi Biji Jagung .....	36
4.5 Pengaruh Pemberian Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P terhadap Serapan P Berangkas, Serapan P Tongkol, Serapan P Biji, Serapan P Total .....	37
4.6 Pengaruh Interaksi Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P terhadap Serapan K Berangkas, Serapan K Tongkol, dan Serapan K Biji .....	40
4.7 Perilaku Jerapan Maksimum ( $X_{max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan (KL) pada Tanah Ultisol Gedong Meneng dengan Perlakuan Pemberian Berbagai Jenis Biochar dan Pupuk P .....	43
4.8 Signifikasi Parameter Jerapan Maksimum P ( $X_{max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan ( $K_L$ ) .....	46
4.9 Uji Korelasi Hasil Analisis Tanah dengan Jerapan Maksimum P ( $X_{max}$ ) dan Relatif Energi Ikatan P ( $K_L$ ) .....	50
<b>V. SIMPULAN DAN SARAN .....</b>	<b>53</b>
5.1 Simpulan .....	53
5.2 Saran .....	54
<b>DAFTAR PUSTAKA .....</b>	<b>55</b>
<b>LAMPIRAN .....</b>	<b>64</b>

## DAFTAR TABEL

Tabel	Halaman
1. Pembuatan larutan seri P .....	25
2. Hasil analisis sifat kimia tanah .....	28
3. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman .....	31
4. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap jumlah daun .....	32
5. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap diameter batang .....	32
6. Pengaruh pemberian berbagai jenis biochar dan pupuk P terhadap BP 100 butir Biji, berat kering biomassa berangkasan .....	34
7. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap berat kering biomassa tongkol, biomassa biji, dan biomassa total .....	35
8. Pengaruh interaksi berbagai jenis biochar dan pupuk P terhadap bobot panen produksi biji .....	37
9. Pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap serapan P Berangkasan .....	38
10. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap serapan P tongkol, dan serapan P biji .....	39
11. Pengaruh pemberian berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap serapan P total tanaman .....	40
12. Pengaruh interaksi berbagai macam biochar dan pupuk P terhadap serapan K berangkasan, serapan K tongkol, dan serapan K biji .....	42
13. Persamaan linear isotermik Langmuir jerapan P tanah sebelum tanam setelah panen .....	45
14. Uji student-t pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan	

relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah sebelum tanam .....	47
15. Uji student-t pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah setelah panen dan komposit tanah awal .....	47
16. Uji student-t pada parameter jerapan maksimum P ( $X_{max}$ ) dan relatif energi ikatan P ( $K_L$ ) pada tanah setelah panen .....	49
17. Hasil uji korelasi antara $X_{max}$ dengan $K_L$ tanah sebelum tanam .....	50
18. Hasil uji korelasi antara $X_{max}$ dengan $K_L$ tanah setelah panen .....	51



## DAFTAR GAMBAR

Gambar	Halaman
1. Kurva Isotermik Langmuir dengan Persamaan $\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b}$ .....	8
2. Tata Letak Percobaan .....	18
3. Kurva Isotermik Langmuir dengan Persamaan $\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b}$ .....	26
4. Pengaruh Perlakuan Biochar dan Pupuk P terhadap Jerapan P Maksimum ( $X_{max}$ ) B0= tanpa biochar, B1= biochar sekam padi, B2= biochar tongkol jagung, B3= biochar batang singkong, P0= tanpa pupuk P, P1= pupuk P .....	44
5. Pengaruh Perlakuan Biochar dan Pupuk P terhadap Relatif Energi Ikatan ( $K_L$ ) B0= tanpa biochar, B1= biochar sekam padi, B2= biochar tongkol jagung, B3= biochar batang singkong, P0= tanpa pupuk P, P1= pupuk P .....	45

## DAFTAR LAMPIRAN

Tabel	Halaman
19. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap produksi biji .....	65
20. Uji homogenitas pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap produksi biji .....	65
21. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap produksi biji .....	65
22. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap bobot kering 100 butir biji .....	66
23. Uji homogenitas pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap BK 100 butir biji .....	66
24. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap BK 100 butir biji.....	66
25. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa berangkasan .....	67
26. Uji homogenitas pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa berangkasan .....	67
27. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa berangkasan .....	67
28. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa tongkol.....	68
29. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa tongkol .....	68
30. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa tongkol .....	68
31. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap	

biomassa biji .....	69
32. Uji homogenitas pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa biji .....	69
33. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa biji .....	69
34. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa total.....	70
35. Uji homogenitas pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa total .....	70
36. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap biomassa total .....	70
37. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap P-berangkasan (%) .....	71
38. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap P-tongkol (%) .....	71
39. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap P-biji (%) .....	71
40. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-berangkasan .....	72
41. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-berangkasan .....	72
42. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-berangkasan .....	72
43. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-tongkol .....	73
44. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-tongkol .....	73
45. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-tongkol .....	73
46. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-biji .....	74
47. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan	

hara P-biji .....	74
48. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-biji .....	74
49. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara P-total tanaman .....	75
50. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap P-total tanaman .....	75
51. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap P-total tanaman .....	75
52. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap K-berangkasan (%) .....	76
53. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap K-tongkol .....	76
54. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap K-biji .....	76
55. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K berangkasan tanaman .....	77
56. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-berangkasan .....	77
57. Hasil anara berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-berangkasan .....	77
58. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-tongkol .....	78
59. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-tongkol .....	78
60. Hasil anara berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-tongkol .....	78
61. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-biji .....	79
62. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-biji .....	79
63. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap	



serapan hara K-biji .....	79
64. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap serapan hara K-total tanaman .....	80
65. Uji homogenitas pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap K-total tanaman .....	80
66. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap K-total tanaman .....	80
67. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman minggu ke-1 – minggu ke-7 .....	81
68. Pengaruh biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman jagung pada 7 MST .....	81
69. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman jagung pada 7 MST .....	81
70. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman jagung pada 7 MST .....	82
71. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman 7 MST .....	82
72. Hasil anara pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap tinggi tanaman 7 MST .....	82
73. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap jumlah daun minggu ke 1-7 .....	83
74. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap jumlah daun tanaman 7 MST .....	83
75. Uji homogenitas pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap jumlah daun tanaman jagung pada 7 MST .....	83
76. Hasil analisis ragam pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap jumlah daun tanaman jagung pada 7 MST .....	84
77. Pengaruh pemberian berbagai biochar dan pupuk P terhadap diameter batang minggu ke-1 sampai minggu ke-7 .....	84
78. Pengaruh berbagai biochar dan pupuk P terhadap diameter batang tanaman 7 MST .....	85
79. Uji homogenitas berbagai biochar dan pupuk P terhadap	

jumlah daun 7 MST .....	85
80. Hasil anara berbagai biochar dan pupuk P terhadap diameter batang 7 MST .....	85
81. Parameter P pada perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) tanah sebelum tanam .....	86
82. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) tanah sebelum tanam .....	86
83. Parameter P pada perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 2) tanah sebelum tanam .....	87
84. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 2) tanah sebelum tanam .....	87
85. Parameter P pada perlakuan B3 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 3) tanah sebelum tanam .....	88
86. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B3 tanah sebelum tanam .....	89
87. Parameter P pada perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk) tanah setelah panen .....	89
88. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	90
89. Parameter P pada perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk) tanah setelah panen .....	91
90. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) tanah setelah panen .....	91
91. Parameter P pada perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	92
92. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	92
93. Parameter P pada perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	93
94. Parameter $X_{max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	94
95. Parameter P pada perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	95

96. Parameter $X_{\max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	95
97. Parameter P pada perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	96
98. Parameter $X_{\max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	96
99. Parameter P pada perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	97
100. Parameter $X_{\max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	98
101. Parameter P pada perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	99
102. Parameter $X_{\max}$ dan $K_L$ pada perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	99
103. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan ulangan 1) dan perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan ulangan 1) tanah sebelum tanam .....	100
104. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) dan perlakuan B3 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 3) tanah sebelum tanam .....	100
105. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 2) dan perlakuan B3 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 3) tanah sebelum tanam .....	101
106. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	101
107. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	101
108. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	102
109. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	102
110. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	102
111. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung +	

pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	103
112. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	103
113. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	103
114. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) tanah setelah panen .....	104
115. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	104
116. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	104
117. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	105
118. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	105
119. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	105
120. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	106
121. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	106
122. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	106
123. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	107



124. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	107
125. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	107
126. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	108
127. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	108
128. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	108
129. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	109
130. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	109
131. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	109
132. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	110
133. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	110
134. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	110
135. Uji <i>student-t</i> $X_{max}$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	111

136. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	111
137. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	111
138. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	112
139. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	112
140. Uji <i>student-t</i> $X_{\max}$ perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	112
141. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) dan perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) tanah sebelum tanam .....	113
142. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B1 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 1) dan perlakuan B3 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 3) tanah sebelum tanam .....	113
143. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 2) dan perlakuan B3 (komposit 8 perlakuan pada ulangan 3) tanah sebelum tanam .....	113
144. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) tanah setelah panen .....	114
145. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	114
146. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	114
147. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	115
148. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	115

149. Uji student-t $K_L$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	115
150. Uji student-t $K_L$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	116
151. Uji student-t $K_L$ perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	116
152. Uji student-t $K_L$ perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) dan perlakuan komposit tanah awal .....	116
153. Uji student-t $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) tanah setelah panen .....	117
154. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	117
155. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	117
156. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	118
157. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	118
158. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	118
159. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P0 (tanpa biochar + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	119
160. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	119
161. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	119

162. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	120
163. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	120
164. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	120
165. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B0P1 (tanpa biochar + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	121
166. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) tanah setelah panen .....	121
167. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	121
168. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	122
169. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	122
170. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P0 (biochar sekam padi + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	122
171. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	123
172. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	123
173. Uji <i>student-t</i> K <sub>L</sub> perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	123

174. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B1P1 (biochar sekam padi + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	124
175. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) tanah setelah panen .....	124
176. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	124
177. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2P0 (biochar tongkol jagung + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	125
178. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) dan perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) tanah setelah panen .....	125
179. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B2P1 (biochar tongkol jagung + pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	125
180. Uji <i>student-t</i> $K_L$ perlakuan B3P0 (biochar batang singkong + tanpa pupuk P) dan perlakuan B3P1 (biochar batang singkong + pupuk P) tanah setelah panen .....	126
181. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	126
182. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan P-potensial tanah pada tiap perlakuan .....	127
183. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	127
184. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan N-total tanah pada tiap perlakuan .....	128
185. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan KTK tanah pada tiap perlakuan .....	128
186. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan pH H <sub>2</sub> O tanah pada tiap perlakuan .....	129
187. Perhitungan uji korelasi antara $X_{max}$ tanah sebelum tanam dengan pH KCl tanah pada tiap perlakuan .....	129

188.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	130
189.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P berangkasan pada tiap perlakuan .....	130
190.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P tongkol pada tiap perlakuan .....	131
191.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P biji pada tiap perlakuan .....	132
192.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P total tanah pada tiap perlakuan .....	132
193.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	133
194.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan N-total tanah pada tiap perlakuan .....	134
195.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan KTK pada tiap perlakuan .....	134
196.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan pH H <sub>2</sub> O pada tiap perlakuan .....	135
197.Perhitungan uji korelasi antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan pH KCl pada tiap perlakuan .....	136
198.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P tersedia tanah perlakuan .....	136
199.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-potensial tanah pada tiap perlakuan .....	137
200.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	137
201.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan N-total tanah pada tiap perlakuan .....	138
202.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan KTK tanah pada tiap perlakuan .....	138
203.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan pH H <sub>2</sub> O tanah pada tiap perlakuan .....	139
204.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah sebelum tanam	

dengan pH KCl tanah pada tiap perlakuan .....	139
205.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P tersedia tanah pada tiap perlakuan .....	140
206.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan serapan P berangkasan pada tiap perlakuan .....	141
207.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan serapan P tongkol pada tiap perlakuan .....	141
208.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan serapan P bji pada tiap perlakuan .....	142
209.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan P-potensial tanah pada tiap perlakuan .....	143
210.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan C-organik tanah pada tiap perlakuan .....	143
211.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan N-total tanah pada tiap perlakuan .....	144
212.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan KTK tanah pada tiap perlakuan .....	145
213.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan pH $H_2O$ tanah pada tiap perlakuan .....	145
214.Perhitungan uji korelasi antara $K_L$ tanah setelah panen dengan pH KCl tanah pada tiap perlakuan .....	146
215.Karakteristik berbagai jenis biochar .....	147
216.Tabel referensi kriteria tingkat hubungan korelasi .....	147
 Gambar	
6. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1 ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	86
7. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1 ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	87
8. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2 ulangan 1	

tanah sebelum tanam .....	88
9. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2 ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	88
10. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3 ulangan 1 tanah sebelum tanam .....	89
11. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3 ulangan 2 tanah sebelum tanam .....	89
12. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B0P0 ulangan 1 tanah setelah panen .....	90
13. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B0P0 ulangan 2 tanah setelah panen .....	90
14. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B0P1 ulangan 1 tanah setelah panen .....	91
15. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B0P1 ulangan 2 tanah setelah panen .....	92
16. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1P0 ulangan 1 tanah setelah panen .....	93
17. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1P0 ulangan 2 tanah setelah panen .....	93
18. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1P1 ulangan 1 tanah setelah panen .....	94
19. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B1P1 ulangan 2 tanah setelah panen .....	94
20. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2P0 ulangan 1	



tanah setelah panen .....	95
21. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2P0 ulangan 2 tanah setelah panen .....	96
22. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2P1 ulangan 1 tanah setelah panen .....	97
23. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B2P1 ulangan 2 tanah setelah panen .....	97
24. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3P0 ulangan 1 tanah setelah panen .....	98
25. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3P0 ulangan 2 tanah setelah panen .....	98
26. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3P1 ulangan 1 tanah setelah panen .....	99
27. Grafik hubungan antara indeks jerapan P (C/q) dengan konsentrasi P dalam larutan kesetimbangan (C) B3P1 ulangan 2 tanah setelah panen .....	100
28. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-tersedia .....	126
29. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan P-potensial .....	127
30. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan C-organik .....	127
31. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan N-total .....	128
32. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan KTK .....	128
33. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan pH H <sub>2</sub> O .....	129
34. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah sebelum tanam dengan	

pH KCl .....	129
35. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P tersedia .....	130
36. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P berangkasan .....	131
37. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P tongkol .....	131
38. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan serapan P bji .....	132
39. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan P-potensial .....	133
40. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan C-organik .....	133
41. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan N-total .....	134
42. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan KTK .....	135
43. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan pH H <sub>2</sub> O .....	135
44. Grafik hubungan antara $X_{\max}$ tanah setelah panen dengan pH KCl .....	136
45. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P- tersedia .....	137
46. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan P-potensial .....	137
47. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan C-organik .....	138
48. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan N-total .....	138
49. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan KTK .....	139
50. Grafik hubungan antara $K_L$ tanah sebelum tanam dengan	

pH H <sub>2</sub> O .....	139
51. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah sebelum tanam dengan pH KCl .....	140
52. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan P- tersedia .....	140
53. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan serapan P berangkasan .....	141
54. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan serapan P tongkol .....	142
55. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan serapan P bji .....	142
56. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan P-potensial .....	143
57. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan C-organik .....	144
58. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan N-total .....	144
59. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan KTK .....	145
60. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan pH H <sub>2</sub> O .....	146
61. Grafik hubungan antara K <sub>L</sub> tanah setelah panen dengan pH KCl .....	146
62. Jagung Pipilan Varietas Betras 9 .....	147

## I. PENDAHULUAN

### 1.1 Latar Belakang

Jagung dapat dijadikan sebagai sumber pangan dan pakan ternak. Namun, jumlah produksi jagung mengalami penurunan. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan data (FAO, 2023) produksi jagung di Indonesia pada tahun 2019 yaitu 19.650.000,00 Mg, lalu produksi jagung mengalami peningkatan pada tahun 2020 yaitu 24.687.000,00 Mg, dan pada tahun 2021 mengalami penurunan yaitu 20.010.000,00 Mg. Selain itu, pada provinsi Lampung hasil produksi jagung yang dihasilkan pada tahun 2017 yaitu 2.518.894,00 Mg (Badan Pusat Statistika Provinsi Lampung, 2017). Padahal kebutuhan manusia akan pangan terus meningkat diiringi oleh ketambahan jumlah penduduk di Indonesia. Hal tersebut dapat dilihat berdasarkan data (Badan Pusat Statistika, 2022) pada tahun 2019 yaitu 269.911,9 ribu jiwa, pada tahun 2020 yaitu 270.203,9 ribu jiwa, dan pada tahun 2021 yaitu 272.682,5 ribu. Hal tersebut disebabkan oleh permasalahan pada tanah ultisol berupa kesuburan tanah.

Tanah yang ada di Lampung umumnya didominasi oleh jenis tanah Ultisol. Namun, pada tanah Ultisol terdapat beberapa permasalahan-permasalahan yang dapat menghambat pertumbuhan tanaman terutama tanaman pangan apabila tidak dikelola dengan baik. Beberapa kendala yang umum terjadi pada tanah Ultisol adalah kemasaman tanah tinggi, pH rata-rata  $< 4,50$ , kejenuhan Al tinggi, miskin kandungan hara makro terutama P; K; Ca; dan Mg, dan kandungan bahan organik rendah (Pasang, dkk., 2019).

Tanah Ultisol memiliki beberapa permasalahan seperti pada defisiensi unsur hara terutama pada unsur hara fosfor (P) yang disebabkan karena besarnya jumlah P yang terfiksasi di permukaan koloid-koloid liat. Kandungan P tanah yang rendah dan sebagian besar P terikat oleh unsur-unsur logam seperti Al dan Fe, sehingga P tidak tersedia di dalam tanah untuk pertumbuhan tanaman. Fosfor (P) pada tanah-tanah masam bersenyawa dalam bentuk-bentuk Al-P dan Fe-P membentuk senyawa kompleks yang sukar larut. Fosfor (P) yang berada di dalam tanah ultisol (tanah masam) dalam waktu lama maka akan semakin banyak P terfiksasi, sehingga pada saat Al diganti oleh Fe akan terjadi bentuk Fe-P yang lebih sukar larut jika dibandingkan dengan Al-P (Firnina, 2018). Penambahan unsur hara fosfor (P) melalui pemupukan TSP yang digunakan untuk mengatasi masalah kekahatan unsur P pada tanah masam dapat menimbulkan permasalahan pada tanah Ultisol.

Pada umumnya penambahan pupuk fosfor (P) ke dalam tanah sering dilakukan pada budidaya pertanian untuk memperoleh P dalam jumlah optimal yang diharapkan dengan pemberian pupuk tersebut produktivitas tanaman yang tinggi dapat dicapai. Permasalahan utama dalam pemupukan P adalah unsur hara P yang berasal dari pupuk P yaitu pupuk TSP memiliki sifat mudah larut di dalam air yang menyebabkan sebagian besar unsur P akan difiksasi oleh Al dan Fe pada tanah, sehingga P menjadi tidak tersedia bagi tanaman (Wahyudin, dkk., 2017). Selanjutnya, pupuk P akan mengalami berbagai reaksi seperti fiksasi dan retensi. Reaksi –reaksi tersebut akan menyebabkan P menjadi tidak tersedia bagi tanaman sehingga efisiensi pemupukan menjadi rendah (Tambunan, dkk., 2014). Permasalahan yang ada pada tanah Ultisol dapat diperbaiki dengan pemberian bahan organik berupa biochar (sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong).

Tanah Ultisol dapat diperbaiki dengan pemberian bahan organik berupa biochar (sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong). Bahan organik yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan fosfor (P) tanah melalui (1) Pelepasan P melalui proses mineralisasi, (2) Pelepasan P dari kompleks jerapan melalui mekanisme khelasi antara Al dan Fe melalui gugus fungsional dan asam-asam organik, dan (3) melalui *priming effect* (Stevenson,

1982). *Priming effect* adalah efek dari perubahan dekomposisi bahan organik. Pada pH rendah Tanah Ultisol lebih banyak muatan positif sehingga  $\text{H}_2\text{PO}_4^-$  terjerap oleh Al kemudian dengan pemberiannya bahan organik ke dalam tanah maka akan menambahkan muatan negatif sehingga fosfor mudah tersedia bagi tanaman dalam bentuk  $\text{HPO}_4^{2-}$ . Bahan organik berperan dalam memperbaiki kondisi tanah seperti *soil hardening* pada tingkat sedang, meningkatkan stabilitas agregat tanah sehingga mengurangi *surface sealing*, dan meningkatkan laju infiltrasi. Bahan organik juga sebagai suatu tindakan untuk memperbaiki lingkungan tumbuh tanaman sehingga produktivitas tanah dan efisiensi penyerapan pupuk meningkat. Menurut Marvelia, dkk., (2006), selain itu bahan organik juga mengalami dekomposisi menghasilkan berupa asam-asam organik yang mempunyai kemampuan besar untuk mengikat kation melalui ikatan kelasi, menyelimuti koloida bermuatan positif, dan mampu mendesak P yang sudah terlebih dahulu berada pada kompleks jerapan.

Berdasarkan uraian di atas, sehingga perlu dilakukannya penelitian mengenai pentingnya jerapan P pada tanah, P-terangkut, dan K-terangkut bagi tanaman. Persamaan Langmuir digunakan untuk melihat jerapan fosfor (P). Apabila jerapan P tinggi berarti jumlah P yang terjerap oleh tanah tinggi. Dilakukan pengamatan mengenai fosfor terangkut dan kalium terangkut untuk melihat jumlah unsur hara P dan K yang diserap oleh tanaman dengan pemberian bahan pembenah tanah dan pupuk fosfor apakah berpengaruh terhadap jerapan P, fosfor terangkut, dan kalium terangkut.

## 1.2 Rumusan Masalah

Rumusan masalah dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Apakah aplikasi biochar pada tanah Ultisol berpengaruh terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut pada tanaman jagung, dan produksi tanaman jagung?

2. Apakah aplikasi pupuk fosfor pada tanah Ultisol berpengaruh terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut pada tanaman jagung, dan produksi tanaman jagung?
3. Apakah terdapat pengaruh interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut pada tanaman jagung, dan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng?

### **1.3 Tujuan**

Tujuan dari penelitian ini sebagai berikut:

1. Mempelajari pengaruh aplikasi biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng.
2. Mempelajari pengaruh aplikasi pupuk fosfor terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng.
3. Mempelajari apakah terdapat interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap fosfor tersedia, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi tanaman jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng.

### **1.4 Kerangka Pemikiran**

Produksi jagung di Indonesia pada tahun 2019 yaitu 19.650.000,00 Mg, lalu produksi jagung mengalami peningkatan pada tahun 2020 yaitu 24.687.000,00 Mg, dan pada tahun 2021 mengalami penurunan yaitu 20.010.000,00 Mg (FAO, 2023). Pada provinsi Lampung hasil produksi jagung yang dihasilkan pada tahun 2017 yaitu 2.518.894,00 Mg (Badan Pusat Statistika Provinsi Lampung, 2017). Pada waktu selang 1 tahun produksi jagung mengalami penurunan. Kualitas atau jumlah produksi jagung akan menurun jika salah satu dari unsur hara esensial tidak terpenuhi atau tersedia bagi tanaman jagung. Produksi jagung yang umumnya ditanam pada tanah Ultisol banyak terkendala akibat rendahnya bahan organik dan hara makro N, P, K, Ca, dan Mg di tanah Ultisol, serta kandungan

kadar  $\text{Al}^{3+}$  yang cukup tinggi. Kurangnya unsur hara fosfor (P) pada tanaman jagung dapat mengalami defisiensi unsur hara fosfor (P) dengan tanaman jagung menunjukkan gejala berupa berubahnya warna daun menjadi ungu dan begitu juga dengan kekurangan unsur hara lainnya maka tanaman jagung akan memunculkan gejalanya. Sehingga, permasalahan tersebut menyebabkan pertumbuhan tanaman jagung akan terhambat dan mempengaruhi hasil dari produksi tanaman jagung yang kemudian jika terus dibiarkan produksi tanaman jagung akan menurun.

Tanaman jagung yang ditanam di tanah Ultisol memiliki beberapa permasalahan terutama pada kelarutan Al yang tinggi, dan fosfor (P) yang tersedia rendah. Kelarutan Al yang tinggi menyebabkan racun bagi tanaman berakibatkan pertumbuhan dan perkembangan akar terganggu. Fosfor (P) bahan induk yang rendah yang disebabkan oleh tingginya fiksasi Al dan Fe, sehingga fosfor (P) tidak tersedia bagi tanaman dan menyebabkan pertumbuhan tanaman menjadi terhambat (Zulputra, dkk., 2014). Menurut (Forth, 1991) menyatakan fosfor (P) berperan dalam peningkatan produksi serta bahan kering tanaman. Adanya permasalahan kekahatan fosfor (P) dalam tanah menyebabkan semua aspek metabolisme dan pertumbuhan tanaman menjadi terbatas yang kemudian tanaman tersebut menjadi tumbuh kerdil, daun berwarna ungu, kematangan tanaman dan pembentukan biji tertunda sehingga produksi serta bahan kering tanaman menjadi rendah.

Timbulnya permasalahan-permasalahan tersebut banyak budidaya pertanian yang dilakukan pada tanah Ultisol umumnya dengan pemberian pupuk fosfor (P) karena pada tanah Ultisol umumnya hara fosfor (P) ketersediannya dalam kondisi rendah sampai sedang, sehingga dengan pemberian pupuk P mendapatkan produktivitas yang tinggi. Pupuk yang digunakan yaitu pupuk TSP (Triple Super Posfat) memiliki kandungan  $\text{P}_2\text{O}_5$  lebih tinggi mencapai 43 - 45%. Namun, pemberian pupuk fosfor (P) dapat juga menjadi permasalahan bagi tanah Ultisol. Permasalahan tersebut adalah unsur hara fosfor (P) yang berasal dari pupuk P akan mengalami berbagai reaksi seperti fiksasi dan retensi. Reaksi-reaksi tersebut



dapat menyebabkan P menjadi tidak tersedia bagi tanaman, sehingga efisiensi pemupukan menjadi rendah (Tambunan, dkk., 2014). Efisiensi pemupukan yang semakin rendah maka akan semakin kecil juga fosfor (P) yang dapat diserap oleh tanaman. Tanaman yang kekurangan unsur hara esensial seperti unsur hara fosfor (P) dapat membuat hasil produksi jagung menjadi tidak optimal dan menurun.

Upaya yang dapat dilakukan untuk meningkatkan fosfor (P) – tersedia pada tanah Ultisol adalah dengan pemberian biochar. Biochar merupakan arang hitam hasil dari proses pembakaran bahan organik dalam keadaan oksigen terbatas atau tanpa oksigen. Biochar juga memiliki sifat stabil yang dapat dijadikan sebagai pembenah tanah lahan kering. Bahan baku biochar dipilih berdasarkan pada produksi sisa tanaman yang melimpah dan belum termanfaatkan (Dermibas, 2004). Biochar yang digunakan pada penelitian ini yaitu biochar sekam padi, tongkol jagung, dan batang singkong.

Berdasarkan penelitian sebelumnya (Putriani, dkk., 2022), pemberian aplikasi biochar batang singkong memberikan pengaruh yang lebih nyata terhadap ketersediaan P pada tanaman jagung manis dibandingkan dengan aplikasi biochar sekam padi dan tongkol jagung. Hal tersebut sesuai dengan (Tarigan dan Nelvia, 2020) yang menyatakan bahwa biochar mampu meretensi unsur P yang tidak bisa diretensi oleh bahan organik tanah biasa sehingga biochar mampu meningkatkan ketersediaan unsur P. Selain itu, pemberian aplikasi pupuk P memberikan pengaruh yang lebih nyata terhadap ketersediaan P pada tanaman jagung manis dibandingkan dengan perlakuan tanpa pupuk. Hal tersebut sesuai dengan (Kaya, 2018) menyatakan bahwa pemberian pupuk P dapat berpengaruh terhadap berkurangnya retensi akibat tempat adsorpsi yang dijenuhi oleh fosfat, sehingga ketersediaan unsur P menjadi meningkat. Pemberian biochar batang singkong 5 Mg ha<sup>-1</sup> dapat menurunkan Al-P dan Fe-P, serta pemberian pupuk P 36 kg ha<sup>-1</sup> juga dapat menurunkan Al-P dan Fe-P dengan menurunnya Al dan Fe maka ketersediaan P meningkat.

Pada penelitian sebelumnya juga (Putriani, dkk., 2022), pemberian aplikasi pupuk P memberikan pengaruh nyata terhadap serapan P dan bobot kering berangkasan tanaman jagung manis, sedangkan pemberian aplikasi berbagai jenis biochar dan interaksi antara aplikasi berbagai biochar dengan pupuk P tidak memberikan pengaruh nyata terhadap serapan P dan bobot kering berangkasan tanaman jagung. Hal tersebut dikarenakan P yang terdapat pada biochar membutuhkan waktu yang lama untuk tersedia bagi tanaman. Hal tersebut sesuai dengan (Nurida, 2014), menyatakan bahwa biochar mengalami proses dekomposisi yang berjalan lambat sehingga biochar memiliki kemampuan dapat bertahan lama di dalam tanah atau mempunyai efek relatif lama atau relatif resisten terhadap serangan mikroorganisme.

Pada penelitian sebelumnya juga (Putriani, dkk., 2022), tinggi tanaman pada vegetatif maksimum dan produksi tanaman jagung manis tanpa kelobot dan berkelobot pada perlakuan pemberian pupuk P memiliki hasil yang lebih tinggi dibandingkan dengan perlakuan tanpa pemberian pupuk P. Hal tersebut sesuai dengan (Kasno, 2019) yang menyatakan bahwa pemupukan pada *Typic Dystrudept* dapat meningkatkan hara P potensial dan tersedia serta pertumbuhan dan hasil jagung. Namun, hasil penelitian menunjukkan perlakuan pemberian berbagai jenis biochar belum mampu meningkatkan pertumbuhan dan produksi jagung manis. Hal tersebut dikarenakan biochar membutuhkan proses lama dalam membantu penyediaan unsur hara (Tarigan, 2015).

Berdasarkan penelitian sebelumnya didapatkan biochar jenis batang singkong yang memberikan hasil tinggi yaitu berupa P-tersedia, C-organik. Biochar batang singkong dapat meningkatkan P-tersedia disebabkan karena aktivitas Al dan Fe dalam menyerap P menurun. Selain itu, biochar batang singkong juga dapat meningkatkan C-organik hal tersebut sesuai dengan yang ditulis Putri, dkk., (2017) pemberian biochar mampu meningkatkan C-organik dalam tanah karena biochar memiliki luas permukaan yang tinggi dan bahan perombakan yang lanjut. Biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah juga mampu menjaga kelembaban tanah sehingga kapasitas menahan air tinggi (Endriani, dkk., 2013), meningkatkan

pH tanah masam (Solaiman dan Anwar,2015), meningkatkan KTK tanah, menyediakan unsur hara N, P, dan K (Schnell, dkk., 2011). Menurut Satriawan dan Handayanto, (2015), biochar juga dapat meningkatkan pertumbuhan serta serapan hara pada tanaman. Biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah dapat meningkatkan pertumbuhan dan produksi tanaman.

Jerapan maksimum dan relatif energi ikatan fosfor di dalam tanah ditetapkan dengan menggunakan metode Isotermik Langmuir. Jerapan maksimum fosfor dalam persamaan Isotermik Langmuir merupakan suatu metode yang digunakan untuk melihat jumlah paling tinggi tanah tersebut menyerap fosfor di dalam koloid tanah. Menurut Fox dan Kamprath, (1970), persamaan Isotermik Langmuir

sebagai berikut:  $\frac{x}{m} = \frac{KbC}{(1+kC)}$  yang dimana:

$x/m$  = jumlah P yang dijerap per satuan bobot tanah;

$k$  = konstanta yang berkaitan dengan energi ikatan;

$b$  = daya jerap P maksimum;

$C$  = konsentrasi C dalam keseimbangan.

Menurut Nursyamsi, dkk., (2009), kemudian persamaan tersebut diubah menjadi:

$$\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{C}{b}$$

Persamaan tersebut akan didapatkan kurva garis lurus dengan persamaan regresi  $Y = bx + a$ . Nilai  $p$  persamaan regresi tersebut sama dengan  $1/b$  persamaan di atas, sehingga nilai  $b$  dapat ditentukan. Setelah nilai  $b$  diketahui maka nilai  $k$  dapat dihitung. Nilai  $b$  merupakan jerapan maksimum dan  $k$  merupakan nilai konstanta energi ikatan suatu tanah.

Pada persamaan diatas dapat dicari untuk persamaan (1) nilai jerapan maksimum P ( $b$ ) dengan menggunakan persamaan regresi linear, sebagai berikut:

$$X_{\max} = \frac{1}{b}$$

Nilai relatif energi ikatan ( $K$ ) dapat diperoleh menggunakan persamaan regresi linear, sebagai berikut:

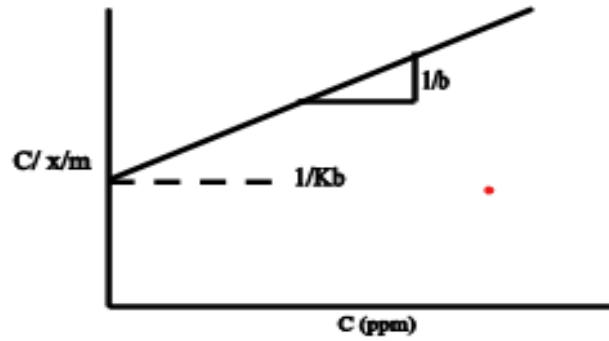
$$\frac{1}{Kb} = a$$

$$1 = a \cdot K \cdot X_{\max}$$

$$K = \frac{1}{a \cdot X_{\max}}$$

$$K = \frac{1}{a \cdot \frac{1}{b}} \text{ menjadi } K = \frac{b}{a}$$

Kurva persamaan Langmuir dapat dilihat pada Gambar 1:



Gambar 1. Kurva Isotermik Langmuir dengan persamaan  $\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b}$

### 1.5 Hipotesis

Hipotesis pada penelitian ini adalah:

1. Pengaruh perlakuan pemberian biochar batang singkong tertinggi terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi jagung dibandingkan dengan biochar sekam padi dan tongkol jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng.
2. Terdapat pengaruh perlakuan lebih tinggi pada pemberian pupuk fosfor dibandingkan dengan tanpa pemberian pupuk fosfor terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng
3. Terdapat interaksi antara biochar dan pupuk fosfor terhadap fosfor terjerap, fosfor terangkut, kalium terangkut, dan produksi jagung di tanah Ultisol Gedung Meneng.

## II. TINJAUAN PUSTAKA

### 2.1 Deskripsi Tanaman Jagung

Tanaman jagung merupakan tanaman serealia sehingga tanaman jagung termasuk ke dalam tanaman pangan. Tanaman jagung termasuk ke dalam tanaman yang mengandung karbohidrat dan protein tinggi selain nasi, memiliki kandungan gizi yang lebih tinggi jika dibandingkan dengan beras. Tanaman jagung memiliki variabilitas genetik besar dan tanaman jagung dapat menghasilkan genotip baru sehingga pertumbuhannya dapat beradaptasi dengan lingkungannya (Suprpto dan Rasyid, 2002).

Syarat tanaman jagung dapat tumbuh dengan baik yaitu dengan tersedianya unsur hara makro dan mikro yang baik. Unsur hara makro yang berperan dalam pertumbuhan tanaman budidaya yaitu nitrogen (N), fosfor (P), dan kalium (K). Faktor yang sering sekali membatasi pertumbuhan dan hasil maksimum dari tanaman adalah ketersediaan N, P, dan K di dalam tanah (Munawar, 2011). Nitrogen dibutuhkan pada saat pertumbuhan vegetatif tanaman (Parsons dan Sunley, 2001).

Ultisol memiliki pH yang masam sehingga mengakibatkan tanah ultisol memiliki daya semat terhadap fosfor (P) yang kuat. Daya semat fosfat yang kuat sehingga P-tersedia bagi tanaman sangat rendah. Fosfor (P) diserap tanaman dalam bentuk ( $\text{H}_2\text{PO}_4^-$ ,  $\text{HPO}_4^{2-}$ ) yang disebut P-Tersedia. Tersedianya P bagi tanaman perannya dalam merangsang pertumbuhan akar terutama pada awal pertumbuhan,

pembelahan sel, mempercepat proses pematangan buah, pembentukan bunga, perbaikan kualitas tanaman, dan sebagai pengangkut energi hasil metabolisme dalam tanaman. Kandungan kalium pada lahan kering relatif rendah jika dibandingkan dengan lahan sawah, karena kalium pada lahan kering lebih cepat hilang akibat pencucian. Tanah Ultisol dalam menyediakan unsur K rendah.

## **2.2 Tanah Ultisol**

Tanah di Indonesia pada kebanyakan ditemukan dengan jenis Tanah Ultisol. Sebaran luasan tanah Ultisol di Indonesia mencapai 45.794.000 ha atau sekitar 25% dari total luas daratan Indonesia. Sebaran tanah Ultisol terluas terdapat di Kalimantan (21.938.000 ha), kemudian diikuti dengan Sumatera (9.469.000 ha), Maluku dan Papua (8.859.000 ha), Sulawesi (4.303.000 ha), Jawa (1.172.000 ha), dan Nusa Tenggara dengan luas sebesar (53.000 ha) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006). Terdapat beberapa jenis tanah di Indonesia terutama tanah Ultisol yang sering sekali ditemukan di Indonesia. Pada setiap jenis tanah masing-masingnya memiliki karakteristik atau ciri yang berbeda-beda. Karakteristik dari tanah ultisol yaitu terdapatnya akumulasi liat yang terletak pada bagian horizon bawah permukaan sehingga dapat mengurangi daya serap air dan meningkatkan aliran permukaan serta erosi tanah.

Tanah Ultisol dapat dimanfaatkan sebagai lahan pertanian tetapi tanah Ultisol memiliki beberapa kendala. Permasalahan tanah Ultisol yaitu memiliki kandungan bahan organik yang rendah akibat dari proses dekomposisi berjalan cepat sehingga kandungan hara menjadi rendah akibat proses pencucian basa yang berlangsung lama dan terjadi secara intensif. Tanah Ultisol merupakan tanah yang kandungan unsur hara dan kandungan bahan organik tanah yaitu (0,67-1,57 %), tanah bereaksi masam hingga sangat masam (pH 3,1 –5,5), serta kejenuhan aluminium yang tinggi (37-60%) (Prasetyo dan Suriadikarta, 2006; Sudaryono, 2009).

### 2.3 Biochar

Biochar adalah arang yang diberikan ke dalam tanah dan tanaman sebagai bahan pembenah tanah atau amelioran. Menurut Maguire dan Agblevor, (2010), biochar berbeda dengan bahan organik karena biochar tersusun dari cincin karbon aromatis sehingga lebih stabil dan tahan lama di dalam tanah. Biochar dalam proses pembuatannya hampir sama dengan arang yang umumnya digunakan sebagai bahan bakar. Pembuatan biochar dilakukan dengan pirolisis atau pembakaran bahan organik dalam kondisi oksigen yang terbatas.

Biochar dapat memperbaiki sifat-sifat tanah, diantaranya adalah meningkatkan kapasitas memegang air, meningkatkan aktivitas mikroba, memperbaiki pH (Glaser, dkk., 2002), meningkatkan kapasitas tukar kation, meningkatkan konsentrasi K dan Ca tersedia dalam tanah (Glaser, dkk., 2014), meningkatkan porositas mikro, meningkatkan ketersediaan hara (Hammer, dkk., 2014) dan menurunkan tingkat pencucian hara (Yao, dkk., 2012; Widowati, dkk., 2012).

Penggunaan batang singkong sebagai bahan baku pembuatan biochar dilakukan dengan memanfaatkan batang singkong yang sudah tidak dapat dimanfaatkan, sehingga hanya menjadi limbah di areal pertanaman singkong (Pranoto, dkk., 2013). Biochar batang singkong sebagai bahan pembenah tanah (amelioran) untuk meningkatkan ketersediaan P dan menurunkan daya fiksasi P pada tanah masam perlu dilakukan agar penggunaan pupuk P dapat lebih efisien dalam menyediakan unsur hara untuk pertumbuhan dan produksi tanaman.

Pemberian biochar sekam padi dapat memperbaiki sifat tanah yaitu sifat fisika, kimia, dan biologi. Biochar sekam padi ke dalam tanah mampu meningkatkan produktivitas tanaman jagung. Disisi lain biochar yang diberikan ke dalam tanah dapat meningkatkan ketersediaan hara bagi tanaman. Hara yang tersedia di dalam tanah, akar tanaman mampu meningkatkan serapan hara. Setelah aplikasi biochar ketersediaan hara N, P, dan Ca meningkat pada tanaman jagung (Sukartono, dkk., 2011).

Tongkol jagung memiliki kandungan di dalamnya yaitu selulosa 69,937%, hemiselulosa 17,797%, dan lignin 9,006%. Unsur-unsur dari rumus kimia selulosa  $(C_6H_{10}O_5)_n$  tersebut akan terdeformasi atau akan terurai pada temperatur 325-375°C. Sedangkan rumus kimia hemiselulosa  $(C_5H_8O_4)_n$  akan terdeformasi pada suhu 225-325 °C dan rumus kimia lignin  $[(C_9H_{10}O_3(CH_3O))_n]$  akan terdeformasi pada suhu 300°C-500°C (Ali, 2012). Ketersediaan unsur hara yang meningkat dalam tanah terutama penambahan jumlah C-organik sangat berkaitan dengan penguraian unsur-unsur yang terjadi dari biochar tersebut.

## 2.4 Pupuk

Kesuburan tanah sangat ditentukan oleh keberadaan unsur hara dalam tanah, baik unsur hara makro maupun unsur hara mikro. Setiap tanaman membutuhkan unsur hara makro dalam jumlah banyak dan biasanya dibutuhkan pada fase pertumbuhan meliputi nitrogen (N), pospor (P), dan kalium (K). Sedangkan unsur hara mikro dibutuhkan dalam jumlah yang sedikit namun sifatnya sangat esensial meliputi kalsium (Ca), magnesium (Mg), dan sulfur (S). Setiap tanaman membutuhkan hara makro dalam jumlah yang besar seperti nitrogen (N), potasium (P), dan kalium (K). Menurut Xing, dkk., (2019), pada fase pertumbuhan tanaman dibutuhkan unsur hara makro sedangkan unsur hara mikro yang memiliki sifat sangat esensial diperlukan dalam jumlah sedikit.

Kandungan unsur hara pada pupuk organik jumlahnya rendah, sedangkan unsur hara mikro dalam jumlah yang cukup diperlukan tanaman untuk pertumbuhannya, karena unsur hara tersebut sangat mempengaruhi sifat fisik tanah, kimia tanah, biologi tanah, dan juga mencegah terjadinya erosi (Sutanto, 2002). Kelebihan pupuk organik dapat menambah unsur hara makro dan mikro di dalam tanah. Kualitas pupuk organik tersebut sesuai dengan bahan baku yang digunakan dan proses dekomposisi yang cepat atau lambat.

Pupuk TSP (*Triple Super Posfat*) merupakan pupuk anorganik yang di dalamnya terkandung banyak unsur fosfor (P). Pupuk TSP (*Triple Super Posfat*) memiliki



kandungan  $P_2O_5$  lebih tinggi, mencapai 43 - 45% sehingga lebih baik digunakan untuk meningkatkan unsur hara P pada tanah yang miskin unsur hara fosfat (Purba, dkk., 2017). Pada lahan kering seperti tanah Ultisol umumnya hara fosfor (P) ketersediaannya dalam kondisi rendah sampai sedang. Pemberian pupuk fosfor (P) pada tanah Ultisol dalam bentuk TSP dapat meningkatkan kadar P-terekstrak.

## **2. 5 Jerapan Fosfor, Fosfor Terangkut, dan Kalium Terangkut**

Tanah Ultisol merupakan tanah masam sehingga menyebabkan kejenuhan Al dan Fe lebih tinggi sehingga unsur fosfor (P) banyak terikat oleh Al dan Fe. Unsur fosfor (P) tersedia tanah menjadi rendah serta hanya sedikit hara yang dapat diserap tanaman. Penambahan pupuk dan bahan organik pada tanah dapat meningkatkan ketersediaan fosfor (P) untuk tanaman, bahan organik berperan untuk pembentukan kompleks organofosfat yang mudah diasimilasi oleh tanaman, penyelimutan oksida Fe dan Al oleh humus yang membentuk lapisan pelindung dan mengurangi jerapan fosfor (P) dan dapat meningkatkan fosfor (P) organik (Halvin, dkk., 1999).

Produksi tanaman secara langsung dipengaruhi oleh ketersediaan fosfor (P) dalam tanah. Pada beberapa tanah fosfor secara alami hadir dengan konsentrasi tinggi. Fosfor memiliki sifat tidak larut dari sebagian besar senyawa fosfor (P) tanah dan pembentukan cepat fosfor (P) yang tidak tersedia dengan baik setelah pemberian pupuk fosfor. Hal tersebut sering menjadi faktor pembatas nutrisi pada tanaman (Malik, dkk., 2012; Arai dan Sparks, 2007; Lumbanraja, dkk., 1994; Lindsay, dkk., 1989; Lumbanraja, dkk., 1981). Fosfor (P) ketersediaannya dalam tanah dipengaruhi oleh bahan induk tanah, reaksi tanah (pH), C-organik tanah, dan tekstur tanah. Fosfor pada tanaman diambil dari larutan tanah dalam bentuk ion orthofosfat primer ( $H_2PO_4^-$ ), dan ion orthofosfat sekunder ( $HPO_4^-$ ) (Hanafiah, 2005).

Unsur hara kalium termasuk unsur hara makro yang dibutuhkan tanaman dalam jumlah banyak untuk proses fotosintesis dan fiksasi CO<sub>2</sub>, transfer fotosintat ke berbagai pengguna serta hubungan dengan air dalam tanaman. Menurut Winarso, (2005), kalium memiliki fungsi lainnya yaitu esensial dalam sintesis protein, penting dalam proses pemberian energi bagi tanaman dengan pemecahan karbohidrat, membantu dalam kesetimbangan ion tanaman, penting dalam translokasi logam-logam berat seperti Fe, membantu dalam ketahanan terhadap penyakit dan iklim yang tidak menguntungkan. Unsur hara kalium dapat hilang melalui tanaman jagung dalam jumlah yang sangat besar yaitu 172 kg ha<sup>-1</sup>. Pada tanaman yang sama dapat terjadi juga kehilangan unsur hara yaitu N 260 ha<sup>-1</sup> dan P 46 kg ha<sup>-1</sup> (Cooke, 1985).

## **2.6 Pengaruh Berbagai Biochar dan Pupuk P terhadap Produksi Jagung**

Biochar sekam padi yang diaplikasikan pada tanaman jagung dapat meningkatkan produksi jagung. Hal tersebut dikarenakan pengaplikasian biochar sekam padi mampu berpengaruh terhadap hasil tanaman jagung. Biochar sekam padi mampu meningkatkan serapan tanaman terhadap pupuk NPK. Hal tersebut sesuai dengan hasil penelitian verdiana, dkk., (2016), yang melaporkan bahwa semakin besarnya serapan tanaman maka hasil yang akan diperoleh juga semakin optimal. Biochar memiliki peranan sebagai habitat dari pertumbuhan mikroorganisme yang bermanfaat di dalam tanah. Hal tersebut juga didukung oleh penelitian zulfita, dkk., (2020), yang mengatakan bahwa biochar sekam padi memiliki pori mikro yang dapat digunakan sebagai habitatnya dari mikroorganisme bermanfaat di dalam tanah, sehingga persaingan antar mikroorganisme semakin berkurang. Aktivitas mikroorganisme tanah yang semakin tinggi akan mampu meningkatkan ketersediaan unsur hara di dalam tanah, sehingga tanaman dapat menyerap unsur hara dengan baik dan dapat meningkatkan hasil atau produksi dari tanaman jagung.

Biochar tongkol jagung yang diaplikasikan pada tanaman jagung dapat meningkatkan produksi jagung sesuai dengan hasil penelitian Yana, dkk., (2022),

yang mengatakan bahwa bahan baku biochar tongkol jagung menghasilkan jumlah rata-rata tumbuh kembang dan produksi tertinggi terhadap tanaman jagung. Hal tersebut didukung dengan berbagai penelitian yang menunjukkan biochar yang diaplikasikan ke dalam tanah mampu menyediakan habitat yang baik untuk mikroorganisme tanah dan biochar juga mampu bertahan di dalam tanah dalam jangka waktu yang panjang bahkan hingga ratusan tahun. Biochar yang tinggal di dalam tanah dalam jangka waktu yang panjang tidak mengganggu keseimbangan karbon-nitrogen tetapi bisa menjadikan air dan nutrisi lebih tersedia bagi tanaman. Hal tersebut juga didukung oleh hasil penelitian Sukartono dan Utomo, (2012), tanaman jagung menunjukkan respon positif terhadap aplikasi  $15 \text{ Mg ha}^{-1}$  biochar tongkol jagung, diperoleh hasil biji jagung dalam tiga siklus musim tanam mencapai  $5,54 \text{ Mg ha}^{-1}$ .

Biochar batang singkong yang diaplikasikan pada tanaman jagung dapat meningkatkan produksi jagung. Berdasarkan penelitian Prasetyo, dkk., (2022) melaporkan pemberian biochar batang singkong yang dikombinasikan dengan pupuk NPK dapat meningkatkan unsur hara di dalam tanah menjadi tersedia terutama unsur hara fosfor dan kalium, sehingga dapat memperbesar diameter tongkol, dan Panjang tongkol jagung. Hal tersebut sesuai bahwa produksi tanaman jagung meningkat dikarenakan biochar batang singkong mampu memperbaiki kualitas tanah baik dari sifat fisika (Nurida dan Rachman, 2012), biologi (Maftu'ah dan Nursyamsi, 2015; Citraresmini dan Bachtiar, 2016), maupun kimia tanah (Latuponu, dkk., 2012).

Salah satu faktor pembatas pertumbuhan tanaman pada tanah Ultisol adalah kurangnya unsur hara P yang tersedia., sehingga dengan pemberiannya pupuk P ke dalam tanah dapat meningkatkan kesuburan tanah. Kesuburan tanah yang meningkat mampu direspon dengan baik oleh tanaman, sehingga pertumbuhan tanaman serta produksi tanaman dapat optimal. Hal tersebut sesuai dengan penelitian Kasno, (2009) yang melaporkan bahwa pemupukan P yang diaplikasikan pada tanah Ultisol dapat meningkatkan berat berangkasan dan bobot tongkol basah.

### **III. METODOLOGI PENELITIAN**

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

Penelitian perilaku jerapan fosfor (Langmuir), fosfor dan kalium terangkut pertanaman jagung akibat perlakuan biochar dan pemupukan fosfor di tanah Ultisol Gedung Meneng dilakukan pada Desember 2021 sampai Juni 2023. Penelitian ini dilaksanakan di Lapangan Terpadu, Universitas Lampung untuk penanaman dan di Laboratorium Ilmu Tanah untuk analisis tanah dan tanaman.

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

Alat yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut meteran, cangkul, sekop, sapu lidi, kawat strimin 3 buah ukuran 1 meter, rabakom, karung, drum tertutup besar, bor tanah, meteran, spidol, tabung reaksi, pipet tetes, gelas ukur, gelas *beaker*, labu ukur, botol semprot, labu erlenmeyer, labu kjeldahl, seperangkat buret, botol kocok, botol film, spektrofotometer, pH meter, dan sentrifugator, alat destilasi uap, tanur, dan AAS.

Bahan yang digunakan pada penelitian ini sebagai berikut biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, biochar batang singkong, pupuk TSP, pupuk urea, pupuk KCl, tali raffia, tissu, tanah, H<sub>2</sub>O, KCl, ammonium fluorida, HCl, larutan pengestrak (Bray-1), larutan ammonium molibdat, larutan asam askorbat, larutan standar 100 ppm, larutan standar 0 ppm; 0,5 ppm; 1 ppm; 1,5 ppm; 2 ppm; 2,5 ppm, larutan kerja, asam sulfat pekat 95%, asam fosfat pekat 85%, larutan NaF 4%, larutan standar kalium bikromat, larutan standar ammonium fero sulfat,

indikator difenilamin standar, aquades,  $\text{NH}_4\text{OAc}$  1 N,  $\text{NH}_4\text{OAc}$  0,01 N, alkohol,  $\text{NaCl}$  10%,  $\text{NaOH}$  40%, asam borat 1,5%,  $\text{HCl}$  0,1 N, indikator campuran bromkesol hijau dan metil merah.

### 3.3 Metode

Penelitian ini adalah penelitian lapang yang menggunakan Rancangan Acak Kelompok (RAK) yang disusun secara faktorial dengan dua faktor perlakuan.

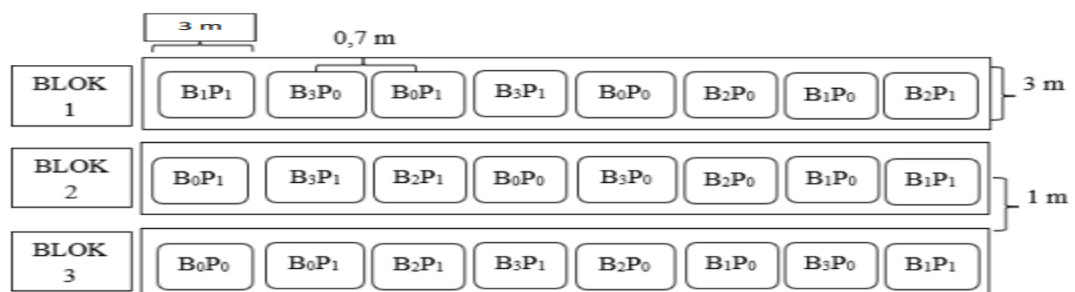
Faktor pertama berupa pemberian berbagai macam biochar (B), yang terdiri dari 3 taraf yaitu B0: tanpa biochar, B1: biochar sekam padi, B2: biochar tongkol jagung, B3: biochar batang singkong.

Faktor kedua yaitu perlakuan pupuk fosfor (P), yang terdiri dari 2 taraf yaitu P0: tanpa pupuk fosfor, P1: pemberian pupuk fosfor.

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

1. B0P0 = Biochar 0  $\text{Mg ha}^{-1}$  + tanpa pupuk TSP
2. B1P0 = Biochar sekam padi 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + tanpa pupuk TSP
3. B2P0 = Biochar tongkol jagung 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + tanpa pupuk TSP
4. B3P0 = Biochar batang singkong 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + tanpa pupuk TSP
5. B0P1 = Biochar 0  $\text{Mg ha}^{-1}$  + pupuk TSP 200  $\text{kg ha}^{-1}$
6. B1P1 = Biochar sekam padi 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + pupuk TSP 200  $\text{kg ha}^{-1}$
7. B2P1 = Biochar tongkol jagung 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + pupuk TSP 200  $\text{kg ha}^{-1}$
8. B3P1 = Biochar batang singkong 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  + pupuk TSP 200  $\text{kg ha}^{-1}$

Setiap perlakuan di atas akan diulang sebanyak 3 kali dan total satuan percobaan 4 x 2 x 3 sehingga diperoleh 24 satuan percobaan.



Gambar 2. Tata Letak Percobaan.

### **3.4 Pelaksanaan Penelitian**

#### **3.4.1 Pembuatan Biochar**

Biochar yang digunakan yaitu biochar sekam padi, biochar tongkol jagung, dan biochar batang singkong. Pembuatan biochar sekam padi dilakukan dengan sebagai berikut dibuat terlebih dahulu kawat strimin 3 buah berukuran 1 meter gulungan dan diikat dengan kencang, kemudian letakkan masing-masing kawat strimin tersebut ditengah-tengah, selanjutnya kertas-kertas bekas atau daun-daun kering dimasukkan ke dalam kawat strirmin untuk membakar sekam padi. Setelah itu, ditimbun 3 karung sekam berukuran 50 kg dengan api yang menyala di dalam ruang pembakaran silinder.

Kemudian ditimbun sekam padi tersebut seperti membuat gunung ke atas secara perlahan-lahan dengan puncak timbunan cerobong asap yang menyembul keluar. Selanjutnya, sekam yang berada di bawah dan masih berwarna coklat dinaikkan ke arah puncak. Selanjutnya, saat puncak timbunan sekam padi sudah terlihat menghitam dilakukan penyiraman dengan air hingga merata. Setelah itu, gunung arang sekam dipindahkan ke atas plastik atau terpal untuk dilakukan penjemuran hingga terasa kering. Kemudian dimasukkan ke dalam karung dan disimpan ditempat kering. Pembuatan biochar tongkol jagung sebagai berikut dijemur tongkol jagung. Kemudian dilakukan hal yang sama seperti di atas untuk pembuatan biochar tongkol jagung.

Pembuatan biochar batang singkong dilakukan dengan sebagai berikut batang singkong diancurin menggunakan rabakom. Kemudian dibuat terlebih dahulu kawat strimin 3 buah berukuran 1 meter gulungan dan diikat dengan kencang, kemudian letakkan masing-masing kawat strimin tersebut ditengah-tengah, selanjutnya kertas-kertas bekas atau daun-daun kering dimasukkan ke dalam kawat strirmin untuk membakar sekam padi. Setelah itu, ditimbun batang singkong yang telah diancurkan dengan api yang menyala di dalam ruang pembakaran silinder. Kemudian ditimbun batang singkong yang dancurkan tersebut seperti membuat gunung ke atas secara perlahan-lahan dengan puncak

timbunan cerobong asap yang menyembul keluar. Selanjutnya ancuran batang singkong yang di bawah dan masih berwarna coklat dinaikkan ke arah puncak. Selanjutnya, saat puncak timbunan batang singkong sudah terlihat menghitam dilakukan penyiraman dengan air hingga merata. Setelah itu, gunung arang batang singkong dipindahkan ke atas plastik atau terpal untuk dilakukan penjemuran hingga terasa kering. Kemudian dimasukkan ke dalam karung dan disimpan ditempat kering.

### **3.4.2 Pembersihan Lahan dan Pembuatan Petak**

Pembersihan lahan dilakukan dengan membat rumput dan gulma-gulma terlebih dahulu yang menutupi lahan menggunakan mesin pemotong rumput supaya lahan sesuai untuk ditanami oleh tanaman jagung. Pembakaran rumput dilakukan pada seresah rumput-rumput dan gulma-gulma yang sudah dipotong dengan tetap dijaga apinya supaya tidak merambat ke tempat yang tidak seharusnya. Tujuan dari pembakaran tersebut supaya rumput-rumput dan gulma-gulma yang masih ada karena tidak terpotong oleh pemotong rumput bisa ikut terbakar dan mati.

Petak percobaan dibuat dengan mengukur terlebih dahulu sesuai yang dibutuhkan yaitu seluas 3 m x 3 m menggunakan meteran, kemudian pada setiap petakan tersebut diberi tanda menggunakan penanda bambu dan tali rafia. Setelah petak percobaan sudah ditentukan dan dibuat, selanjutnya dilakukan pengolahan tanah pada setiap petak percobaan menggunakan cangkul supaya tanah untuk pertanaman menjadi gembur.

### **3.4.3 Aplikasi Biochar**

Pada saat sebelum pengaplikasian biochar, petakan-petakan tersebut dibuat larikan terlebih dahulu. Pada setiap petak percobaan terdapat 5 larikan. Pengaplikasian biochar sebagai perlakuan dilakukan pada saat 1 minggu sebelum tanam dengan takaran yang dibutuhkan yaitu 10 Mg ha<sup>-1</sup>. Aplikasi biochar dilakukan dengan cara ditaburkan ke larikan yang telah dibuat sebelumnya pada 24 petak percobaan.

Selanjutnya larikan tersebut ditutup dengan diaduk menggunakan cangkul supaya biochar bisa tercampur merata dan masuk ke dalam tanah.

#### **3.4.4 Penanaman Jagung**

Tanah yang digunakan untuk penanaman tanaman jagung sebelumnya dilakukan penyiraman terlebih dahulu pada tanah tersebut. Penanaman dilakukan 1 minggu setelah aplikasi biochar dengan jarak tanam 75 cm x 25 cm. Sebelum penanaman, dibuat terlebih dahulu ikatan tali rafia untuk menugal dan menanam tanaman jagung dengan panjang 4 meter. Tali rafia tersebut berukuran 4 meter dengan 1 m untuk mengikat ujung kemudian 3 meter untuk menugal dan menanam. Pada tali rafia yang berukuran 3 meter diberi jarak dan tanda 25 cm dari satu tanda ke tanda selanjutnya sampai dengan 12 tanda sebagai jarak lubang tanam dari 1 lubang tanam ke lubang tanam lainnya. Berdasarkan luas petakan dan jarak tanam yang sudah diketahui, 24 petakan dengan setiap petakan terdiri dari 5 larikan maka dapat dihitung jumlah lubang tanam di setiap petakan yaitu sebanyak 60 lubang tanam. Kemudian, tali rafia tersebut ditancapkan ke tanah. Selanjutnya tanah tersebut ditugal menggunakan kayu penugal dengan setiap lubang tanam memiliki kedalaman sekitar 15 – 20 cm yang diisi 2 benih pada setiap lubang. Tanah yang sudah ditugal dan diberikan benih jagung ditutup kembali. Kemudian, setelah dilakukan penanaman tanah tersebut disiram.

#### **3.4.5 Pemupukan**

Pupuk yang digunakan yaitu pupuk Urea dan KCl sebagai pupuk dasar sedangkan pupuk TSP sebagai pupuk perlakuan. Pengaplikasian pupuk TSP sebagai perlakuan dilakukan pada saat 2 minggu setelah tanam dengan dosis pupuk 0,24 Mg ha<sup>-1</sup> jika dikonversi untuk setiap petaknya didapatkan dosis pupuk TSP yaitu 200 g petak<sup>-1</sup>. Pupuk dasar terutama pupuk urea diaplikasikan sebanyak 2 kali, yaitu pada saat penjarangan (2 minggu setelah tanam) dan saat tanaman jagung mulai berbunga (6 minggu setelah tanam) dengan dosis pupuk 0,48 Mg ha<sup>-1</sup> jika dikonversi untuk setiap petaknya didapatkan dosis pupuk setiap kali



pengaplikasian yaitu 195, 75 g petak<sup>-1</sup>. Hal tersebut dilakukan supaya pupuk urea tetap terjaga ketersediaannya dalam tanah sehingga pemupukan lebih efisien. Pupuk KCl diaplikasikan sebanyak 1 kali yaitu pada saat 2 minggu setelah tanam dengan dosis pupuk 0,22 Mg ha<sup>-1</sup> jika dikonversi untuk setiap petaknya didapatkan dosis pupuk yaitu 180 g petak<sup>-1</sup>. Aplikasi pupuk TSP, pupuk urea, dan pupuk KCl dilakukan dengan cara pupuk tersebut dicampurkan menjadi satu, kemudian tanah ditugal di dekat perakaran tanaman jagung dengan jarak  $\pm$  5 cm dari akar untuk diberikan pupuk dan ditutup kembali tanah tersebut.

#### **3.4.6 Pemeliharaan**

Pemeliharaan tanaman terdiri dari penyiraman, penjarangan, penyiangan gulma, dan pengendalian hama penyakit jagung. Penyiraman dilakukan setiap hari pada pagi dan sore hari. Penjarangan dilakukan dengan cara tanaman yang ditanam terdapat 2 tanaman pada lubang yang sama, kemudian dipilih tanaman yang bagus dan tanaman yang tumbuh dengan baik menjadi 1 tanaman pada setiap lubang tanam dengan mencabut tanaman yang tidak tumbuh dengan baik. penyiangan gulma dilakukan setiap harinya dengan setiap terdapat gulma yang muncul dicabut secara manual dapat menggunakan tangan langsung atau gunting. Pengendalian hama penyakit jagung dilakukan ketika tanaman jagung sudah terkena hama atau penyakit, pengendalian hama dan penyakit dilakukan dengan menggunakan pestisida nabati.

#### **3.4.7 Pengamatan**

Pengamatan yang dilakukan pada tanaman jagung meliputi tinggi tanaman, jumlah daun, dan diameter batang. Hal ini dilakukan untuk mengetahui pengaruh pemberian tiga jenis biochar dan pupuk fosfor (P) terhadap pertumbuhan tanaman jagung. Pengamatan dilakukan terhadap 3 sampel tanaman jagung yaitu pada saat panen. Pengamatan untuk sampel yang digunakan yaitu pada saat panen dengan 3 buah tanaman perpetaknya sehingga terdapat total 72 sampel pengamatan dari 24 petak percobaan yang dilakukan sejak 1 minggu setelah tanam hingga panen.

Sampel pengamatan yang diambil ialah tanaman yang berada di larikan 2,3, dan 4 dengan posisi berada di tengah-tengah petakan, karena lebih optimal mendapat perlakuan dan tidak terpengaruh oleh keadaan lingkungan diluar petakan.

### **3.4.8 Panen Jagung**

Tanaman jagung dipanen setelah berusia 120-130 hari setelah tanam atau kurang lebih 3 bulan untuk memastikan benar-benar kering. Tanaman jagung diambil sebanyak 5 tanaman dari setiap petakannya, sehingga terdapat 120 tanaman dari 24 petak percobaan. Tanaman jagung dipanen dengan cara dipotong batang tanaman jagung menggunakan golok atau pisau, setelah itu dikumpulkan dan diberikan label supaya tidak tertukar. Panen jagung dilakukan dengan cara berangkasan (batang, daun, blobot), tongkol, biji dipisahkan. Berangkasan dicacah-cacah terlebih dahulu, biji dipisahkan dari tongkol jagung tersebut. Kemudian, masing-masing dari berangkasan, tongkol, dan biji dimasukkan ke dalam amplop. Setelah itu, amplop berisi berangkasan, tongkol, biji, dan berat biji 100 butir ditimbang. Kemudian, berangkasan, tongkol, dan biji dioven selama  $2 \times 24$  jam dengan suhu  $60-65^{\circ}\text{C}$ . Kemudian ditimbang kembali amplop yang berisi berangkasan, tongkol, dan biji untuk dihitung kadar airnya.

### **3.5 Variabel Pengamatan**

Variabel pengamatan yang dilakukan pada penelitian ini yaitu adsorpsi P (Metode Isotherm Langmuir), P-potensial (metode HCl 25%), P terangkut (Metode Pengabuan Kering dan biru molibdenum), dan K terangkut (Metode Pengabuan Kering), pH ( $\text{H}_2\text{O}$  dan KCl), P-tersedia (*Metode Bray-1*), KTK (Destilasi Uap), C-organik (*Metode Walkley and Black*), N total (Metode Kjeldahl), dan produksi jagung (Thom dan Utomo, 1991).

## **3.6 Percobaan Laboratorium**

### **3.6.1 Analisis Tanah**

Analisis tanah dilakukan dengan cara pengambilan sampel tanah saat sebelum tanam dan saat sesudah panen. Pengambilan sampel tanah diambil dari setiap petakan 2 sampai 3 sampel dengan menggunakan bor tanah. Pengambilan sampel dilakukan sebanyak 2 kali yaitu saat sebelum pengaplikasian biochar dan pupuk (sampel awal) dan pada saat setelah panen (sampel akhir). Sampel awal dilakukan pengambilan sampel dengan cara tanah diambil dari setiap petakannya sebanyak 2 kali, kemudian tanah tersebut dikompositkan berdasarkan ulangan dan didapatkan 3 sampel tanah awal. Sampel akhir dilakukan pengambilan sampel dengan cara tanah diambil dari setiap petakannya sebanyak 2 kali, kemudian tanah tersebut dikompositkan berdasarkan perlakuan dan didapatkan 8 sampel tanah akhir. Analisis yang dilakukan adalah P-tersedia (*Metode Bray 1*), P-potensial (Metode HCl 25%), nitrogen total (Metode Kjeldahl), kapasitas tukar kation (Metode 1 N  $\text{NH}_4\text{OAc}$  pH 7) (Thom dan Utomo, 1991).

### **3.6.2 Analisis Tanaman**

Analisis tanaman dilakukan setelah panen tanaman jagung, pemanenan dilakukan setelah berusia 3 bulan dengan menganalisis P terangkut dan kalium terangkut pada sampel tanaman. Bagian tanaman yang akan dianalisis adalah berangkasan (batang, daun, dan blobot), tongkol kosong, dan biji. Kemudian bagian tersebut dimasukkan ke dalam oven. Sampel tanaman yang telah dioven, kemudian dilakukan penggilingan dari berangkasan, tongkol jagung kosong, dan biji. Setelah itu bagian tanaman yang akan dianalisis dikering abukan, dan tanaman dianalisis untuk menentukan kadar unsur hara P terangkut dan kalium terangkut dalam tanaman tersebut (Thom dan Utomo, 1991).

### 3.6.3 Model Isotermik Langmuir

Pada penelitian ini, penetapan jerapan P dilakukan dengan menggunakan pendekatan model Langmuir. Pada prosedur penetapan jerapan P tersebut dibuat terlebih dahulu larutan seri dengan memodifikasi konsentrasi.

#### 3.6.3.1 Pembuatan Larutan Seri P

Modifikasi larutan seri yang digunakan dalam penelitian 0 ppm P, 10 ppm P, 20 ppm P, 50 ppm P, 100 ppm P, dan 200 ppm P yang mengandung 0,01 M  $\text{CaCl}_2$ . Misalnya dapat diberikan contoh langkah pembuatan larutan seri 10 ppm P yaitu dengan memasukkan 10 ml larutan  $\text{KH}_2\text{PO}_4$  1000 ppm P ke dalam labu ukur 1000 ml, kemudian ditambahkan larutan  $\text{CaCl}_2$  1M sebanyak 10 ml dan ditambahkan dengan aquades hingga 1000 ml. Langkah yang sama dilakukan hingga mencapai konsentrasi 200 ppm P.

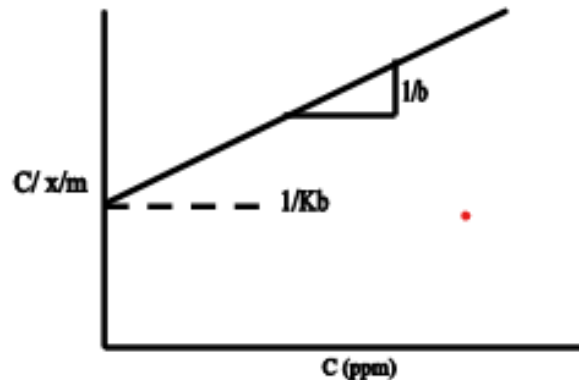
Tabel 1. Pembuatan larutan seri P

Ppm P	$\text{KH}_2\text{PO}_4$ 1000 ppm P (ml)	$\text{CaCl}_2$ 1 M (ml)	Volume Akhir (ml)
0	0	10	1000
10	10	10	1000
20	20	10	1000
50	50	10	1000
100	100	10	1000
200	200	10	1000

#### 3.6.3.2 Penetapan Jerapan Fosfor Di Tanah Menggunakan Metode Isotermik Langmuir

Sampel masing-masing tanah ditimbang sebanyak 3 gr dan dimasukkan ke dalam botol pengocok (*shaker*). Kemudian masing-masing tanah tersebut ditambahkan 30 ml larutan seri (0; 10; 20; 50; 100; 200) ppm P. Suspensi tanah tersebut dikocok menggunakan *shaker* selama 2 jam. Setelah *dishaker*, suspensi tanah di

sentrifus dengan kecepatan 3000 rpm selama 10 menit. Kemudian dilakukan penyaringan untuk diambil filtratnya. Filtrat tersebut digunakan untuk mengukur P dalam larutan kesetimbangan. Kemudian filtrat tersebut diukur menggunakan spektrofotometer dengan panjang gelombang 720 nm (Sari 2015). Fosfor yang terjerap di dalam tanah merupakan selisih konsentrasi larutan fosfor yang diberikan dengan fosfor yang terekstrak pada supernatan (larutan tanah).



Gambar 3. Kurva Isotermik Langmuir dengan persamaan  $\frac{C}{x/m} = \frac{1}{Kb} + \frac{c}{b}$

Keterangan:

C = konsentrasi C dalam kesetimbangan

x/m = jumlah P yang dijerap per satuan bobot tanah

b = daya jerap P maksimum

K = konstanta yang berkaitan dengan energi ikatan

(Parfitt 1978; Bubba 2003; Mohammad dkk. 2012; Diana dkk. 2010; Lumbanraja 2017).

### 3.7 Analisis Data

#### 3.7.1 Analisis Ragam dengan Uji F

Homogenitas ragam dari data berat kering tanaman (berangkasan, tongkol jagung, dan biji jagung), P-terangkut, dan K-terangkut pada tanaman jagung diuji menggunakan uji Bartlet dan aditivitas diuji menggunakan uji Tukey. Jika hasil tersebut terpenuhi maka akan dilakukan analisis ragam (uji F) dan perbedaan rata-rata nilai tengah diuji menggunakan uji BNT dengan taraf 5%. Penelitian ini adalah penelitian eksperimen. Analisis yang digunakan untuk penelitian ini adalah

analisis ragam (Anara). Uji statistika dilakukan untuk mengetahui pengaruh perlakuan yang telah diberikan. Kemudian data diuji homogenitas ragamnya menggunakan uji lanjut (Susilo, 2013).

### **3.7.2 Uji Student-T**

Uji Student-t pada taraf nyata 5% dilakukan untuk melihat perbedaan antara masing-masing jerapan fosfor di dalam tanah pada setiap perlakuan dan masing-masing relatif energi jerapan fosfor (k) dan jerapan maksimum (b) di dalam tanah pada setiap perlakuan yang menggunakan model isotermik langmuir (Susilo, 2013).

### **3.7.3 Uji Korelasi**

Uji korelasi dilakukan untuk melihat jerapan maksimum ( $X_{max}$ ) dan relatif energi jerapan fosfor ( $K_L$ ) dengan P-tersedia, P-potensial, C-organik, N-total, pH, P-terangkut, dan kalium terangkut dengan produksi jagung.

## V. SIMPULAN DAN SARAN

### 5.1 Simpulan

Berdasarkan hasil dan pembahasan yang didapatkan dalam penelitian ini, maka dapat disimpulkan bahwa:

1. Pemberian biochar batang singkong memberikan pengaruh tertinggi dalam menurunkan jerapan P maksimum dan meningkatkan serapan P biji, serapan K berangkasan, serapan K total jagung, dan produksi jagung dibandingkan dengan pemberian biochar sekam padi dan biochar tongkol jagung. Namun, tidak berpengaruh tertinggi pada serapan P berangkasan, serapan P tongkol, serapan P total jagung, serapan K tongkol, dan serapan K biji.
2. Pemberian pupuk fosfor memberikan pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pupuk fosfor dalam menurunkan jerapan P maksimum dan meningkatkan serapan P berangkasan, serapan P tongkol, serapan P biji, serapan K berangkasan, serapan K tongkol, serapan K biji, serapan K total jagung, dan produksi jagung. Namun, pemberian pupuk fosfor tidak memberikan pengaruh yang lebih tinggi dibandingkan dengan tanpa pupuk fosfor terhadap serapan P total jagung.
3. Pemberian berbagai jenis biochar dan pupuk P mempunyai interaksi nyata terhadap jerapan P maksimum ( $X_{max}$ ), serapan P pada bagian tongkol dan biji, serapan K pada bagian berangkasan, tongkol, biji, dan total, serta produksi jagung. Namun interaksi tidak nyata pada serapan P bagian berangkasan, dan serapan P total jagung.

## 5.2 Saran

Perlu adanya penelitian lanjutan untuk mengetahui pengaruh berbagai jenis biochar dan pupuk P terhadap sifat kimia tanah dan jerapan fosfor (Langmuir).



## DAFTAR PUSTAKA

- Abukari, A. 2014. Effect of Rice Husk Biochar on Maize Productivity in The Guinea Savannah Zone of Ghana. *M.S. Thesis*. Kwame Nkrumah University of Science and Technology. Ghana. p. 103.
- Ali, S. M. T. 2012. Efek Suhu pada Proses Pengarangan terhadap Nilai Kalor Arang Tempurung Kelapa (*Coconut Shell Charcoal*). *Jurnal Neutrino*. 3(2): 143–152 hal.
- Arai, Y., and Sparks, D.L. 2007. Hosphate Reaction Dynamics in Soils and Soil Components: A Multiscale Approach. *Adv Agron*. 94(6): 135-179
- Aswiguna, S., Sarno, Afrianti, A.N., dan Supriatin. 2022. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dan Pemupukan P terhadap Serapan Hara N dan K pada Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(3): 455-459 hal.
- Bunyamin, Z., dan Muhammad, A. 2019. Evaluasi Potensi dan Hasil Varietas Unggul Jagung Nasional. <https://repository.pertanian.go.id/items/a51a8d35-8c32-4030-a069-53ba39c2280e/full>.
- Badan Pusat Statistika Provinsi Lampung. 2017. Tanaman Jagung (Luas Panen, Produksi, dan Produktivitas) 2010- 2017. <https://lampung.bps.go.id/indicator/53/298/1/tanaman-jagung-luas-panen-produksi-dan-produktivitas>
- Badan Pusat Statistika. 2022. Jumlah Penduduk Pertengahan Tahun 1960-2022. <https://www.bps.go.id/indicator/12/1975/1/jumlah-penduduk-pertengahan-tahun.html>.
- Bubba. M.D., Arias, C.A., and Brix, H. 2003. Phosphorus Adsorbtion Maximum of Sands for Use as Media in Subsurface Flow Constructed Reed Beds as Measured By the Langmuir Isotherm. *Journal Water Reaserch*. 37: 3390-3400.
- Citraresmini, A. dan Bachtiar, T. 2016. Dinamika Fosfat pada Aplikasi Kompos Jerami-Biochar dan Pemupukan Fosfat pada Tanah Sawah. *Jurnal Ilmiah Aplikasi Isotop dan Radiasi*. 12(2): 133-146 hal.

- Cooke, G.W 1985. Potassium in the Agricultural Systems of the Humid Tropics in Potassium in the Agricultural Systems of the Humid Tropics. *Proceedings of the 19th Colloquium of the International Potash Institute held in Bangkok*. Thailand: 21-28.
- Damanik, M.M.B., Hasibuan, B.E., Fauzi, Sarifuddin, dan Hanum, H. 2011. *Kesuburan Tanah dan Pemupukan*. USU Press. Medan. 44 hal.
- Dermiyati. 2015. *Sistem Pertanian Organik Berkelanjutan*. Plantaxia. Yogyakarta. pp. 131-136 hal.
- Dermibas, A. 2004. Effects of Temperature and Particle Size on Biochar Yield from Pyrolysis of Agricultural Residues. *Journal of Analytical and Application Pyrolysis*. 72(2): 243-248.
- Diana, G., Beni, C., and Marconi, S. 2010. Organic and Mineral Fertilization: Effects on Physical Characteristics and Boron Dynamic in an Agricultural Soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*. 41:1112-1128 hal.
- Eduah, J.O., Nartey, E. K., Abekoe, M. K., Madsen, B.H., Andersen, M. N. 2019. Phosphorus Retention and Availability in Three Contrasting Soils Amended with Rice Husk and Corn Cob Biochar at Varying Pyrolysis Temperatures. *Geoderma*. 341: 10-17.
- Endita, P.A.P., Hillary, A.K., Fukuda, T., and Shinogi, Y. 2016. The Effects of Rice Husk Char on Ammonium, Nitrate and Phosphate Retention and Leaching in Loamy Soil. *Geoderma*. 277: 61-68.
- Endriani., Sunarti., dan Ajidirman. 2013. Pemanfaatan Biochar Cangkang Kelapa Sawit Sebagai Soil Amandement Ultisol Sungai BaharJambi. *Jurnal Penelitian Univeritas Jambi Seri Sains*. 15(1): 39-46 hal.
- FAO. 2023. Crops and Livestock Products. <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- Fox, R.L., and Kamprath, E.J. 1970. Phosphate Sorption Isotherm for Evaluating The Phosphate Requirement of Soils. *Soil Science Society of America Proceeding* 34: 902-907.
- Firnia, D. 2018. Dinamika Unsur Fosfor pada Tiap Horison Profil Tanah Masam. *Jurnal Agroteknologi*. 10(1): 45-52 hal.
- Foth, H.D. 1991. *Basics of Soil Science*. Gajah Mada University Press. Yogyakarta. 450 hal.

- Gani, A. 2009. Potensi Arang Hayati (Biochar) Sebagai Bahan Pembentuk Tanah. *Iptek Tanaman Pangan*. 4(1): 33-44 hal.
- Glaser, B., Lehmann, J., and Zech, W. 2002. Ameliorating Physical and Chemical Properties of Highly Weather Soils in the Tropics Charcoal. A review. *Biol Fertil Soils*. 35 (4): 219-230.
- Glaser, B., Wiedner, K., Seelig, S., Schmidt, H.P., and Gerber, H. 2014. Biochar Organic Fertilizers from Natural Resources as Substitute for Mineral Fertilizers. *Agron. Sustain. Dev*. 35 (2): 667-678.
- Halvin, J. L., Tisdale, S.L., Nelson, W.L., and Beaton, J.D. 1999. *Soil Fertility and Fertilizer an Introduction to Nutrient Management*. Prentice Hall. 499.
- Hammer, E.C., Balogh-Brunstad, Z., Jakobsen, I., Olsson, P.A., Stipp, S.L.S., and Rillig, M.C. 2014. A Mycorrhizal Fungus Grows on Biochar and Captures Phosphorus from Its Surfaces. *Soil Biology and Biochemistry*. 77: 252–260.
- Hanafiah, K.A. 2005. *Dasar-Dasar Ilmu Tanah*. Raja Grafindo Persada. Jakarta. 360 hal.
- Handayani, S. 1988. Perbandingan Pengaruh Bioearth dan Blotong terhadap Ketersediaan dan Serapan, Nitrogen, Fosfor, Kalium Serta Produksi Bahan Kering Tanaman Tebu (*Saccharum officinarum L.*) pada Regosol (Tropopsamment, Krembung, Sidoarjo). *Skripsi*. Jurusan Tanah Fakultas Pertanian IPB. 55 hal.
- Hermawan, A. 2014. Perubahan Titik Nol dan Efisiensi P Tanaman Jagung pada Ultisol Akibat Pemberian Campuran Abu Terbang Batubara dan Kotoran Ayam. *Disertasi*. Program Studi Ilmu Ilmu Pertanian. Fakultas Pertanian Universitas Sriwijaya. Palembang. 109 hal.
- Husein. 2014. *Metode Penelitian untuk Skripsi dan Tesis Bisnis*. PT Raja Grafindo Persada. Jakarta.
- Ihwanto, A.A.N. 2023. Pengaruh Pupuk Kandang Ayam dan Biochar Terhadap Perilaku Adsorpsi Fosfor (P) dan P Terpanen pada Pertanaman Padi Gogo. *Skripsi*. 24-41 hal.
- Kanonova, M.M. 1966. *Soil Organic Matter its Nature its Role is Fertility*. Translated by T.Z. Novakowski and A.C.D Newman, Pergamon Press. Oxford.
- Kasno, A. 2009. Response of Maize Plant to Phosphorus Fertilization on Typic

- Distrudepts. *Journal Trop. Soils*. 14 (2): 111–118.
- Kaya, E. 2018. Pengaruh Pupuk Kalium dan Fosfat terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfat Tanaman Kacang Tanah (*Arachis hypogaea L.*) pada Tanah Brunizem. *Agrologia*. 1(2): 113-118 hal.
- Kusuma, A.W.D. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dan Pemupukan P terhadap Fraksionasi P pada Tanah Ultisol yang Ditanami Jagung. *Skripsi*. Universitas Lampung. 84 hal.
- Latuponu, H., Shiddieq, D., Syukur, A., dan Hanudin, E. 2012. Kajian Daya Sangga Limbah Sagu pada Pelindian terhadap Ketersediaan NPK di Tanah Ultisol. *Buana Sains*. 12(2): 91-99 hal.
- Lindsay, W.L., Vlek, P.L.G., and Chien, S.H. 1989. *Mineral in Soil Environmental (2<sup>nd</sup> Edition)*. Soil Science Society of America. Madison WI. USA. hlm. 1089-1130.
- Listyarini, E., dan Prabowo, Y. 2020. Pengaruh Biochar Tongkol Jagung Diperkaya Amonium Sulfat (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> terhadap Kemantapan Agregat Tanah, Beberapa Sifat Kimia Tanah dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 7(1): 101-108 hal.
- Lumbanraja J, Tadano, T., Ninaki, M., Oya, K., Yoshida, T., Utomo M., and Sitorus, A.D. 1981. *Nutritional Limitation Factors for Rice and Corn Growth on Podsolc Soils in Lampung Province*. In: Y Asada (ed) *Cooperation Research between DGHE and JSPS*. Ehime Universitas. Jepang. 118-124.
- Lumbanraja, J., Djuniwati, S., and Murad, M. 1994. The Influence of Particle Size and The Type of Iron Concretions and Compost on The Availability of Phosphorus in the Clay Fraction of an Ultisols and an Alfisols. *J Pen Pengb Wil Lahan Kering*.14:12-27.
- Lumbanraja, J., Novpriansyah, H., Niswati, A., dan Sari, T.P. 2016. Phosphorus Adsorption Behavior as Affected by Compost, iron ion, and iron Concretion in Highly Wheathered Soil. *Proceeding of the 6<sup>th</sup> International Symposium for the Development of Integrated Pest Management (IPM) in Asia and Africa 2016*. 29-35.
- Lumbanraja, J., Mulyani, S., Utomo, M., and Sarno. 2017. Phosphorus Extraction from Soil Constituents Using Bray P-1, Mehlich-1 and Olsen Solutions. *Journal Trop Tanah*. 22: 67-76.
- Lumbanraja, J., Sargata, C.P., Sarno, Utomo, M., Hasibuan, R., Dermiyati, and

- Triyono, S. 2018. Phosphorus (P) Adsorption Behavior and Harvested P by the Sugarcane (*Saccharum Officinarum L.*) Affected by Inorganic and Organic Fertilizer Application on an Ultisol. *Journal Trop Soils*. 23(1): 35-45.
- Lopez, H.D., Flores, D., Siegert, G., and Rodrigues, J.V. 1979. Effect of Some Organic Anions on Phosphate Removal from Acid and Calcareous Soils. *Soil. Sci.* 128: 321-326.
- Maftu'ah, E., dan Nursyamsi, D. 2015. Potensi Berbagai Bahan Organik Rawa sebagai Sumber Biochar. *Prosiding Seminar Nasional Masyarakat Biodiversitas Indonesia*. 1(4): 776-781 hal.
- Maguire, R., and Agblevor, F. 2010. *Biochar in Agricultural Systems*. College of Agriculture and Life Sciences, Virginia Polytechnic Institute and State University. 1-2.
- Malik, M.A., Marchner, P., and Khan, K. 2012. Addition of Organic and Inorganic P Sources to Soil-Effects on P Pools and Microorganism. *Soil Biology and Chemistry*. 49: 106-113.
- Marvelia, A., Darmanti, S., dan Paeman, S. 2006. Produksi Tanaman Jagung manis (*Zea mays S.*) yang Diperlakukan dengan Kompos Kascing dengan Dosis yang Berbeda. *Buletin Anatomi dan Fisiologi*. 14(2): 7-18 hal.
- Mateus, R., Kantur, D., dan Moy, L.M. 2017. Pemanfaatan Biochar Limbah Pertanian sebagai Pembenh Tanah untuk Perbaikan Kualitas Tanah dan Hasil Jagung di Lahan Kering. *J. Agrotrop*. 7: 99–108 hal.
- Minardi, S., Sri, H., dan Pardono. 2011. Imbangan Pupuk Organik dan Anorganik Pengaruhnya terhadap Hara Pembatas dan Kesuburan Tanah Lahan Sawah Bekas Galian C pada Hasil Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Ilmu Tanah dan Agroklimatologi*. 11(2): 122-129 hal.
- Muhammad, W., Surachman., dan Zulfita, D. 2020. Pengaruh Biochar Sekam Padi dan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil Jagung Manis di Lahan Gambut. *Jurnal Sains Pertanian Equator*. 9(2): 3-10 hal.
- Munawar, A. 2011. *Kesuburan Tanah dan Nutrisi Tanaman*. IPB Press. Bogor. 240 hal.
- Nurida, N.L., dan Rachman, A. 2012. Alternatif Pemulihan Lahan Kering Masam Terdegradasi dengan Formula Pembenh Tanah Biochar di Typic Kanhapludults Lampung. *Prosiding Seminar Nasional Teknologi Pemupukan dan Pemulihan Lahan Terdegradasi*. hlm. 639-648 hal.

- Nurida, N.L. 2014. Potensi Pemanfaatan Biochar untuk Rehabilitas Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Sumberdaya Lahan Edisi Khusus*. 8(3): 57-68 hal.
- Nursyamsi, D., dan Setyorini, D. 2009. Ketersediaan P Tanah-Tanah Netral dan Alkalin. *Jurnal Tanah dan Iklim*. 3: 28.
- Nuryani, S.H.U., Notohadiningrat, T., Sutanto, R., dan Radjagukguk, B. 2006. Faktor Jerapan dan Pelepasan Fosfat di Tanah Andosol dan Latosol. *Repositori: Ilmu Tanah Universitas Gadjah Mada*. 6(4b): 1-11 hal.
- Nuryani, E., Haryono, G., dan Historiawati. 2019. Pengaruh Dosis dan Saat Pemberian Pupuk P terhadap Hasil Tanaman Buncis (*Phaseolus vulgaris L.*) Tipe Tegak. *VIGOR: Jurnal Ilmu Pertanian Tropika dan Subtropika*. 4(1): 14-17 hal.
- Parfitt, R.L. 1978. Anion Adsorption by Soil and Soil Materials. *Advances in Agronomy*. 30: 1-50.
- Parsons, R., and Sunley, R.J. 2001. Nitrogen Nutrition and The Role of Root-Shoot Nitrogen Signalling Particularly in Symbiotic System. *Journal of Experimental Botany*. 52(1): 435-443.
- Pasang, H.Y., Jayadi, M., dan Rismaneswati. 2019. Peningkatan Unsur Hara Fosfor Tanah Ultisol Melalui Pemberian Pupuk Kandang, Kompos dan Pelet. *Jurnal Ecosolum*. 8 (2): 86-96 hal.
- Pranoto, B., Pandin, M., Fithri, S.R., dan Nasution, S. 2013. Peta Potensi Limbah Biomassa Pertanian dan Kehutanan sebagai Basis Data Pengembangan Energi Terbarukan. *Ketenagalistrikan dan Energi Terbarukan*. 12 (2): 123-130 hal.
- Prasetyo, B.H., dan Suriadikarta, D.A. 2006. Karakteristik, Potensi dan Teknologi Pengelolaan Tanah Ultisol Untuk Pengembangan Pertanian Lahan Kering di Indonesia. *Jurnal Litbang Pertanian*. 25(2): 39-44 hal.
- Prasetyo, D., Fajarindo, F., Sarno., Supriatin., dan Syam, T. 2022. Aplikasi Biochar Batang Singkong dan Pemupukan Fosfat pada Tanah Ultisol Terhadap P Tersedia, Pertumbuhan, dan Produksi Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(2): 329-337 hal.
- Purba, Z.T.S., Damanik, M.M.B., Lubis, S.K. 2017. Dampak Pemberian Pupuk TSP dan Pupuk Kandang Ayam terhadap Ketersediaan dan Serapan Fosfor serta Pertumbuhan Tanaman Jagung pada Tanah Inceptisol Kwala Bekala. *Jurnal Agroekoteknologi FP USU*. 5(3): 638-643 hal.

- Putri, V.I., Mukhlis, dan Hidayat, B. 2017. Pemberian Beberapa Jenis Biochar untuk Memperbaiki Sifat Kimia Tanah Ultisol dan Pertumbuhan Tanaman Jagung. *Jurnal Agroekoteknologi*. 5(4): 824–828 hal.
- Putriani, S.S., Yusnaini, S., Septiana, M.L., dan Dermiyati. 2022. Aplikasi Biochar dan Pupuk P terhadap Ketersediaan dan Serapan P pada Tanaman Jagung Manis (*Zea mays S.*) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(4): 615-626 hal.
- Sari, T.P. 2015. Pengaruh Besi dan Bahan Organik Terhadap Jerapan Maksimum dan Energi Ikatan Fosfor pada Tanah Ultisol Natar. *Skripsi*. Jurusan Agroteknologi, Fakultas Pertanian, Universitas Lampung. Bandar Lampung. 53 hal.
- Satriawan, B.D., and Handayanto, E. 2015. Effects of Biochar and Crop Residues Application on Chemical Properties of a Degraded Soil of South Malang, and P Uptake by Maize. *Journal of Degraded and Mining Lands Management*. 2 (2): 271–281.
- Schnell, R.W., Vietor, D.M., Provin, T.L., Munster, C.L., and Capareda, S. 2011. Capacity of Biochar Application to Maintain Energy Crop Productivity: Soil Chemistry, Sorghum Growth, and Runoff Water Quality Effects. *Journal of Enviromental Quality*. 41: 1044 - 1051.
- Setiawan, F., Sarno, Afrianti, A.N., dan Supriatin. 2022. Pengaruh Pemberian Biochar Batang Singkong dan Pemupukan P terhadap Sifat Kimia Tanah Ultisol yang Ditanami Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agrotek Tropika*. 10(1): 86-93 hal.
- Siregar, P., dan Fauzi, S. 2017. Pengaruh Pemberian Beberapa Sumber Bahan Organik dan Masa Inkubasi terhadap Beberapa Aspek Kimia Kesuburan Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi FP USU*. 5(2):256-264 hal.
- Solaiman, Z. M., and Anawar, H.M. 2015. Aplication of Biochars for Soil Constraints: Challenges and Solution. *Pedosphere*. 25(5): 631- 638.
- Stevenson. 1982. *Humus Chemistry*. John Wiley and Sons. New York. 512 hlm.
- Sudaryono. 2009. Tingkat Kesuburan Tanah Ultisol pada Lahan Pertambangan Batubara Sangatta, Kalimantan Timur. *Jurnal Teknik Lingkungan*. 10(3): 337-346 hal.
- Sukartono, Utomo, W.H., Kusuma Z., and Nugroho, W.H. 2011. Soil Fertility Status and Maize (*Zea mays*) Yield After Biochar Application on Sandy Soils of North Lombok, Indonesia. *Journal of Tropiccal Agriculture*. 49: 47-53.

- Sukartono, dan Utomo, W.H. 2012. Peranan Biochar Sebagai Pembena Tanah pada Pertanaman Jagung di Tanah Lempung Berpasir (*Sandy Loam*) Semiarid Tropis Lombok Utara. *Jurnal Penelitian Ilmu-Ilmu Kelaman: Buana Sains. Tribhuana Press.* 12(1): 91-98 hal
- Sukartono, Bambang, H.K., Suwardji, Ma'shum, M., dan Mulyati. 2019. Retensi Hara Beberapa Biochar dari Limbah Tanaman dan Pengaruhnya terhadap Serapan N, P, K Tanaman Pagi Gogo. *Crop Agrotek.* 12(1): 10-18 hal.
- Sulaeman, Y., Muswar., dan Erfandi, D. 2017. Pengaruh Kombinasi Pupuk Organik dan Anorganik terhadap Sifat Kimia Tanah, dan Hasil Tanaman Jagung di Lahan Kering Masam. *Jurnal Pengkajian dan Pengembangan Teknologi Pertanian.* 20(1): 1-12 hal.
- Suprpto, H.S., dan Rasyid, M.H.A. 2002. *Bertanam Jagung.* Penebar Swadaya. Jakarta. 44 hal.
- Susilo, F.X. 2013. *Aplikasi Statistika untuk Analisis Data Riset Proteksi Tanaman.* Anugrah Utama Raharja. Bandar Lampung. 111-125 hal.
- Sutanto, R. 2002. *Pupuk dan Cara Pemupukan.* Penerbit Rineka Cipta. Jakarta. 42 hal.
- Tambunan, A.S., Fauzi, dan Guchi, H. 2014. Efisiensi Pemupukan P terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea Mays L.*) pada Tanah Andisol dan Ultisol. *Jurnal Online Agroekoteknologi.* 2(2): 414-426 hal.
- Tarigan, E. 2015. *Respons Pertumbuhan dan Produksi Bawang Merah (Allium ascalonicum L.) terhadap Pemberian Abu Vulkanik Gunung Sinabung dan Arang Sekam Padi.* Fakultas Pertanian USU. Medan. 72 hal.
- Tarigan, A.D., dan Nelvia. 2020. Pengaruh Pemberian Biochar Tandan Kosong Kelapa Sawit dan Mikoriza terhadap Pertumbuhan dan Hasil Tanaman Jagung Manis (*Zea mays S.*) di Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi.* 12(1): 23-37 hal.
- Thom, W.O., dan Utomo, M. 1991. *Manajemen Laboratorium dan Metode Analisis Tanah dan Tanaman.* Universitas Lampung. Bandar Lampung. 85 hal.
- Tisdale, S.L., Nelson, W.L., dan Beaton, J.D. 1985. *Soil Fertility and Fertilizers.* Macmillan Publishers. London. 754 hal.
- Verdiana, M.A., Sebayang, H.T., dan Sumami, T. 2016. Pengaruh Berbagai Dosis Biochar Sekam Padi dan Pupuk NPK terhadap Pertumbuhan dan Hasil



- Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Produksi Tanaman*. 4(8): 611–616 hal.
- Wahyudin, A., Fitriatin, B.N., Wicaksono, F.Y., Ruminta, A., Rahadiyan. 2017. Respons Tanaman Jagung (*Zea mays L.*) Akibat Pemberian Pupuk Fosfat dan Waktu Aplikasi Pupuk Hayati Mikroba Pelarut Fosfat pada Ultisols Jatiningor. *Jurnal Kultivasi*. 16(1): 246-252 hal.
- Widowati, Asnah, dan Sutoyo. 2012. Pengaruh Penggunaan Biochar dan Pupuk Kalium terhadap Pencucian dan Serapan Kalium pada Tanaman Jagung. *Buana Sains*. 12 (1): 83-90 hal.
- Widyantika, D.S., dan Prijono, S. 2019. Pengaruh Biochar Sekam Padi Dosis Tinggi terhadap Sifat Fisik Tanah dan Perumbuhan Tanaman Jagung pada Typic Kanhapludult. *Jurnal Tanah dan Sumberdaya Lahan*. 6(1): 1157-1163 hal.
- Winarso, S. 2005. *Kesuburan Tanah*. Gava Media. Yogyakarta. 269 hal.
- Xing, Z., Tian, K., Du, C., Li, C., Zhou, J., and Chen, Z. 2019. Agricultural Soil Characterization By FTIR Spectroscopy at Micrometer Scales: Depth Profiling by Photoacoustic Spectroscopy. *Geoderma*. 335: 94–103.
- Yao, Y., Gao, B., Zhang, M., Inyang, M., and Zimmerman, A.R. 2012. Effect of Biochar Amendment on Sorption and Leaching of Nitrate, Ammonium, and Phosphate in a Sandy Soil. *Chemosphere*. 89(11): 1467- 1471.
- Yana, E.M., Efendi, I., dan Novianto. 2022. Pengaruh Pemoangan Ujung Pelepah Kelapa Sawit dan Penambahan Beberapa Jenis Bahan Baku Biochar Terhadap Pertumbuhan dan Produksi Tanaman Jagung (*Zea mays L.*). *Jurnal Agro Silampari*. 1(1): 1-11 hal.
- Zulfita, D., Surachman, dan Santoso, E. 2020. Aplikasi Biochar Sekam Padi Dan Pupuk NPK terhadap Serapan N, P, K Dan Komponen Hasil Jagung Manis di Lahan Gambut. *Jurnal Ilmiah Hijau Cendekia*. 5: 42–49 hal.
- Zulputra., Wawan., dan Nelvia. 2014. Respon Padi Gogo (*Oryza sativa L.*) terhadap Pemberian Silikat dan Pupuk Fosfat pada Tanah Ultisol. *Jurnal Agroteknologi*. 4(2); 1-10 hal.